

Joonas Parikka

Kuljetinsiltarakenteiden suunnitteluoh- jeen kehittäminen

Opinnäytetyö

Insinööri, AMK

Rakennustekniikka

2023



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Joonas Parikka
Työn nimi	Kuljetinsiltarakenteiden suunnitteluohjeen kehittäminen
Toimeksiantaja	AFRY Finland Oy
Vuosi	2023
Sivut	52 sivua
Työn ohjaaja(t)	Juha Karvonen, Jani Pitkänen, Samuli Ruokonen

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kuljetinsiltarakenteiden teoriaa ja laatia sen pohjalta yleisohje detaljisuunnitteluun uuden suunnittelijan tueksi. Uuden suunnittelijan perehdyttäminen vie aikaa ja resursseja kokeneemmilta suunnittelijoilta, joten ohjeen tekeminen oli perusteltua.

Opinnäytetyö käsitteli kuljetinsiltarakenteiden detaljisuunnittelua. Työssä esitellään suunnittelua koskevia prosesseja sekä esitellään tavanomaisia hihnakuljetinrakenteiden tärkeimpiä osia. Työssä selvitettiin kuljetinsuunnitteluun liittyvää teräsrakenteiden teoriaa. Työn lopussa kerrotaan suunnitteluohjeen suunnittelusta ja kirjoittamisesta. Työstä rajattiin pois lujuuslaskenta ja dokumentointi.

Työssä käytettiin lähteenä haastatteluja ja kehitystyön rinnalla tehtiin oikeaa referenssiprojektia, josta saatiin materiaalia suunnitteluohjeeseen sekä opinnäytetyöhön. Lisäksi lähteenä käytettiin teräsrakenteiden suunnitteluoppaita sekä niihin liittyviä standardeja.

Työn tuloksena saatiin rakennettua ohjemateriaali, joka kattaa tavanomaisia rakenneratkaisuja kuljetinsilloissa sekä huomioon otettavia seikkoja suunnittelussa. Ohjeistukseen rakennettiin tarkistuslista, jonka tavoitteena on parantaa suunnittelun laatua ja toimia suunnittelijan tukena hänen työssään.

Jatkossa ohjeistusta voidaan laajentaa kattamaan tuotettavien piirustusten laatimista ja laskentamallien tekemistä.

Asiasanat: Kuljetinsilta, hihnakuljetin, teollisuusrakentaminen, suunnitteluohje

Degree title	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Joonas Parikka
Thesis title	Development of the design manual for conveyor gallery structures
Commissioned by	AFRY Finland Oy
Time	2023
Pages	52 pages
Supervisor	Juha Karvonen, Jani Pitkänen, Samuli Ruokonen

ABSTRACT

The object of the thesis was to study out the theory of conveyor gallery structures and, based on it, prepare a general guide for detailed design to support a new designer. Instructing a new designer takes time and resources from more experienced designers, so creating a manual was justified.

The thesis dealt with the detailed design of conveyor gallery structures. The work presents design processes and the most important parts of conventional belt conveyor structures. The work explored the theory of steel structures related to conveyor gallery design. The writing of the design manual and its design will be explained at the end of the thesis. Strength calculations and documentation were excluded from the thesis.

Interviews were used as a source in the work, and alongside the development work, a real reference project was carried out, from which material was obtained for the design instructions and the thesis. In addition, design guides for steel structures and related standards were used as a source.

As a result of the thesis, instructional material was built, which covers conventional structural solutions in conveyor bridges and aspects to be considered in design. A checklist was built into the manual, which objective is to improve the quality of the design and to support the designer in his work.

In the future, the manual can be expanded to cover the design of the drawings to be produced and the making of calculation models.

Keywords: Conveyor gallery, belt conveyor, industrial construction, design manual

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	KULJETINSILTASUUNNITTELUN PROSESSI	7
2.1	Vaiheet	7
2.2	Referenssiprojekti	9
2.3	Sopimukset ja scope.....	9
2.4	Lähtötiedot ja layout suunnittelu	10
2.5	Laskentamallit ja tietomallinnus	12
2.6	Lujuus- ja liitoslaskenta.....	13
2.7	Detaljisuunnittelu	14
3	HIHNAKULJETTIMET	15
3.1	Hihnakuiljettimet ja jaottelu.....	15
3.2	Kuljettimen kiinnittyminen siltarakenteeseen	17
3.3	Vetopää	18
3.4	Taittopää.....	19
3.5	Kiristimet ja oheislaitteet	20
4	KULJETINSILTARAKENTEIDEN DETALJISUUNNITTELU	21
4.1	Suunnitteluperusteet.....	21
4.2	Kuljetinsiltarakenteet.....	23
4.3	Perustukset ja jalkarakenteet.....	24
4.4	Siltapaarteet ja pystyristikointi.....	28
4.5	Tuulikehät	31
4.6	Vaakaristikointi.....	33
4.7	Hoitotasot ja kaiteet	36
4.8	Putki- ja kaapelihyllyt	39
4.9	Tikkaat	40
4.10	Ulkoverhoukset ja putoamissuojaukset.....	43

5	SISÄINEN OHJE KULJETINSILTOJEN SUUNNITTELUSTA	43
5.1	Yrityksen tarve sisäiselle suunnitteluohjeelle	43
5.2	Rakenne ja sisältö	44
5.3	Havaittuja ongelmakohtia suunnittelun aikana.....	46
6	POHDINTA.....	47
	LÄHTEET.....	49
	KUVALUETTELO	50
	LIITTEET	52

Liite 1. Kuljetinsiltarakenteiden suunnitteluohje (puuttuu julkisesta versiosta)

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoitus on kehittää suunnitteluohje kuljetinsiltasuunnittelusta yrityksen sisäiseen käyttöön. Suunnitteluohjeeseen sisällytetään tarkistuslista, jota suunnittelija voi käyttää tukena. Suunnittelunohjeen tarkoitus on nopeuttaa suunnittelua sekä parantaa suunnittelun laatua. Tavoitteena on, että vähemmän suunnittelukokemusta omaava aloitteleva suunnittelija pääsee nopeasti tutustumaan kuljetinsiltarakenteisiin ja kiinni käytännön suunnittelutyöhön. Pyrkimyksenä on myös yhtenäistää suunnittelua ja sitä kautta mahdollistaa resurssitehokkaampi suunnitteluprosessi. Uutena suunnittelijana projektissa aloittavalle määrätään yleensä vastaava ohjaaja, jonka tehtävä on opastaa häntä suunnittelun eri vaiheissa. Tämä vie aikaa ja resursseja heidän omista suunnittelutehtävistään, joten on perusteltua laatia yleisellä tasolla kattava ohjeistus, jonka uusi suunnittelija voi aloittaessaan lukea ja käyttää ohje-
nuorana siltojen suunnittelussa. Opinnäytetyö ja tuotettava ohje ei siis ole täydellinen kaiken kattava ohjeistus, vaan toimii suunnittelua ohjaavana dokumenttina, jonka avulla suunnittelutyön aloitus pyritään tekemään mahdollisimman helpoksi.

Tämä opinnäytetyö toteutetaan AFRY Finland Oy:n toimeksiannosta. AFRY on kansainvälinen suunnittelu- ja konsultointiyhtiö, joka tuottaa palveluita rakennetun ympäristön, teollisuuden ja energiasektorin yrityksille. Kuljetinsiltarakenteiden suunnittelu on kasvanut AFRY:lla merkittäväksi osaksi yrityksen liiketoimintaa ja niiden suunnittelun kysyntä on jatkuvassa kasvussa. Tämän opinnäytetyön on tarkoitus vastata tähän kasvaneeseen kysyntään ja edesauttaa näin suunnittelijoiden työtä hypätä kuljetinsiltasuunnitteluun ilman aikaisempaa kokemusta kuljetinsiltarakenteiden suunnittelusta. Projektit ovat yleensä melko laajoja ja pitkäkestoisia kokonaisuuksia, joten suunnitteluresursseja tarvitaan paljon. AFRY:lla halutaan vastata tähän kasvaneeseen kysynnän tarpeeseen. Idea ja tarve tälle opinnäytetyölle syntyi AFRY Finlandin sisällä.

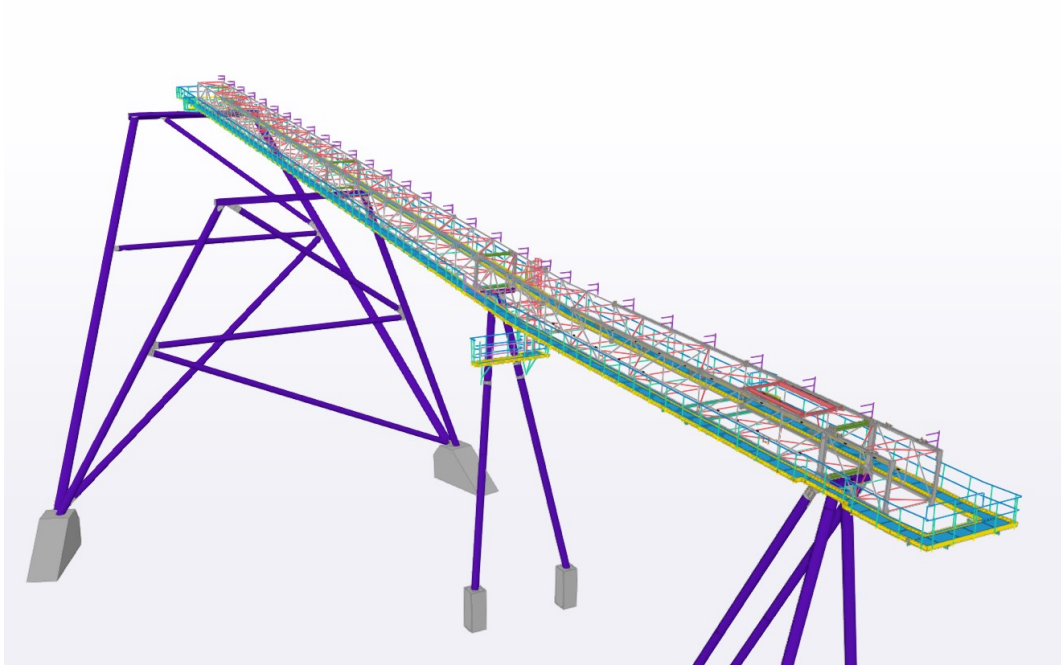
Opinnäytetyö jaetaan kuuteen eri kokonaisuuteen. Ensimmäinen luku on johdanto. Toisessa luvussa kerrotaan teoriaa kuljetinsiltaprojektin suunnittelupro-

sessista kokonaisvaltaisesti. Suunnittelijalla on tarve tuntea kuljetinsiltasuunnittelun prosessin eri vaiheet, jotta voidaan nähdä kokonaiskuva prosessista sekä ymmärtää, mitä yritykseltä on tilattu. Kolmannessa luvussa käsitellään suunniteltavien rakenteiden sisälle tulevia rakenteita eli kuljettimia ja niiden teoriaa. Neljännessä luvussa käsitellään teräsrakennesuunnittelun teoriaa siinä laajuudessa, jossa sen on katsottu olevan kuljetinsiltojen suunnittelutyön kannalta tärkeitä. Neljäs luku sisältää myös teoriaa ARFY:n tavasta tehdä kuljetinsiltarakenteiden detaljisuunnittelua. Viides luku käsittää kuvauksen suunnitteluohjeen kehitystyöstä, kuten esimerkiksi miksi jokin tietty asia on päätetty sisällyttää ohjeeseen ja mitä on mahdollisesti voitu jättää perustellusti pois. Viimeinen osio sisältää pohdinnan lopputuloksesta, työn tarkoituksen onnistumisen analysoinnin sekä mahdollisia jatkokehityksen tarpeita.

2 KULJETINSILTASUUNNITTELUN PROSESSI

2.1 Vaiheet

Kuljetinsilta on teräsristikkorakenteinen kokonaisuus, joka kannattelee kuljettimia ja kuljettimien vaatimia laitteita. Kuljetinsiltarakenne käsittää jalat, tuulikehät, pysty- ja vaakaristikoinnit, hoitotasot ja niiden kannatukset. Muita suunniteltavia asioita ovat kulkutiet sillalta toiselle, hoitotasot, tikkaat ja hätäpoistumistiet, kaapelihyllyjen ja sammutinlaitteistojen kannatukset. Kuvassa 1 on esitetty 3D-mallinnettu tavanomainen kuljetinsilta.



Kuva 1. Tavanomainen kuljetinsiltarakenne

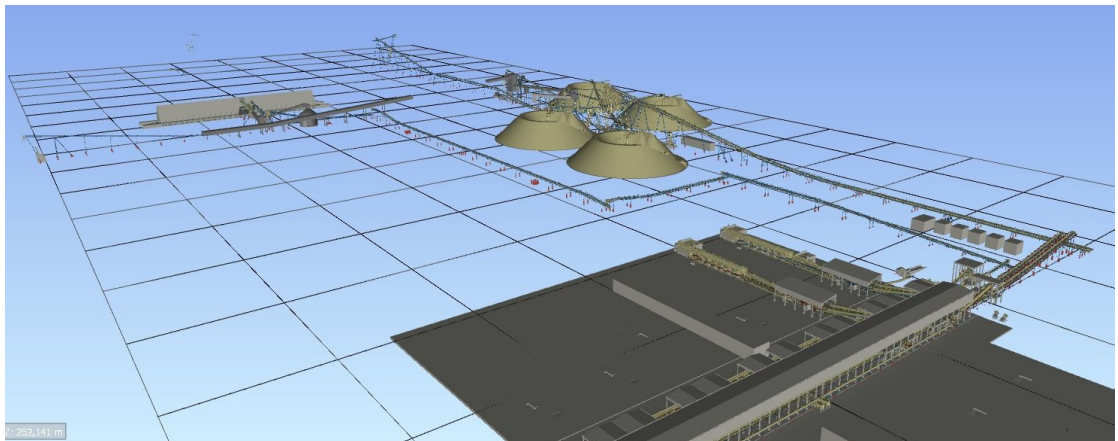
Kuljetinsillan suunnittelu voidaan karkeasti jakaa viiteen eri vaiheeseen. Projektin lähtötietoihin ja vaatimuksiin tutustuminen, lähtötietojen perusteella laadittu laskentamalli, kunkin sillan lujuuslaskenta sisältäen profiilien määritykset ja liitoslaskennat, sillan detaljisuunnittelu, ja lähetysmallin luonti sekä tilattujen piirustusten ja määräluetteloiden tuottaminen. (Ruokonen 2023.) Kuvassa 2 on esitetty prosessia havainnollistava kaavio. Tuotettavien dokumenttien määrä on projektikohtainen ja tämä työ keskittyy vain kuljetinsiltojen detaljisuunnitteluun. Työn ulkopuolelle rajataan lujuuslaskennalliset seikat sekä eri piirustusten tuottaminen.



Kuva 2. Kuljetinsiltasuunnittelun prosessikaavio

2.2 Referenssiprojekti

Opinnäytetyö liittyy läheisesti oikeaan projektiin, jota kehitystyössä on tehty samaan aikaan opinnäytetyön rinnalla. Referenssiprojekti toteutetaan paperi- ja sellutehtaalle Aasiaan ja sinne on tilattu yli kuusi kilometriä kuljetinsiltojen teräsrakennesuunnittelua. Suunnittelutehtävä on puolentoista vuoden mittainen prosessi, jossa tilaajalle tuotetaan kuljetinsiltojen teräsrakenteiden suunnittelu. Suunnittelu sisältää jokaisen kuljetinsillan 3D-mallin, materiaaliluettelon ja päämittapiirustuksen. Työn on tilannut merkittävä suomalainen konepajateollisuuden yritys, jolla on pitkä kokemus järjestelmien ja laitteiden toimittamisesta paperi- ja selluteollisuudelle. Kuvassa 3 on esitetty kohteen laajuutta havainnollistava Navisworks 3D-lähtötietomalli projektialueesta.



Kuva 3. Navisworks 3D-lähtötietomalli kuljetinsiltasuunnitteluun

Tässä projektissa maantieteellinen sijainti luo haasteita suunnittelulle. Kuljetinsiltarakenteet kuljetetaan merikonteissa työmaalle ja alue on seismisesti aktiivista aluetta. Tämä vaikuttaa sillan suunnitteluun siten, että kokoonpanot ovat pienempiä, ja siten pulttiliitoksia käytetään enemmän. Tässä esiteltävä suunnittelun prosessi on vain yksi vaihtoehto, jolla voidaan toteuttaa kuljetinsiltarakenteita. Suunnitteluohjeessa on pyritty huomioimaan nämä seikat.

2.3 Sopimukset ja scope

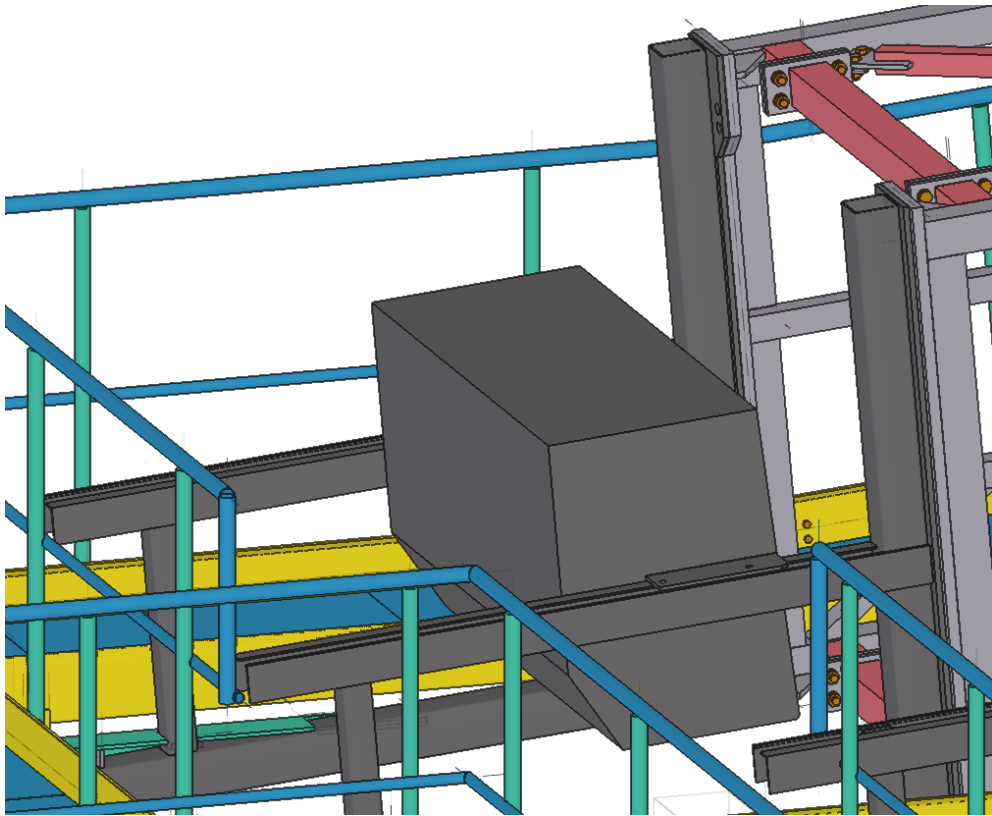
Jokainen projekti on usein erilainen, koska asiakas ei välttämättä halua tilata aina samoja asioita. Siten myös scope on usein projektikohtainen. Scope on yleisnimitys projektin tavoitteessa saavutettavista asioista ja se pitää sisällään

juuri ne tietyt asiat mitä asiakas on yritykseltä tilannut. Suunnittelutyötä voidaan jakaa eri tahojen kesken, esimerkiksi konepajapiirustusten tuottaminen voidaan ulkoistaa eri taholle. Referenssiprojektissa tämä on tehty käytännöllisten syiden takia. Isosta kokonaisuudesta syntyy paljon piirustuksia ja se vaatii todella mittavasti resursseja. Voidaan kuitenkin karkeasti sanoa, että tavallinen projekti käsittää vähintäänkin tietomallit jokaisesta sillasta erikseen. Jokaisesta sillasta luodaan päämittapiirustus. Näiden lisäksi luodaan detaljipiirustukset liitoksista. Määräluettelot tarvitaan yleensä jo varhaisessa vaiheessa, jotta osat valmistavat konepajat voivat tilata kaiken materiaalin etukäteen, ennen kuin osia käydään valmistamaan. (Ruokonen 2023.)

Suunnittelijalla on oltava hyvä käsitys tuotettavista asioista, jotta hän voi arvioida muun muassa oman työnsä kestoa ja laajuutta, kun suunnittelun ohjausta tehdään projektin kuluessa. Projekteja tehdään maailmanlaajuisesti, mikä vaikuttaa suunnitteluun monella tapaa. Tietyissä maanosissa joudutaan liitoksia suunnittelemaan eri tavalla, koska on huomioitava dynaamiset maanjäristyskuormat. Eri maissa on hieman erilaiset käytettävissä olevat teräsrakenneprofiilit ja asiakas määrittelee, mitä voidaan käyttää. Sijainnin ja paikallisten vaikiintuneiden käytäntöjen vuoksi pintakäsittelyt rakenteiden eri osille voivat erota paljonkin projektista riippuen.

2.4 Lähtötiedot ja layout suunnittelu

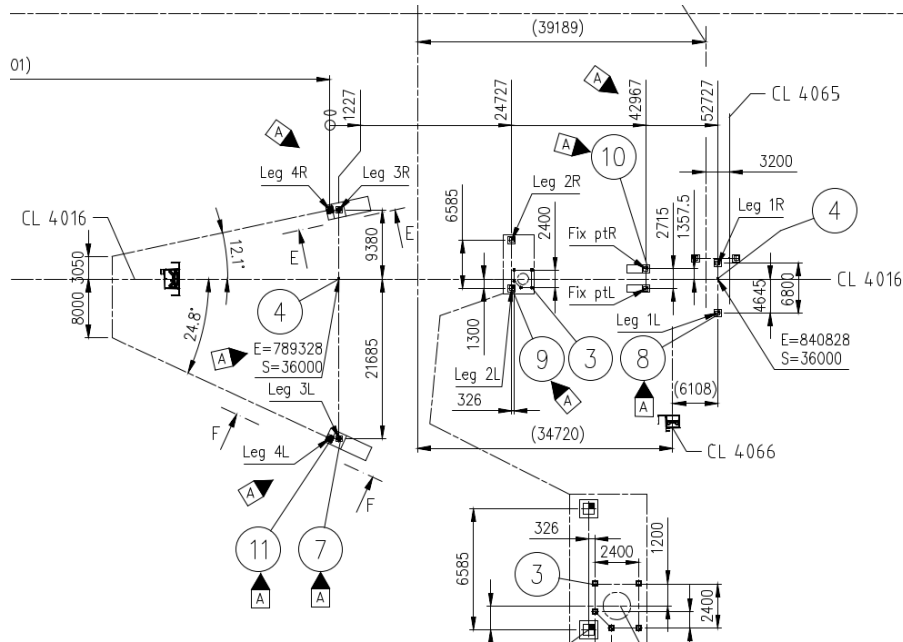
Lähtötietoina detaljisuunnittelussa ovat yleensä erilaiset layout-piirustukset ja 3D-layoutit, jotka toimittaa projektin asiakas yhteistyössä omien kumppaniensa kanssa. Layout-piirustuksissa esitetään yleisellä tasolla siltojen ja perustusten sijainnit kohteessa. 3D-layoutit ovat tietomallinnus-ohjelmaan nostettavia 3D-referenssejä, ja ne sisältävät tärkeimmät kuljettimien laitteet. Kuvassa 4 on esitetty tummanharmaalla värillä esimerkki vetopään vetorummun 3D-layoutista.



Kuva 4. Tekla Structuresiin nostettu 3D-layout referenssi

Jokaisessa projektissa on määritelty suunnitteluperusteet, jotka on hyvä olla tiedossa suunnittelun alusta alkaen. Näihin voidaan lukea esimerkiksi hoitotasojen suunnittelussa käytettävät standardit, joiden mukaan hoitotasot halutaan suunniteltavan. Yleensä projektien alussa saatavilla olevat lähtötiedot muuttuvat hieman projektin etenemisen aikana. Kaikkea ei pystytä huomioimaan, vaan layoutit muuttuvat yleensä sen mukaan, kun ilmenee jokin ristiriita alustavissa suunnitelmapiirustuksissa. Tästä yleinen esimerkki on olemassa olevien rakenteiden törmäykset rakentamisaikalla. Lähtötietojen puute tai niiden ristiriitaisuus aiheuttaa uudelleensuunnittelutyötä. (Ruukonen 2023.)

Lähtötiedoista ilmenee suunniteltujen siltojen perustusten sijainnit, siltojen jalkojen sijainnit, siltojen poikkileikkaukset ja kuljetinhihnojen keskilinjat. Myös olemassa olevat rakenteet pyritään esittämään niiden tarpeellisessa laajuudessaan. Näitä kuvia voidaan tuoda projektin päämalliin ja käyttää niitä referenssinä mallinnettaessa alustavia rakenteita. Layout kuvista voidaan myös mitata CAD-ohjelmalla haluttuja etäisyyksiä, kulmia tai pyöristyssäteitä. Kuvassa 5 on esitetty osa yhden sillan perustuspiirustusta.



Kuva 5. Layout piirustus perustusten ja jalkojen sijainneista

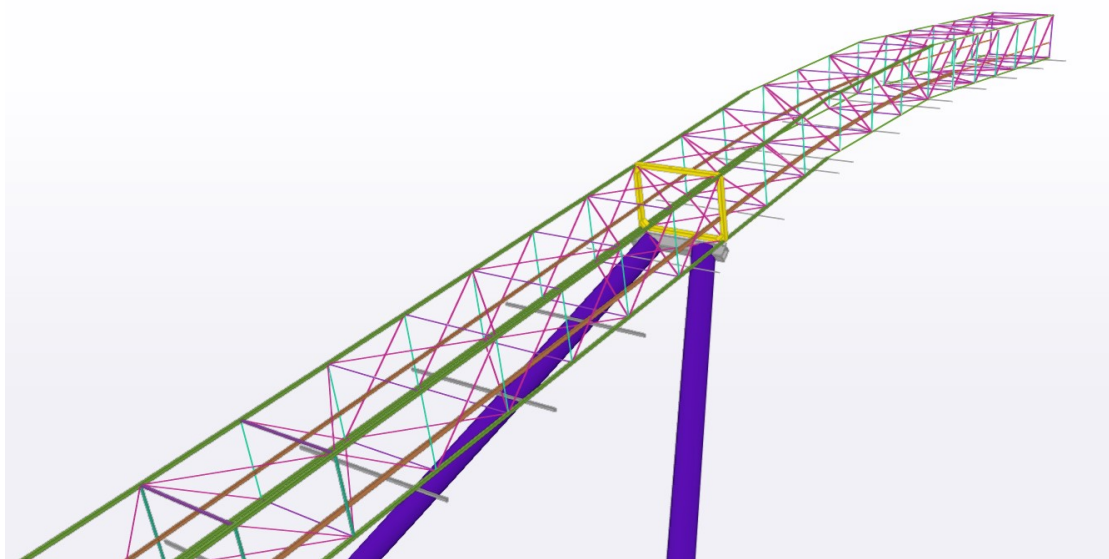
Asiakas määrittelee suunnittelussa käytettävät perusteet ja ne tulee olla kirjattuna sopimuksissa. Suunnittelijan täytyy tietää, mistä tämän tiedon voi löytää ja noudattaa näitä suunnitteluperusteita.

2.5 Laskentamallit ja tietomallinnus

Yleensä projektia varten luodaan yksi päämalli, johon sijoittuvat kaikki rakenteet, jotka asiakas on tilannut. AFRY käyttää tietomallinnuksessa Trimblen Tekla Structures 2021 ohjelmaa, joka on varsin yleisesti käytössä oleva tietomallinnus ohjelmisto Suomessa sekä globaalisti (Trimble 2023). Uudella suunnittelijalla tulee olla hallussaan vähintäänkin tietämys ohjelman perustoiminoista, työkaluista ja mallintamisesta. Suunnitteluohjeessa todetaan myös, että suunnittelijan tulee osata käyttää Autodeskin AutoCAD ohjelmistoa vähintäänkin perustasolla, jotta pystyy lukemaan lähtötietopiirustuksia. AutoCAD on tietokoneavusteinen 2D ja 3D piirtämiseen tarkoitettu suunnitteluohjelmisto ja on yleisesti käytössä monen toimialan suunnittelussa (Autodesk 2023).

Laskentamallit luodaan jokaisesta sillasta erikseen Tekla Structuresilla, joiden pohjalta suoritetaan lujuuslaskennat. Laskentamallit mallinnetaan keskilinja rakenteisena, jotta solmukohdissa ei tapahdu epäjatkuvuuksia ja laskentaohjelmisto ymmärtää mallin oikein. Mallit siirretään lujuuslaskentaohjelman ymmär-

tämään muotoon ja se saadaan tuotua FEM-ohjelmaan. Näin saadaan laskentaohjelmaan syötettyä tarvittavat tiedot, kuten kuormitustiedot ilman, että rakenteita tarvitsee mallintaa FEM-ohjelmassa erikseen. Kaikkia rakenteita ei laskentamalliin tarvitse mallintaa, sillä esimerkiksi hoitotasojen kuormat ovat tyypillisesti vakiintuneita, joten ne voidaan silti huomioida laskennassa kuormissa. Kuvassa 6 on valmis rakenne mallinnettuna Tekla Structuresilla. (Ruokonen 2023.)

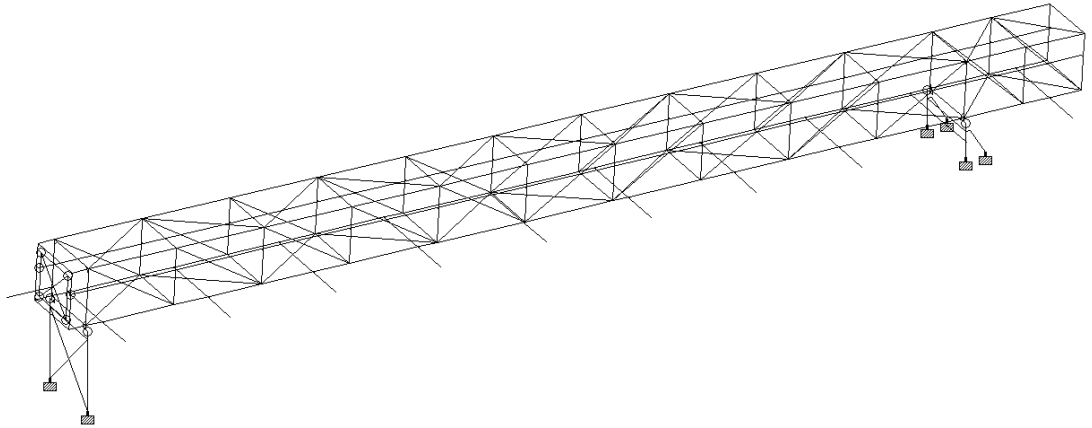


Kuva 6. Tekla Structuresilla mallinnettu keskilinjarakenteinen laskentamalli

Detalji suunnittelun kannalta on laskentamallivaiheessa hyvä miettiä jo valmiiksi, minkälaisia aukotuksia, kavennuksia tai levennyksiä pituus- tai leveys-suunnassa sillassa tarvitsee ottaa huomioon. Tämä on ennalta ehkäisevää suunnittelua, jonka tarkoitus on pyrkiä vähentämään rakenteiden muutoksia ja sen kautta myös vähentää uudelleen laskennan tarvetta.

2.6 Lujuus- ja liitoslaskenta

AFRY:n tapa tehdä kuljetinsilloja on vakiintunut ja käsittää paljon erilaisia tyyppiliitoksia. Lujuuslaskentapuoli on eriytetty omaksi puolekseen projekteissa ja siihen on omat resurssit. Laskenta käyttää STAAD.Pro FEM-mallin-
nusohjelmaa profiilien määrittämiseen. Siltaan kohdistuvien kuormien perusteella voidaan optimoida ja koostaa oikeat kokoiset profiilit eri rakenneosille sillassa.



Kuva 7. Laskentamalli muunnettuna ja tuotuna FEM-ohjelmaan

AFRY:llä on monen tyyppiliitoksen lujuuslaskentaan valmiit excel-laskentapohjat, joita käytetään laskennan tukena nopeuttamaan prosessia. Sillan laskentamallin tulosten pohjalta voimasuureet syötetään liitoslaskentapohjiin. Lopuksi lujuuslaskija työstää tulokset suunnittelijalle lähtötiedoiksi detaljisuunnittelua varten. Näitä päivitetään tarpeen mukaan, mikäli rakenteet muuttuvat paljon suunnittelun aikana suhteessa laskentamalliin. Kuvassa 7 on esitetty Tekla Structuresista tuotu keskilinjamalli STAAD.Pro -ohjelmassa.

2.7 Detaljisuunnittelu

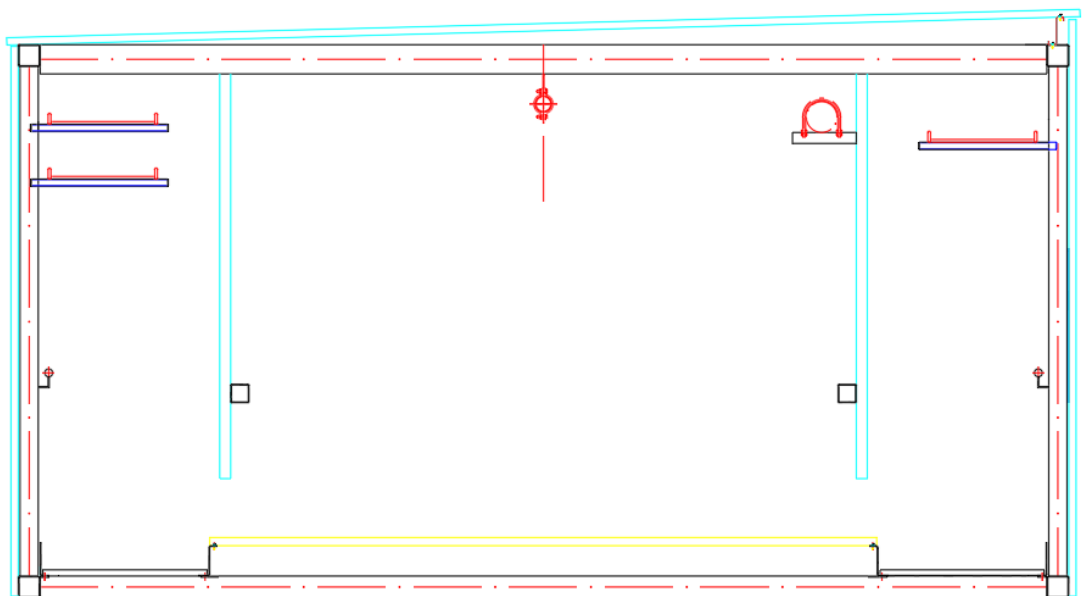
Lujuuslaskenta vaiheen jälkeen voidaan aloittaa detaljisuunnittelu. Detaljisuunnitteluvaiheessa luodaan malli, joka vastaa todellista rakennetta. Liitosten suunnittelu ja mallinnus vie suurimman osan työajasta, sillä rakenne itsessään on jo valmiiksi mallinnettu. Suunnittelijalla on käytössään profiiliraportti sillasta, jonka mukaan alustavat rakenteet vaihdetaan oikean kokoiseihin profiileihin. Laskentamallin poikkileikkaus tarkistetaan vastaamaan viimeisintä lähtötietoa, jonka asiakas on toimittanut. Liitosten laskentapohjasta suunnittelija saa tietoonsa tärkeimmät liitoksen tiedot kuten pulttien koot, reunaetäisyydet tai liitoslevyjen paksuudet. Detaljivaiheessa tarvitaan lähtötiedoiksi 3D-layout referenssimalli asiakkaalta, jotta tiedetään tarkkaan, kuinka kuljettimen osat voidaan liittää kuljetinsiltaan.

3 HIHNAKULJETTIMET

3.1 Hihnakuljettimet ja jaottelu

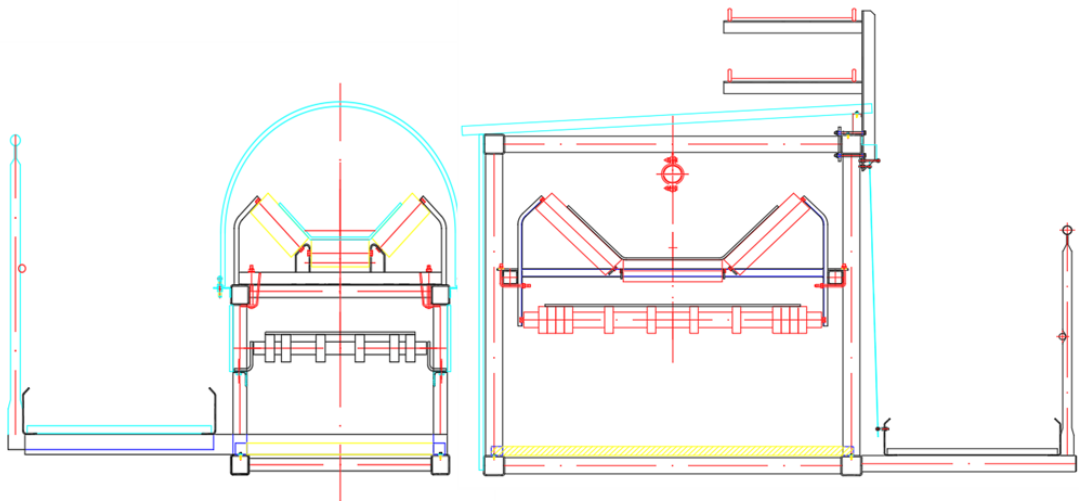
Hihnakuljettimen käyttötarkoitus on siirtää jotakin tiettyä tuotannossa tarvittavaa materiaalia paikasta toiseen. Jos materiaalia on paljon ja matkat ovat pitkiä tuotannon vaiheiden välillä, on järkevää käyttää kuljettimia materiaalin siirtämiseen. Tällaisia materiaaleja ovat muun muassa puun kuori tai puuhake metsäteollisuudessa. Hihnakuljetin on melko yksinkertainen rakenteeltaan, sillä on suuri kuljetuskapasiteetti sekä alhainen tehonkulutus (Parikka ym. 2000, 16). Energian tuotannossa puuhaketta käytetään polttoaineena, joka siirretään silloista tai materiaalilentältä kuljettimia pitkin itse kattilalle. Kuljettimet ovat usein tyypiltään hihnakuljettimia, jossa tavara siirretään hihnan päällä kohteeseensa.

Kuljettimien tyypit jaetaan kahteen kategoriaan. AFRY:n suunnittelemissa silloissa puhutaan isoista ja pienistä silloista. Isoilla silloilla tarkoitetaan kuljetinsiltaa, jossa hoitotasot sekä itse kuljetin on suunniteltu kulkemaan siltarakenteen rungon sisällä ja rakenne on suljettu. Näissä massat ja rakenteen dimensiot ovat suuria. Kuvassa 8 on ison sillan tyypillinen poikkileikkaus.



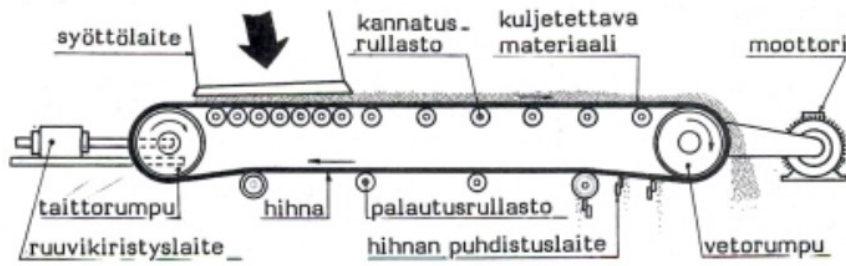
Kuva 8. Ison kuljettimen poikkileikkaus

Pienet sillat jaetaan kahteen eri kategoriaan. Ensimmäisessä hoitotasot kulkevat kuljetinsiltarakenteen ulkopuolella, mutta itse kuljetin on sijoitettu kuitenkin kuljetinsiltarakenteen ylä- ja alapaarteiden sisäpuolelle. Toisessa vaihtoehdossa itse kuljetin on sijoitettu siltarakenteen paarteiden yläpuolelle, ja niissä ei välttämättä tarvitse olla erillisiä hoitotasoja. Nämä kulkevat usein lähellä maanpinnan tasoa tai maan sisällä. Kuvassa 9 on havainnollistettu pienien siltöjen poikkileikkausten eri tyypit. (Ruokonen 2023.)



Kuva 9. Pienien kuljettimien tyypipoikkileikkaukset

Hihnakuuljettimissa tavara kuljetetaan hihnan päällä, jota pyörittävät kannatusrullat (Parikka ym. 2000, 11). Hihnan päässä eli kuljettimen loppupäässä sijaitsee kuljettimen voimansiirto, eli moottorit ja vaihdelaatikot, jotka pyörittävät rullia. Tätä kutsutaan vetopääksi. Taittopää sijaitsee kuljetinsillan alkupäässä, josta tavara lähtee kohti vetopäätä. Hihna palaa takaisin paluurullien välityksellä ja näiden välillä on hihnan kiristimiä, jotka pitävät hihnan kireänä ja toimintakuntoisena. Pienemmissä kuljettimissa ei ole paluurullia. Tavara kuljettimille ja pois kuljettimilta hoidetaan terässuppiloiden eli niin sanottujen syötösuppiloiden kautta. Nämä rakenteet tuetaan kuljetinsiltarakenteisiin erilaisiin suunnitteluratkaisuihin. Kuvassa 10 on havainnollistettu kuljettimen rakennetta.

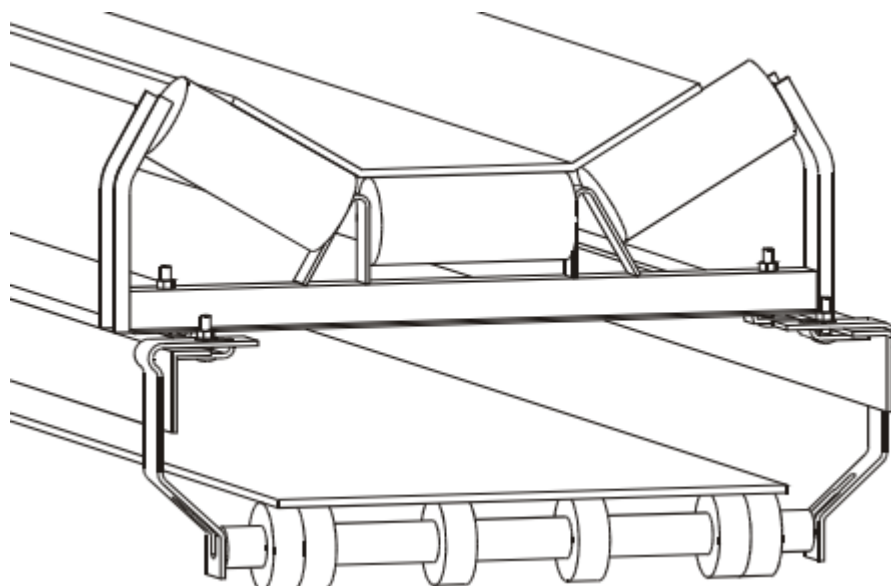


Kuva 10. Hihnakuuljettimet rakenne

Kuljettimet tarvitsevat myös sähkö- ja automaatiokaapeloiteja, joita varten siltoihin täytyy suunnitella omat kaapelihyllyjen kannatukset kaapeleita varten. Tulipalotilanteiden varalta myös sammutusvesiputkien kannatukset suunnitellaan siltoihin. (Ruokonen 2023.)

3.2 Kuljettimen kiinnittyminen siltarakenteeseen

Kuljettimet kiinnitetään itse siltarakenteen kuljetinpaarteeseen, jonka suunnittelu on suunnittelijan tehtävä. Liitokset ovat pulttiliitoksia. Suunnittelussa tärkein asia on varmistaa hihnan keskilinjan ja kuljetinpaarten yläpinnan välinen etäisyys. Tämän etäisyyden täytyy olla täsmälleen oikein, jotta kuljetin toimii sille suunnitellulla tavalla. Pienissä kuljetinsilloissa kuljetinpaarre kiinnittyy kuljetinsiltarakenteen pystyristikointiin hitsi- ja pulttiliitoksia. Isoissa kuljetinsilloissa kuljetin kiinnittyy kuljetinsillan yläpuolen vaakaristikointiin. Kuvissa 8. ja 9. on havainnollistettu eri vaihtoehtoja. (Ruokonen 2023.)

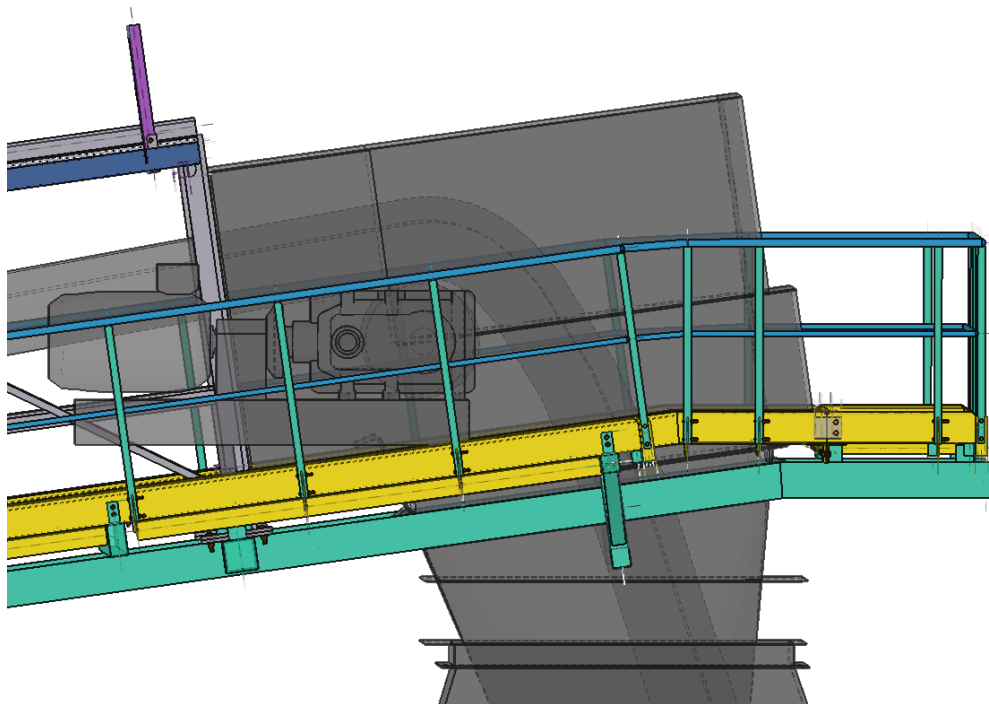


Kuva 11. Hihna, kourut ja rullastot

Hihna kulkee kannatusrullastojen päällä ja rullastojen tarkoitus on ohjata hihnaa. Kun kuljetetaan massatavaraa, käytetään yleensä 3-rullaista koururullastoa. Kuvassa 11. on esitelty tätä rakennetta. Rullien kulmat ja leveydet vaihtuvat käyttötarkoituksen mukaan. Kannatusrullat voivat olla joko teräs- tai kumi-päälyllystettyjä rullia. Rullia on kuormitetuissa kohdissa tiheämmin ja paluurullastojen rullaväli on yleensä harvempi sillä siihen ei kohdistu niin suuria kuormituksia. (Parikka ym. 2000, 11-12.)

3.3 Vetopää

Vetopää sijaitsee sillan loppupäässä, johon hihna kuljettaa tavaraa. Siellä sijaitsee kuljettimen vetorumpu, moottori, vaihdelaatikko ja kaikki voimansiirto. Moottori aiheuttaa pyörimisliikettä varsinkin käynnistyessään, joten se tarvitsee usein erillisen tuen. Moottoria tukee momenttituki ja se täytyy kiinnittää sillan runkoon. Usein tämä toteutetaan pultatulla päätylevyliitoksella. Pienissä ja lyhyissä silloissa ei aina tarvita tukea. (Ruokonen 2023.) Vetopäässä tarvitaan hieman leveämpiä hoitotasoja, joten hoitotasojen kannatinpalkin ovat myös tästä syystä yleensä profiililtaan kookkaampia. Kuvassa 12 on havainnollistettu tyypillisen vetopään kuljettimen rakenteiden kiinnittymistä kuljetinsiltaan.

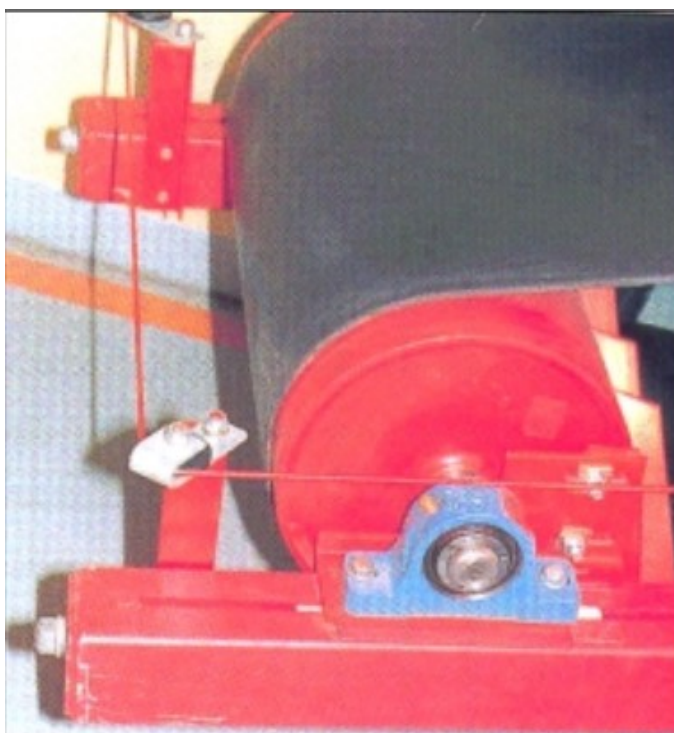


Kuva 12. Tyypillinen kuljetinsillan vetopää, johon sijoittuvat hihnakuljettimen voimansiirto ja sitä tukeva momenttituki

Lähtevät syöttösuppilot sijaitsevat vetopäässä. Syöttösuppilon avulla materiaali siirtyy seuraavan sillan hihnalle tai purkauskohteeseen (Parikka ym. 2000, 13). Joskus on tarvetta kannattaa myös suppilorakenteita vetopäästä. Nämä rakenteet voivat vaihdella ja niille suunniteltava tuenta aina tapauskohtaisesti. Vetopäästä täytyy yleensä järjestää kulku seuraavalle kuljetinsillalle, mikäli tavara jatkaa vielä siitä matkaa eteenpäin tuotannossa. Tämä tarkoittaa, että siltojen välille täytyy suunnitella portaat. (Ruokonen 2023.)

3.4 Taittopää

Taittopää sijaitsee kuljetinsiltarakenteen alkupäässä, josta tavara lähtee eteenpäin hinnan välityksellä kohti sillan vetopäätä. Taittopäässä taittorumpu palauttaa hinnan takaisin vetorummuille kohti vetopäätä. (Parikka ym. 2000, 12.) Tämän rakenne tulee suunnitteluun lähtötietona usein 3D-layoutina. Kuvasssa 13 on esitetty taittorumpu.

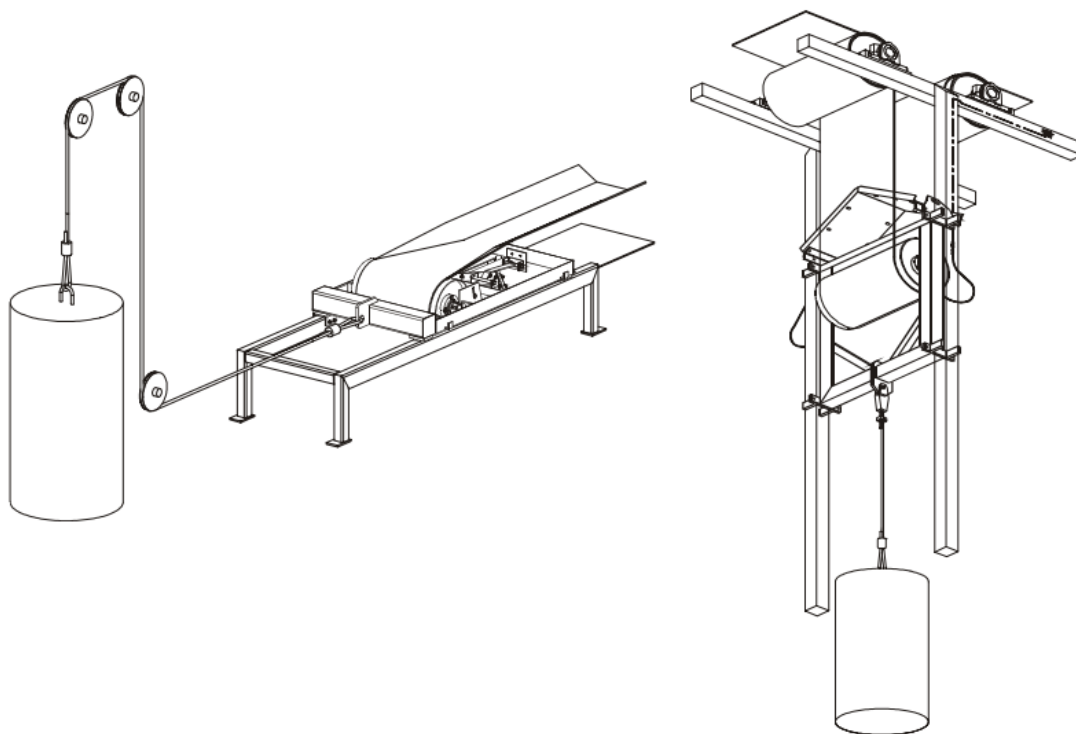


Kuva 13. Taittopään taittorumpu palauttaa hinnan takaisin kohti vetopäätä (VTT)

Taittopään asennusta ja huoltoa varten täytyy taittopään ympärille suunnitella hoitotasot. Kaiteet suunnitellaan koneturvallisuusstandardien mukaisesti suojaamaan tasoilla työskenteleviä henkilöitä ja estämään putoamista.

3.5 Kiristimet ja oheislaitteet

Kiristimet ovat mekanisme ja kuljettimissa, joiden tarkoituksena on pitää kuljetin hihna nimensä mukaisesti tarpeeksi kireällä, jotta kuljetin toimii tarkoituksenmukaisesti (Parikka ym. 2000, 11). Hihnassa täytyy olla oikeanlainen veto ja kitka hihnan rullien kanssa, jotta se pyörii eikä ole toisaalta liian löysä, joka kuluttaisi hihnaa tarpeettomasti. Kiristimet ovat yleensä painovoimaisia kelkkoja, jotka pitävät kelkkaan asetettujen vastapainojen avulla kuljetinhihnaa sopivalla vedolla (kuva 14). Oikealla kireydellä on suuri merkitys, kun kuljetinta käynnistetään tai pysäytetään. Näissä tilanteissa hihna venyy eniten.



Kuva 14. Painovoimaisen hihnankiristimen toimintaperiaate (VTT)

Yleisin kiristintyyppi on painovoimainen kiristäjä, jossa hihnan kiristysrullaa kuormitetaan painovoimaisesti vastapainolla. On myös olemassa kiristimiä, jotka ovat ruuvi- tai jousikuormitteisia. Nämä soveltuvat lähinnä lyhyisiin pieniin siltoihin, joissa vastavoima tuotetaan jousivoimalla. Pystykiristimet ovat painovoimalla toimivia kiristimiä ja sijaitsevat yleensä sillan vetopään lähellä. Vaakakiristimet sijaitsevat yleensä sillan taittopäässä ja niitä käytetään silloin kun kuljetinsiltarakenne jatkuu paarrekuljettimena, eli pienenä siltana lähellä

maanpinnan tasoa. Näiden lisäksi on myös olemassa kiristimiä kuten S-kiristin, jossa kiristävä paino sijaitsee esimerkiksi sillan toisella puolella tilan puutteen vuoksi. (Ruukonen 2023.)

Kiristimien kohdissa kuljetinsillan suunnittelussa on otettava huomioon niiden laitteiden ja laakereiden tarvitsema tila sekä huoltomahdollisuudet. Usein näissä kohtaa ristikointia voidaan joutua muuttamaan ja rakenteita suunnittelemaan väliaikaisesti irrotettavaksi. Esimerkiksi kaiteet on hyvä suunnitella irrotettaviksi kiristimien laakereiden kohdalla.

4 KULJETINSILTARAKENTEIDEN DETALJISUUNNITTELU

4.1 Suunnitteluperusteet

Referenssikohteen suunnitteluperusteet esitetään erillisessä dokumentissa, jonka on laatinut tilaaja omalta taholtaan (kuva 15). Kohteen suunnittelussa käytetään aasialaista maanjärstysstandardia SNI-1726-2019, AISC terässtandardeja, jotka ovat yhdysvaltalaisia standardeja, mutta ovat laajalti käytössä myös muissa maissa. Hoitotasojen ja kulkuteiden osalta käytetään koneturvalisuusstandardia EN ISO 14122 osia 1-4 . (Ruukonen 2023.)

1. STANDARDS, NORMS AND REGULATIONS

The design of the conveyor supporting steel structure in consideration is based on the following Indonesian standards, European standards, international standards and national norms and regulations.

- ASCE7-16, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures
- ANSI/AISC 360-16, Specification for Structural Steel Buildings
- ANSI/AISC 341-16, Seismic Provisions for Structural Steel Buildings
- ANSI/AISC 358-16, Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications
- SNI-1726-2019, Indonesian Seismic Building Code

Walkways are designed to fulfill the requirements of EN ISO 14122 with an exception of reduced distributed live load on service platforms.

Kuva 15. Suunnitteluperusteet-dokumentti määrittelee suunnittelussa noudatettavat standardit, normit ja säädökset

Kantaviin pulttiliitoksiin asiakas on määritellyt eri standardit, joita on noudatettava tärkeimmässä rakenteellisissa liitoksissa. Esikiristettyjä liitoksia käytetään

paarteen jatkoksissa moduulien välisissä liitoksissa sekä tuulikehien päätylevyliitoksissa. Näihin liitoksiin on määritetty käytettäväksi standardin EN 14399-4 mukaisia pulttikokoonpanoja. Standardi määrittelee pulttien ominaisuudet, käytettävät mutterit sekä aluslevyt (SFS EN 14399-4, 2015). Kuvassa 16 on ote pulttien dimensioiden määrittelystä standardin mukaisesti.

3 Bolts

3.1 Dimensions of bolts

See Figure 1 and Table 2.

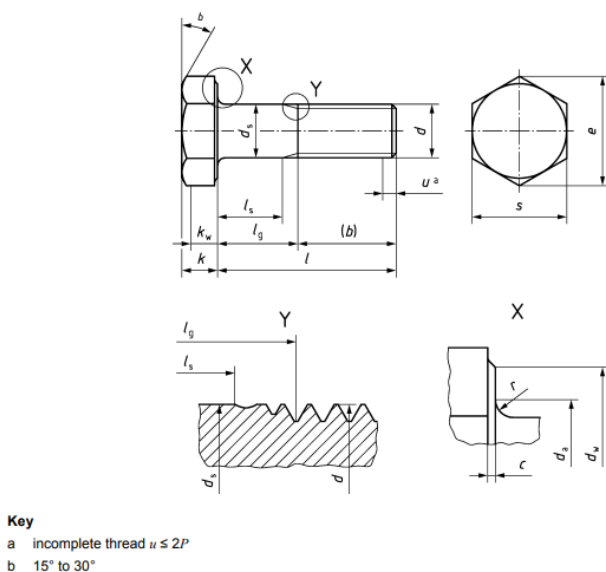


Figure 1 — Dimensions of bolts

The difference between l_g and l_s should not be less than $1,5 P$.

For coated bolts, the dimensions apply prior to coating.

Kuva 16. Esikiristettyihin pulttiliitoksiin asiakas on määritellyt käytettävän EN 14399-4 mukaisia esikiristettyjä pultteja, muttereita ja aluslevyjä

Suunnitteluperusteissa määritellään mitä kuormia ja kuormitusyhdistelmiä käytetään laskennassa. Dokumentissa esitetään myös taipumien raja-arvot.

Suunnitteluperusteissa esitetään myös käytettävät teräsrakenteiden materiaalit (kuva 17). Tässä kohteessa käytettävät materiaalit/profiilit olivat Kiinalaisen GB/T 700-2006 ja GB/T 1591-2018 standardien mukaisia. Näissä on eurooppalaiseen valikoimaan verrattuna pienet erot. Lähinnä profiilien nimet ovat erilaiset. Asiakas toimittaa tarkemmat listat eri profiileista, joita on saatavilla. (Ruokonen 2023.)

2.2 MEMBER SECTIONS

Non-slender members are used in gallery supports.

Table 1. Typical material and section of the conveyor steel structure members.

Member	Type of section	Material grade	Yield Strength
Leg tubes	Cold/hot formed circular tube	Q355	355MPa
Leg horizontal beams	Hot rolled H-section / welded I-profile / welded box profile / CHS-profile	Q355	355MPa
Leg supports	Welded or rolled H-section or I-profile, Cold/hot formed rectangular tube	Q355	355MPa
Chords	Cold/hot formed rectangular tube	Q355	355MPa
Side braces	Cold/hot formed rectangular tube	Q355	355MPa
Roof / floor braces	Cold/hot formed circular tube	Q355	355MPa
Roof / floor cross beams, <u>Small</u> bridge	Hot rolled L-section	Q235	235MPa
Roof / floor cross beams, <u>Large</u> bridge	Hot rolled I-section / Cold/hot formed rectangular tube	Q355	355MPa
Platform toe profiles	Cold formed L-profile	Q355	355MPa
Platform support beams	Hot rolled I-section	Q355	355MPa

Nominal dimensions for profiles are used because structures are hot dip galvanized to prevent corrosion. Design life of steel structure 10 years.

Kuva 17. Suunnitteluperusteet-dokumentti määrittelee käytettävät materiaalit

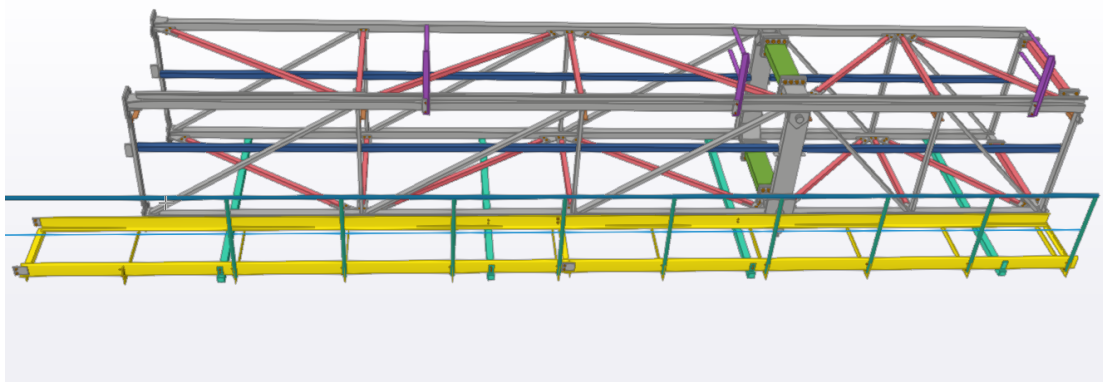
Suunnitteluperusteena käytettävä dokumentti on sitova asiakirja ja sen sisältöä tulee noudattaa tehtäessä suunnittelua.

4.2 Kuljetinsiltarakenteet

Kuljetinsillan rakenteet ovat teräsrakenteita, joihin voidaan kiinnittää kuljetin ja sen tarvitsemat muut lisälaitteet. Se on kantava teräsrakenne, jonka täytyy kestää kuljettimista ja ulkoisista lähteistä aiheutuvat kuormitukset. Kuljetinsiltarakenteen täytyy säilyttää stabiilius sekä täyttää sille asetetut vaatimukset murto- ja käyttörajatilassa. (Ruokonen 2023.)

Kuljetinsillan rungon muodostaa ristikkorakenne. Kuljetinsilta koostuu sillan rungosta, runkoon liittyvistä hoito- ja huoltotasoista, sekä runkoa kannattelevista jalkarakenteista. Sillan poikkileikkauksen ja dimensiot määrittelee asia-

kas. Kuljetinsillan runko muodostuu pysty- ja vaakaristikoinnista. Nämä voidaan liittää toisiinsa hitsaamalla runko kauttaaltaan yhtenäiseksi moduuliksi tai mikäli sillan geometria rajoittaa, pulttiliitoksin pienempiin osiin.



Kuva 18. Pysty ja vaakaristikot liitetään referenssiprojektissa pulttiliitoksin. Kuvassa pieni kuljetinsilta moduuli, jossa hoitotaso rungon ulkopuolella

Referenssiprojektissa on pysty- ja vaakaristikoiden toteutus tehty pulttiliitoksin (kuva 18). Pystyristikointiin on liitetty sillan ylä- ja alapaarre. Paarteisiin on puolestaan hitsattu diagonaali- ja pystyumasauvat, jotka on suunniteltu N-ristikkotyypiksi, jossa vinosauvat ovat vedettyjä terässauvoja (kuva 24, s.31). Jalkojen kohdalla on tuulikehä, joka välittää sillan suunnasta tulevat rasitukset pinniliitoksen ja jalkojen kautta perustuksille ja sitä kautta maaperään.

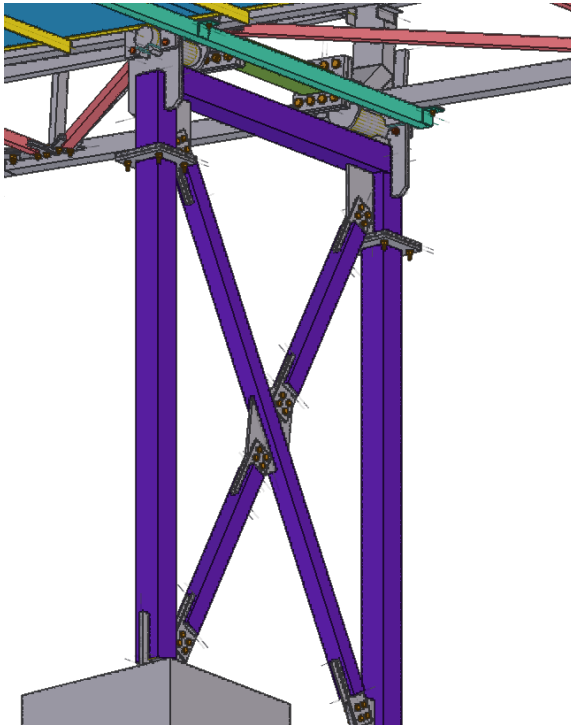
4.3 Perustukset ja jalkarakenteet

Kuljetinsiltarakenteiden perustukset koostuvat teräsbetonipilareista, niihin liitettyistä perustuslevyistä, joihin jalat liitetään hitsaamalla tai pulttaamalla, sekä itse teräsrakenneputkisista valmistetuista pilareista ja palkeista. Jalkarakenteita on pääasiassa kolmea eri tyyppiä. Suuremmissa ja korkeammissa kuljetinsilloissa käytetään A-jalkoja, jotka ovat yleensä pyöreästä teräsrakenneputkista tehtyjä profiileja. Jalat voivat olla eri kulmissa ja todella leveitä riippuen olemassa olevista rakennuspaikan olosuhteista. Kuvassa 19 on esitetty tyypillinen A-jalka.



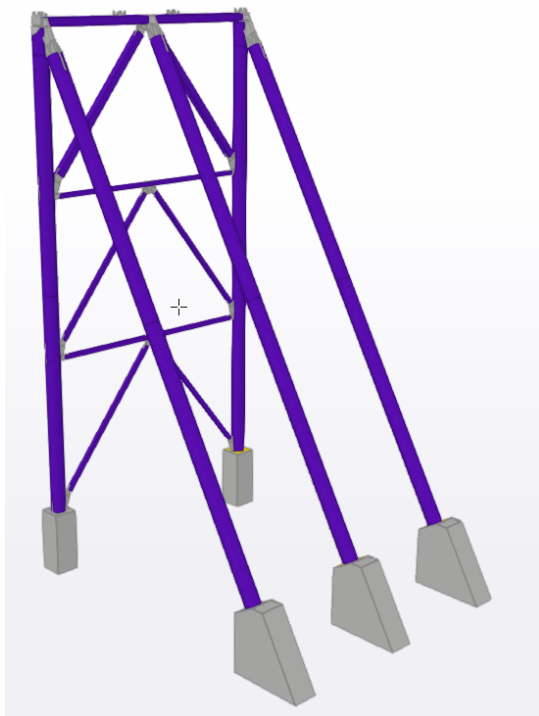
Kuva 19. Tyypillinen A-jalkarakenne, jonka yläpään hitsaamalla kiinnitetty vaakapalkki

Toinen tyyppi on usein neliön muotoisista rakenneputkista suunnitellut suorat jalat (kuva 20).



Kuva 20. Suora jalkarakenne, joka on valmistettu neliön muotoisista rakenneputkista

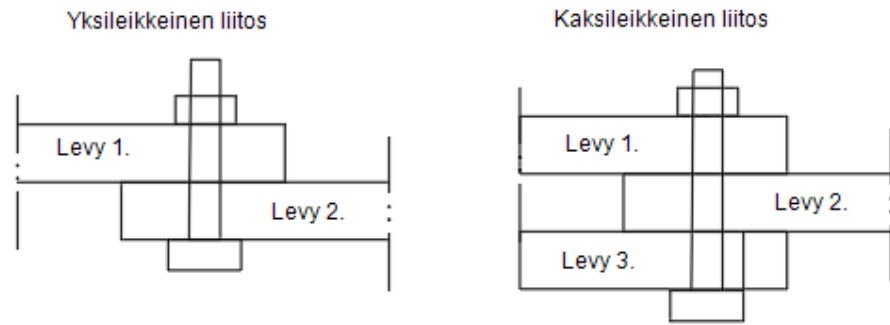
Kolmas tyyppi on niin sanottu kiinnityspistejalka (kuva 21), joka vie sillan suuntaiset voimat jalkojen ja perustuksen kautta maaperään. Jaloissa tarvitaan usein myös poikittaistukia, jonka tarkoituksena on estää jalkojen nurjahdusta. (Ruokonen 2023.)



Kuva 21. Kiinnityspiste jalkarakenne

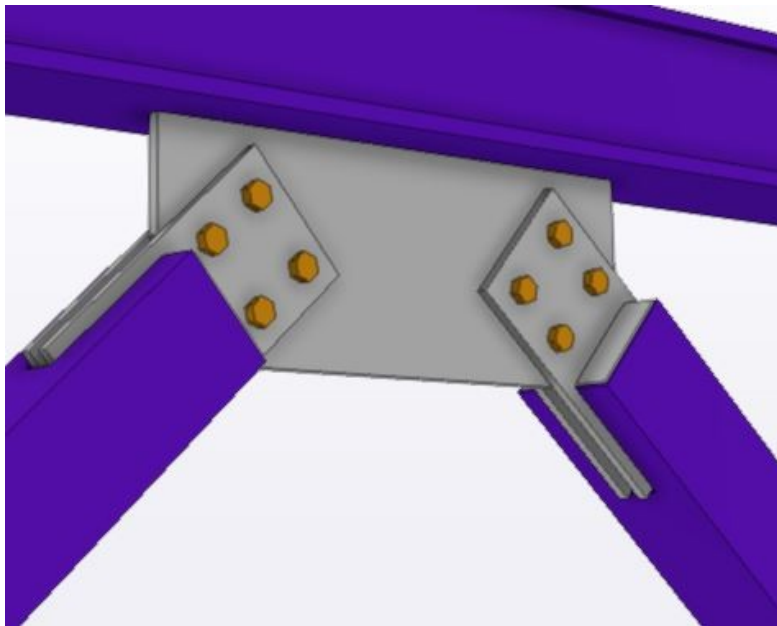
Jalkojen yläpäät sidotaan toisiinsa vaakapalkilla, johon jalat kiinnitetään, joko hitsi- tai pulttiliitoksella. Vaakapalkki on yleensä tehty hitsatusta laatikko profiilista, tai mikäli sitä rasittavat voimat ovat pienempiä, se voi olla myös tavallista neliöputkiprofiilia. Vaakapalkin päälle hitsataan haarukkalevyt, joiden päälle sillan runkomoduulit asennetaan.

Jalat ovat usein pitempiä kuin voidaan kuljettaa ja tämä aiheuttaa sen, että jalat joudutaan katkaisemaan pienemmiksi kokoonpanoiksi. Referenssikohhteessa kokoonpanot saavat olla maksimissaan 11,8 metriä pitkiä. Jalat kootaan työmaalla hitsaamalla kokonaisiksi, jonka jälkeen ne nostetaan ajoneuvonosturilla lopulliseen paikkaansa. Jalkojen nostoja varten voidaan joutua suunnittelemaan väliaikaisia tuentoja. Jalkojen jatkoliitoksiin mallinnetaan juurituet. Juurituet ovat liitoskohtiin sijoitettavia pyöreitä pantoja, jotka estävät hitsiaineen pakenemisen jalan sisään sitä hitsatessa. (Ruokonen 2023.)



Kuva 22. Yksi- ja kaksileikkeinen pulttiliitos

Jalkojen diagonaalien liitokset tehdään pulttiliitoksin. Liitokset voivat olla keskeisiä (kaksileikkeinen) tai epäkeskeisiä liitoksia (yksileikkeinen). Keskeinen liitos tarkoittaa sitä, että diagonaaliin on hitsattu keskeisesti molempiin päihin symmetriset liitoslevyt, joissa on pulttien reiät (kuva 22). Liitettävään kappaleeseen eli jalkaprofiiliin hitsataan niin kutsuttu Gusset-levy, johon tulee vastaavat reiät (kuva 23).



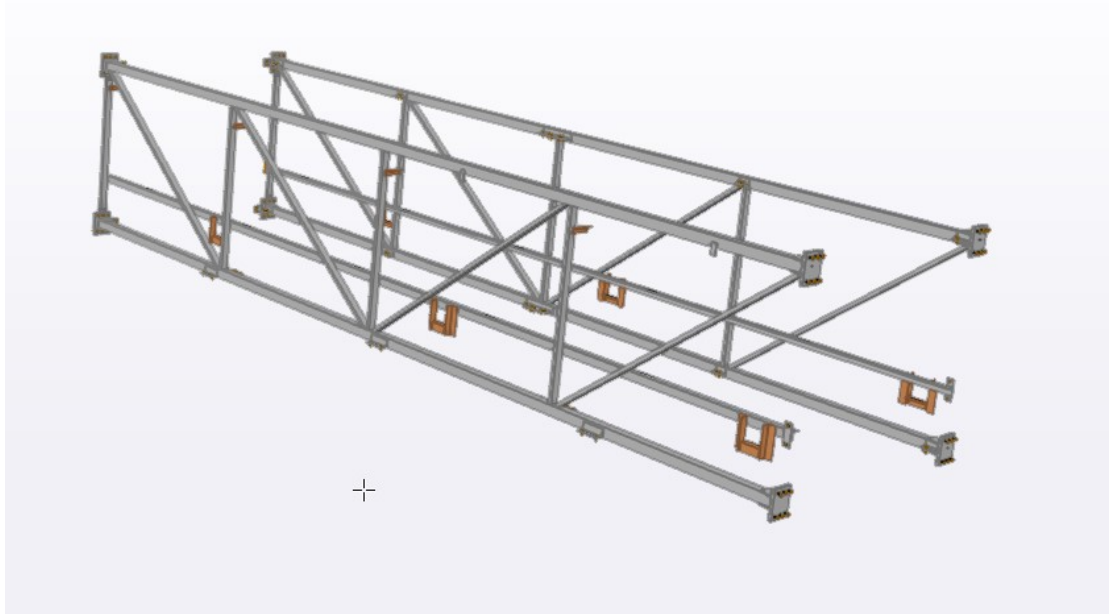
Kuva 23. Jalkojen sideliitos. Gusset-levy, johon liitetään jalkojen vinositeet

Referenssikohteen jalat haluttiin pinta-käsitellä maalaamalla, joten jalkojen diagonaalisauvoihin suunniteltiin sulkulevyt estämään veden pääsyn profiileihin. Näin voidaan ehkäistä teräksen korroosiota rakenteessa.

4.4 Siltapaarteet ja pystyristikointi

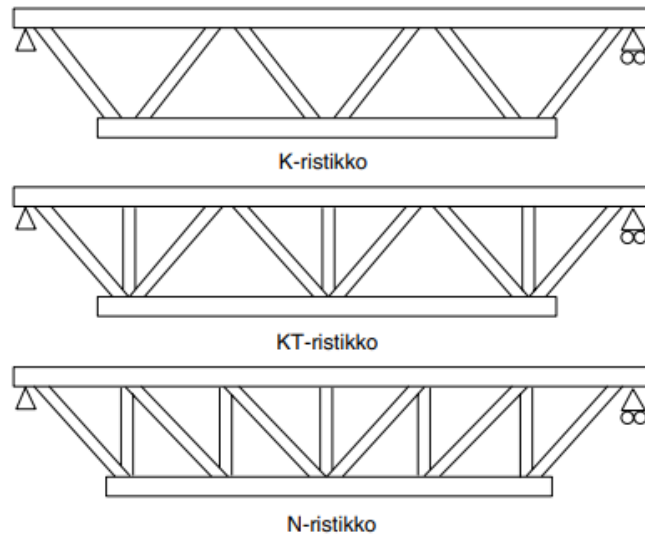
Kuljetinsillan runko rakentuu siltapaarteiden ympärille. Siltapaarteet ovat käytännössä pystyristikon ylä- ja alapaarre, joihin kiinnitetään hitsaamalla diagonaalisauvat. Kuvassa 24 on esitetty sillan pystyristikko. Paarteen profiilit ovat neliön muotoisia putkipalkkeja. Neliön muotoisella putkipalkilla nurjahduspituudet ovat lähes samat molempiin suuntiin poikkileikkauksen eri akseleiden suhteen. Näin ollen neliön muotoinen putkipalkki sopii hyvin paarteiden profiiliksi (Ruukki 2012, s.425). Ylä- ja alapaarteen seinämänpaksuus voi vaihdella sillan eri kohdissa.

Normaalivoimarasitukset ovat suurempia tuulikehien kohdalla ja kun seinämänpaksuutta tarvitsee kasvattaa, pyritään jokainen moduuli tekemään saman vahvuisesta putkesta. Tuulikehät hitsataan jalkojen kohdalla sillan ylä- ja alapaarteeseen. Siltapaarteet katkaistaan moduulien kohdalla ja moduulien pituus riippuu muun muassa logistiikan aiheuttamista rajoituksista. Siltapaarteen jatkoliitos on päätylevyliitos, jossa paarteiden päihin on hitsattu paksu teräslevy. Näin ollen ensimmäisen ja toisen moduulin päätylevyt yhdistetään pulttaamalla toisiinsa jokaisesta paarteesta, jolloin muodostuu yhtenäinen jatkuva ristikkorakenne. Liitosten välissä voidaan tarvittaessa käyttää ohuita asennuslevyjä, jotta mahdolliset valmistuksessa tapahtuneet pienet mittavirheet voidaan tasoittaa asennusvaiheessa ja liitoksesta tehdä riittävän jäykkä. (Ruokonen 2023.)



Kuva 24. Kuljetinsillan rungon pystyristikko ja moduulien päätylevyliitokset.

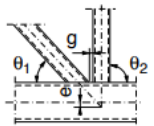
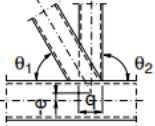
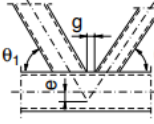
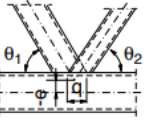
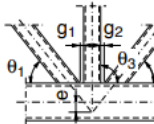
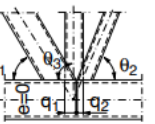
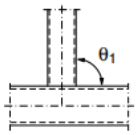
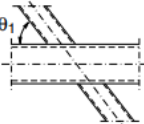
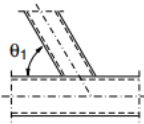
Siltapaarteiden vino- ja pystysauvat eli uumasauvat suunnitellaan siten, että niiden jako on tasainen sekä niiden kulmat ovat välillä 30-45 °. Nämä ovat ympärähitsattuja liitoksia ja sopivalla kulmalla hitsaaminen on helpompaa. Nämä välittävät vain normaalivoimia, koska liitokset paarteiden ja uumasauvojen välillä oletetaan aina nivelellisiksi (Ruukki 2012, 420). Liitoksen lujuuden ja kestävyyskannalta, ohutseinämäinen ja ulkomitoiltaan suurempi uumasauva on parempi. Uumasauvan leveyden tulisi olla noin 70 – 80% suhteessa parresauvaan (Ruukki 2012, 427). Tällöin hitsaaminen on helpompaa ja lopputuloksena saadaan laadultaan parempia liitoksia. Yleensä näissä sauvoissa profiilina käytetään suorakaiteen muotoista putkiprofiilia.



Kuva 25. Tyypillisimmät ristikkotyypit. AFRY käyttää N-ristikkoa pystyristikoinnissa ja KT-ristikkoa vaakaristikoinnissa kuljetinsiltarakenteissa (SSAB rakenneputket käsikirja, 2016)

AFRY käyttää kuljetinsilloissa N- ja KT-ristikkoa (kuva 25). Ristikoiden liitos voidaan toteuttaa vapaavälisenä tai limitettynä liitoksena (kuva 26). Käytännön suunnittelussa on järkevää käyttää vapaavälisiä liitoksia, koska ne jättävät asentamiseen enemmän toleranssia ja sauvat voidaan katkaista yhdellä katkaisulla oikeaan kulmaan. Limitetyssä liitoksessa päälle tuleva sauva joudutaan katkaisemaan kahdessa kulmassa ja katkaisun mittatoleranssi on huomattavasti pienempi kuin vapaavälisessä liitoksessa. (Ruukki 2012, 428.)

Ristikot yhdistyvät moduuleiksi ja yksi moduuli käsittää yhden yhtenäisen ristikön osuuden. Nostolohkoksi kutsutaan yhteen liitettyjä moduuleita, jotka kootaan työmaalla maassa ja nostetaan jalkojen päälle. Nostolohkot suunnitellaan siten, että ensimmäinen nostolohko ylittää pituudeltaan vähintään kahden jalan ylityksen. Seuraavien nostolohkojen tarvitsee asennettaessa ylittää vain yksi jalkapari. (Ruukonen 2023.)

Liitostyyppi	Vapaavälinen	Limitetty
N		
K		
KT		
T		
X		
Y		

Kuva 26. Ristikkorakenteiden eri liitostyyppit. Suunnittelussa pyritään välttämään limitettyjä liitoksia

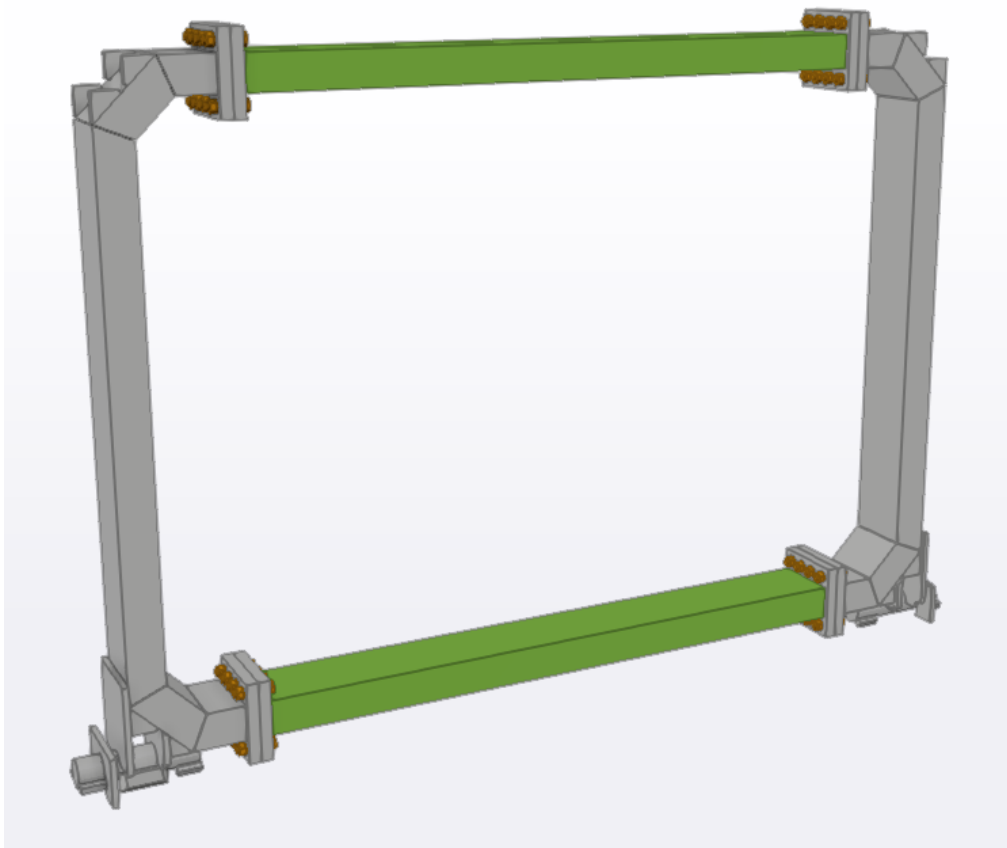
Pystyristikoon kiinnitettäviä muita osia ovat sprinklauksen kannattimet, paluurullien kannattajat sekä hoitotasojen kannatuspalkkien kiinnityslevyt. Referenssikohteessa monessa sillassa ulkoverhous toteutettiin pressuilla, jotka kiinnitettiin sillan ylä- ja alapaarteisiin vaijereilla ja vaijeritapeilla. Kuvassa 24 on näytetty ruskealla värillä korostettuja paluurullakannattimia sekä sprinkleriorsia. Nämä toteutetaan neliöputkella tai sopivalla L-profiililla.

4.5 Tuulikehät

Tuulikehä on rakenne, jonka tarkoitus on jäykistää sillan poikkileikkaus ja sitoa sillan pystyristikot yhteen (kuva 27). Sen kautta välitetään sillan ristikoilta tulevat voimat jaloille. AFRY:lla sillan tuulikehät on usein tehty lappeelleen asetuista suorakulmaisista rakenneteräspankista. Tuulikehät voidaan suunnitella

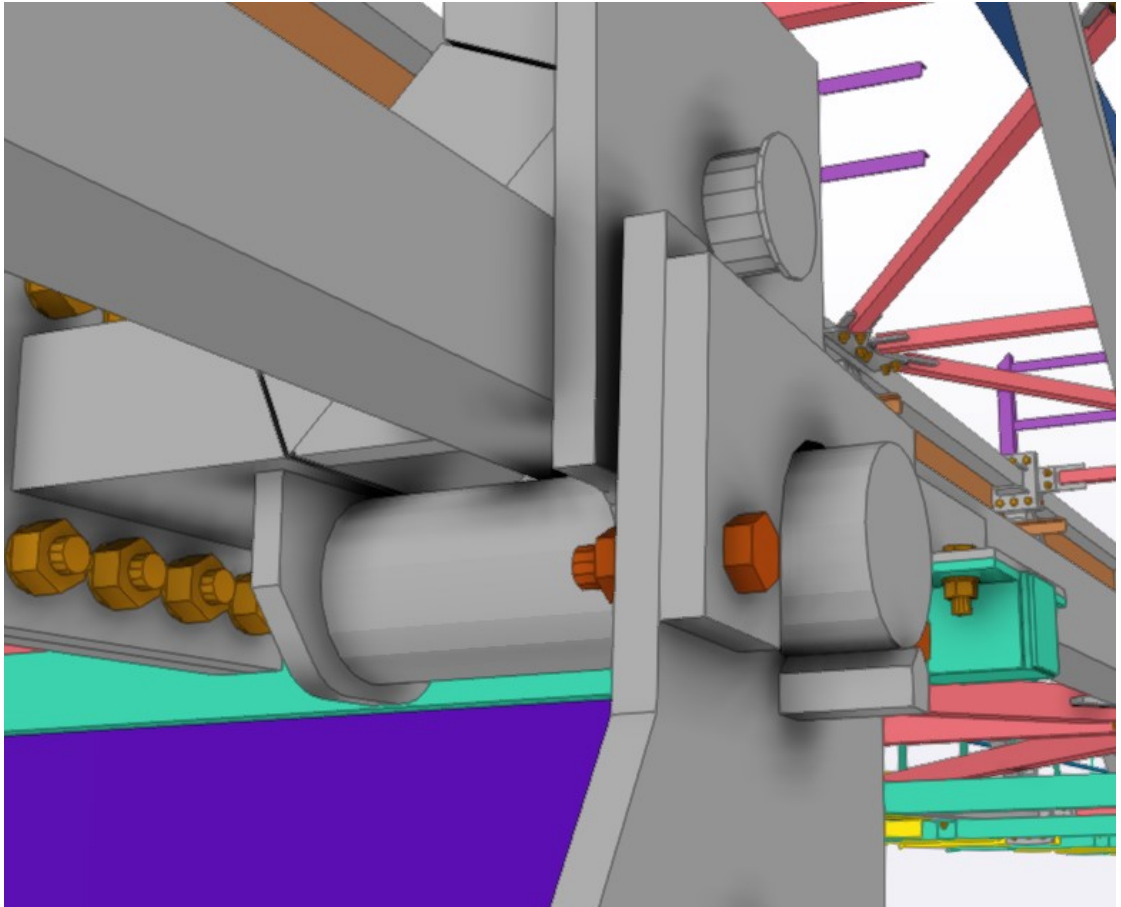
niin, että ne ovat kauttaaltaan toisiinsa hitsattuja putkia tai toisena vaihtoehtona on liittää pulttatulla päätylevylitoksella molempien pystyristikot yhteen. Tämä riippuu siitä, minkälaiset logistiset mahdollisuudet projektille on asetettu. (Ruokonen 2023.)

Tuulikehien nurkat yhdistetään siltapaarteisiin hitsaamalla konepajalla ja referenssikohteessa tuulikehien pystysuorat kokoonpanot ovat pystyristikon kanssa samaa kokoonpanoa. Vaakasuora osa tuulikehästä on oma kokoonpanonsa ja ne yhdistetään vasta työmaalla. Kulmassa olevat putket tuulikehän nurkissa yhdistetään yhdistyspalalla, joka tukee liitosta ja helpottaa sen hitsaamista.



Kuva 27. Kuljetinsillan tuulikehä ja pulttiliitokset

Tuulikehään tulee alapuolelle niin kutsuttu pinniliitos, joka on paksu pyöreä teräsosa (kuva 28). Pinni makaa jalan liitoskohdan päällä ja välittää voimat ristikoilta jaloille. (Ruokonen 2023.)

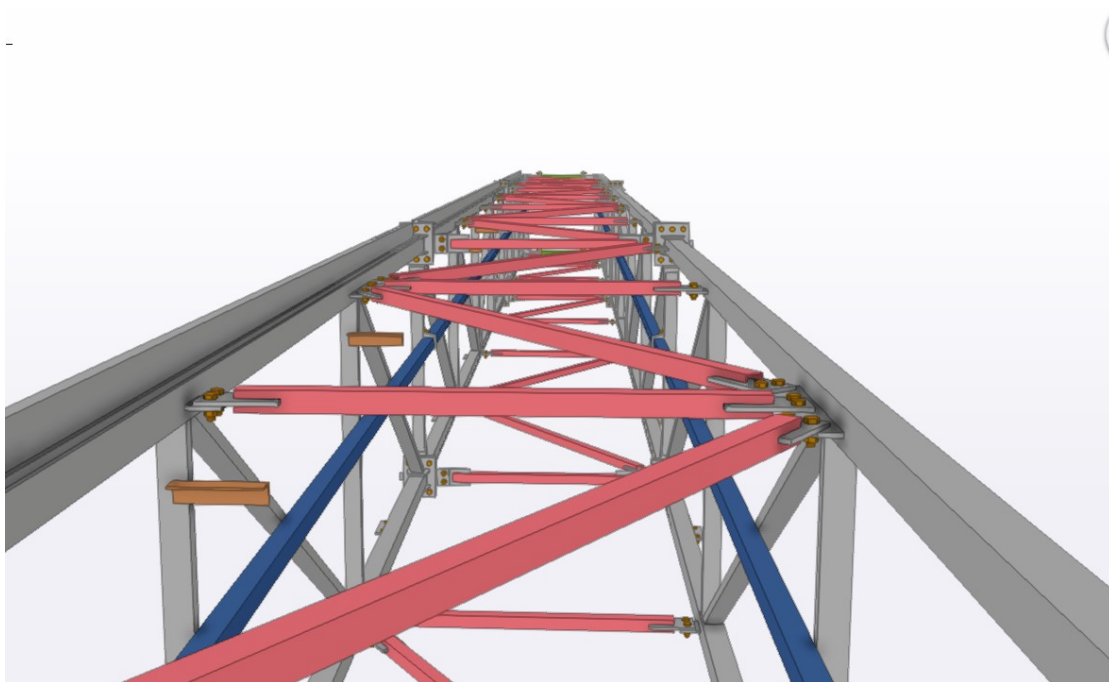


Kuva 28. Jalan ja pystyristikon pinniliitos

Pinni asetetaan jalan haarukkalevyn päälle ja liitos varmistetaan vielä haaran kylkeen pultatulla levyllä. Haarukkalevyyn hitsataan leikkauspala, joka vahvistaa haarukkalevyä.

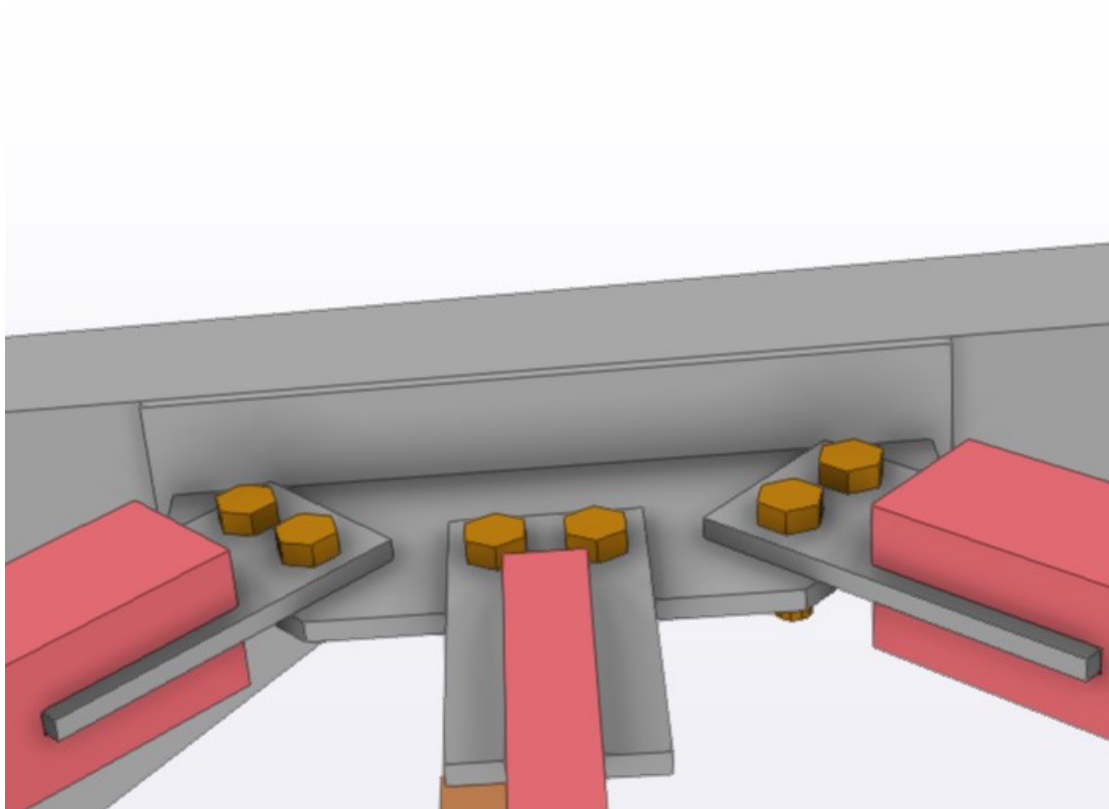
4.6 Vaakaristikointi

Vaakaristikoinnin eli niin sanotun tuuliristikoinnin tarkoitus on yhdistää pystyristikot toisiinsa ja jäykistää rakenteen vaakasuunnassa (kuva 29). Vaakaristikot ovat yleensä neliöputkia, mitkä kiinnittyvät päistään pulttiliitoksin pystyristikkoon. Niiden suunnittelu tapahtuu samalla logiikalla kuin pystyristikon diagonalisauvojen suunnittelu. Vaakaristikoinnissa pyritään käyttämään KT-ristikkorakennetta, joskin aukotuksien kohdalla ristikointijärjestelyä voidaan joutua muokkaamaan tapauskohtaisesti. Jos runkorakenne on kokonaan hitsattu, joudutaan tekemään kolmen sauvan liitos usein limitettynä liitoksena. Tämä vaikeuttaa valmistusta ja lisää kustannuksia. Referenssikohteessa liitokset ovat pultattuja. (Ruokonen 2023.)



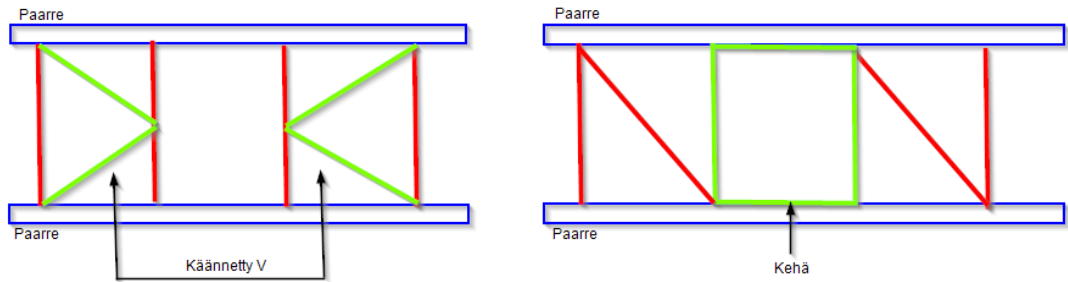
Kuva 29. Kuljetinsillan pulttiliitoksin toteutettu vaakaristikointi

Vaakaristikon liitosta siltapaarteeseen voidaan vahvistaa lisälevyllä, joka hitsataan siltapaarteeseen kylkeen (kuva 30). Tapa on tehokas, kun vaakaristikon sauvat ovat huomattavasti kapeampia kuin siltapaarteiden profiili (Ruukki 2012, 429).



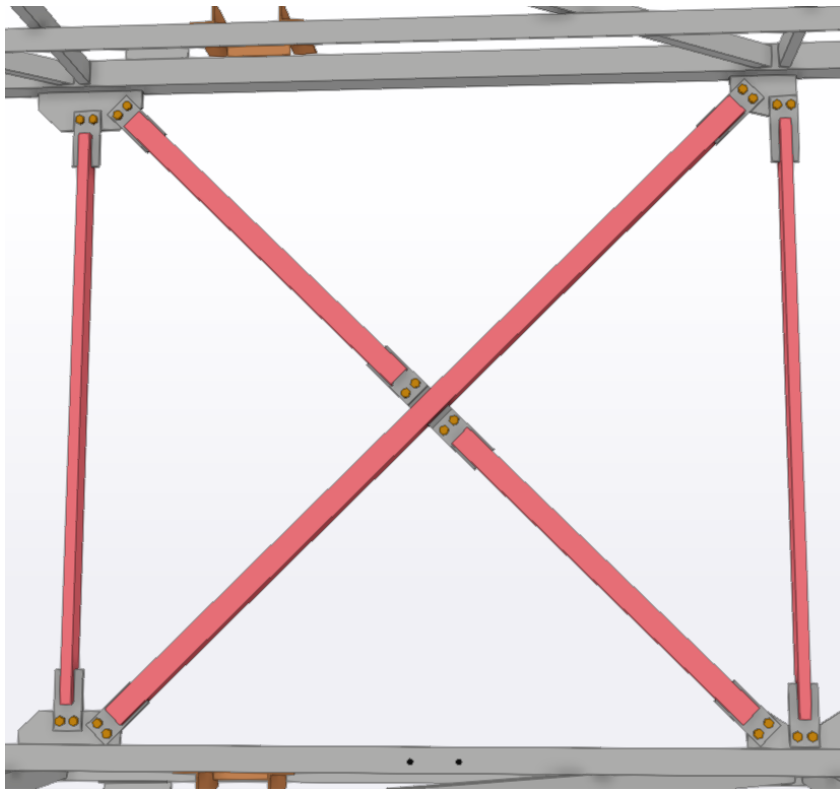
Kuva 30. Paarteiden vahvistuslevy hitsataan siltapaarteiden kylkeen tarvittavissa kohdissa

Vaakaristikointiin tehdään usein aukotuksia kohdissa, missä kuljettimen suppilot tai kiristimet lävistävät ristikon. Näissä kohdissa aukon kohdalle suunnitellaan vahvemmassa profiilista tehty kehä tai vaihtoehtoisesti voidaan vahvistaa aukon kohtaa tekemällä molemmin puolin aukkoa ristikko ristikon sisään niin sanottuna käännettynä V-muotona. Kuvassa 31 on havainnollistettu aukotuksen järjestelyt molempien vaihtoehtojen mukaan.



Kuva 31. Vaakaristikon aukon toteutuksen periaatevaihtoehdot

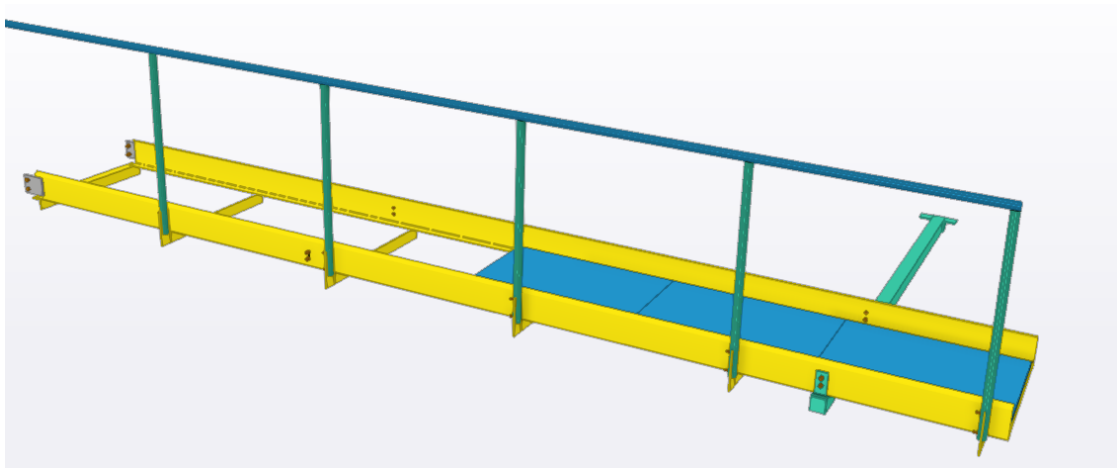
Aukon kohdalle ylä- tai alapuoliseen vaakaristikoon tehdään X-ristikointi kohdan jäykistämiseksi (kuva 32).



Kuva 32. Ala- tai yläpaarten jäykistys X-ristikolla

4.7 Hoitotasot ja kaiteet

Hoitotasojen suunnittelussa noudatetaan koneturvallisuus-standardia EN ISO 14122 osia 1-4. Standardit määrittelevät vaatimuksia kulkutasoille, portaille, kaiteille ja rappusille (SFS EN-14122 1-4). Referenssiprojektissa hoitotasojen vapaa kulkuleveys on 800 mm. Tasot ovat puristehitsattuja ritilätasoja, paksuudeltaan 30 mm. Ritilöitä kannattelevat pyöristetyt L-profiilit ovat korkeudeltaan 180 mm ja leveydeltään 60 mm. L-profiililla toteutetaan samalla myös vaadittava jalkalista eli niin kutsuttu ”potkulista”. Seinämäpaksuutena käytetään 4-6 mm. L-profiilit hitsataan kokoonpanoiksi pystyssä olevilla latta-raudoilla ja näihin kiinnittyvät myös kaiteet. Hoitotasolaatikon profiilien päihin on hitsattu jatkoslevy, jossa on toisella puolella kiinnitysreiät seuraavalle hoitotasokokoonpanolle. Kuvassa 33 on havainnollistettu hoitotasojen rakenteen periaate.

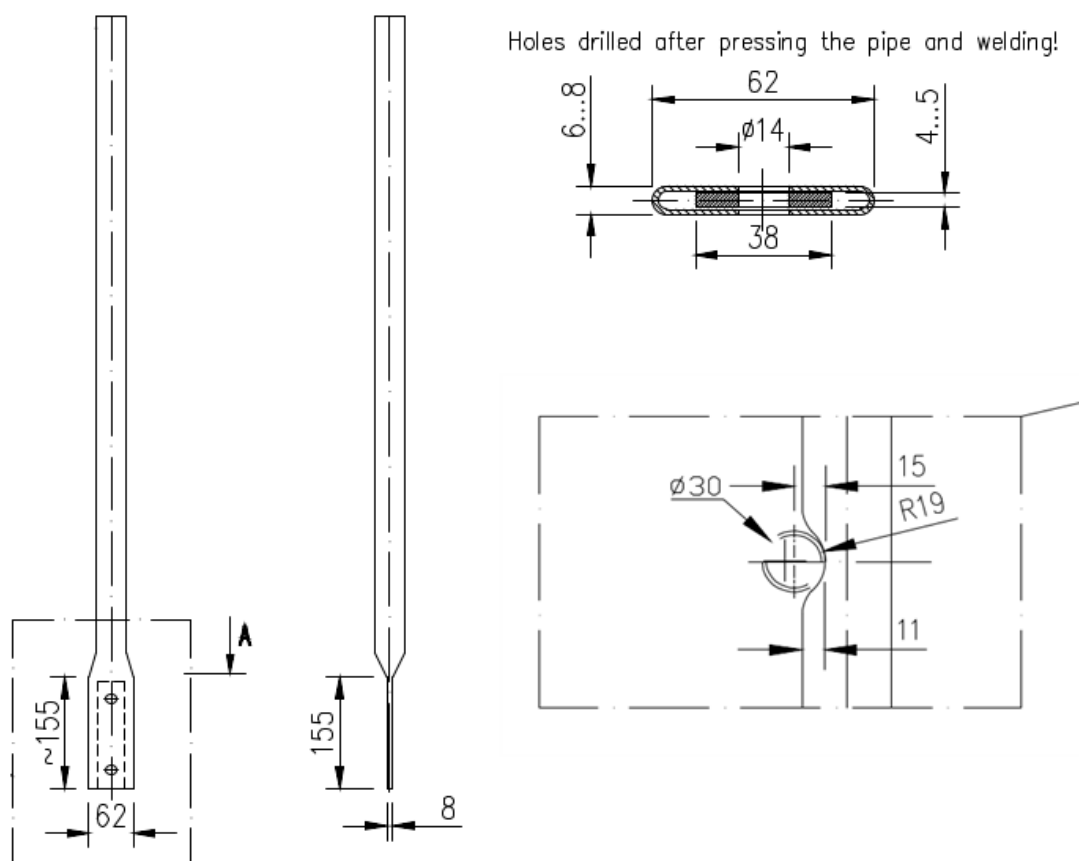


Kuva 33. Hoitotasojen kannatus, L-profiilit, kaiteet sekä ritilät mallinnettuina

Hoitotasolaatikat tuetaan neliö- tai suorakaideputki profiilien varaan ja hoitotasotuet on kiinnitetty rungossa oleviin L-rautoihin, joihin ne pultataan kokoamisvaiheessa työmaalla. Hoitotason kannattajien päässä on pystyyn hitsatut latta-raudat, joihin hoitotasolaatikat kiinnitetään pulttiliitoksilla. (Ruukonen 2023.)

Suojakaiteet tarvitaan, mikäli tasolta on mahdollista pudota yli 500 mm:n korkeudelta (SFS-EN 14122-2-2016, 13). Kaiteiden kiinnitykseen on lukemattomia eri tapoja, mutta referenssiprojektissa kaiteet tulevat pitkistä tavarasta ja ne valmistetaan työmaalla. Kaideliitos on pultattu liitos, jossa pyöreään halkai-

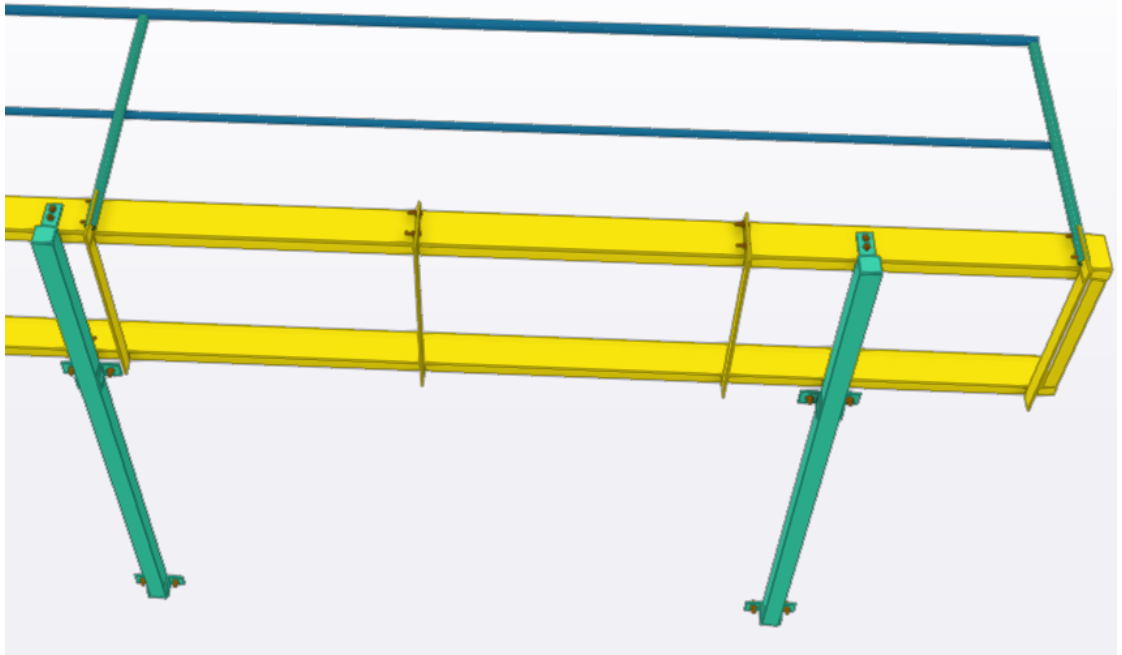
sijaltaan 42 mm teräsputken alapäähän putken sisään puristetaan sisään lat-tarauta ja se hitsataan kiinni putkeen alapuolelta. Kaideputken alapäähän po-rataan reiät ja tämä kokoonpano pultataan hoitotasolaatikoihin hitsattuihin lat-tarautoihin, jossa on reiät valmiina. Pystyputken yläpää puristetaan myös ka-saan, johon saadaan hitsattua ylempi käsijohde kiinni. Polvijohde kiinnitetään siten, että pystykaide painetaan 11 mm sisään ja tämä hitsataan puristettuun koloon.



Kuva 34. Kaiteen pystyjohteen yleisdetalji

Kaiteiden päät taivutetaan ja hitsataan työmaalla tapauskohtaisesti. Työmaalle tilataan vakiomittaista kaidemateriaalia metritavarana. Kaiteita ei mallinneta tarkasti, vaan ainoastaan niin, että tarvittavat osat reikineen löytyvät mallista. Mallinnuksesta saadaan hyvin selville tarvittavat metrimäärät materiaalitulauksia varten. Myös nostolohkojen painoissa on huomioitava hoitotasosta ja kai-teista aiheutuvat painot nostotilanteita varten. (Ruukonen 2023.)

Hoitotasojen suunnittelussa hoitotasokannattajien maksimijänneväli vaihtelee välillä 5-6 metriä, riippuen hoitotasoprofiilin seinämäpaksuudesta. Näiden rajojen sisäpuolella pysyttäessä eivät taipumarajat ylitä tavanomaisilla tasokuormilla. Jännevälit pyritään pitämään samoina, mikäli mahdollista (kuva 35).



Kuva 35. Hoitotasojen kannattajien jännevälit pyritään pitää samoina koko sillan matkalla

Hoitotasokannattajiin saadaan lisättyä liittymät tikkaille ja niihin muokataan liittymistasot toisilta silloilta tuleville tai lähteville rappusille. Tikkaiden yläpäähän on suunniteltava itsestään sulkeutuvat portit, jotta voidaan estää henkilön putoaminen tasolta tikkaille (SFS-EN ISO 14122-4 2016, 25). Portit ovat yleensä jousikuormitettuja teräsporteja, sillä portti ei saa jäädä koskaan avoimeksi (kuva 36).

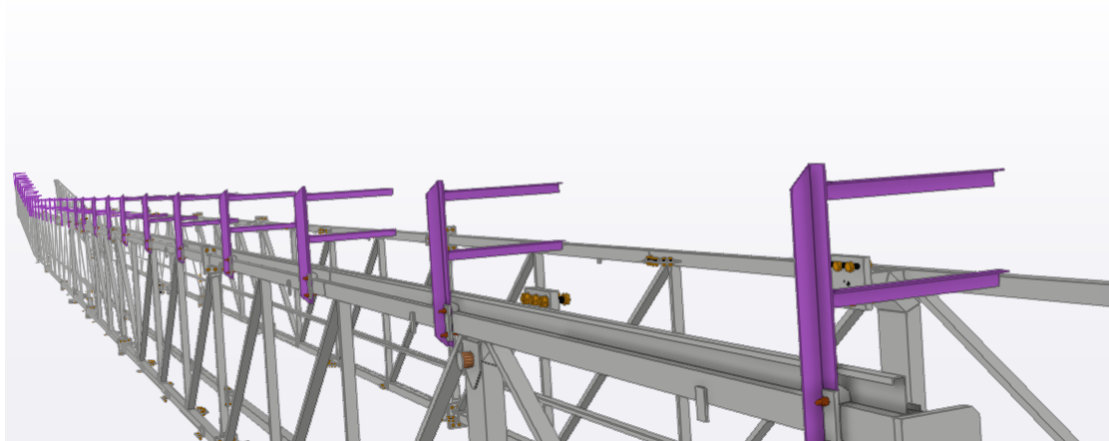


Kuva 36. Mallinnettu jousikuormitettu itsestään sulkeutuva portti

Hoitotasojen suunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon lämpöliikkeet, jos joudutaan kiinnittämään tuentoja esimerkiksi toiseen siltaan. Tällöin rakenne joudutaan katkaisemaan ja tekemään kohtaan riittävän suuri liikuntasäama. Katkaisukohtaan voidaan pultata kyynellevy yhdistämään tasoja. (Ruukonen 2023.)

4.8 Putki- ja kaapelihyllyt

Kuljetinsilloissa kuljetinten vaatimat sähkö- ja automaatiokaapeloinnit voivat kulkea sillan rungon sisäpuolella tai ulkopuolella. Kannatinrakenteet ovat usein kiinteästi runkoon hitsattuja yksinkertaisia orsia tai vaihtoehtoisesti erilaisilla pulttiliitoksilla toteutettuja siirrettäviä kokoonpanoja (kuva 37).

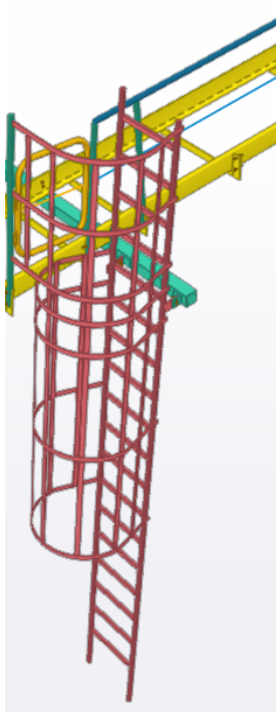


Kuva 37. Kaapelihyllyjen kannatusorret suunniteltiin referenssiprojektissa erillisinä pultattuina kokoonpanoina

Hyllyjen suunnittelussa täytyy ottaa huomioon sillan rungon ulkoverhoukset ja niiden vaatima tila. Kattopelti vaatii alleen tietyn tilan ja projektissa on määriteltä erikseen, minkälainen kattopeltiprofiili siltoihin on tulossa. Orsille sijoitettavat kaapelihyllyt voivat sisältää paljonkin painoa, joten kannatinväli täytyy määrittää projekti- tai jopa siltakohtaisesti. (Ruukonen 2023.)

4.9 Tikkaat

Standardi SFS EN 14122-4 määrittää suunniteltaville tikkaille suunnittelupeusteet. Kuljetinsilloissa tikkaita vaaditaan hätäpoistumistieksi sekä erilaisiin hoitotarpeisiin kuten kiristimen kohtiin. Yleensä tikkaat kiinnitetään sillan runkoon hoitotasojen kannattajiin tai sillan jaloista otettuihin tukipisteisiin puristus-pantojen avulla. Hätäpoistumistikkaat voivat olla kymmeniä metrejä korkeita, joten tikkaisiin on järjestettävä jaksoja, joiden välissä on lepotasoja tietyllä välimatkalla. Standardissa SFS EN 14122-4 määritellään, että lepotasot tulee olla 6 metrin välein, jossa yksi tikasjakso on 6 metriä. Tikkaat varustellaan selkäsuojaimein tai jos se ei ole mahdollista niin on järjestettävä putoamissuojaimella varustetut tikkaat (SFS EN 14122-4, 13-15). Referenssikohteessa käytetään selkäsuoja ja lepotasoja standardin mukaisesti. Kuvassa 38 on esitetty sivulle poistuttavat tikkaat.

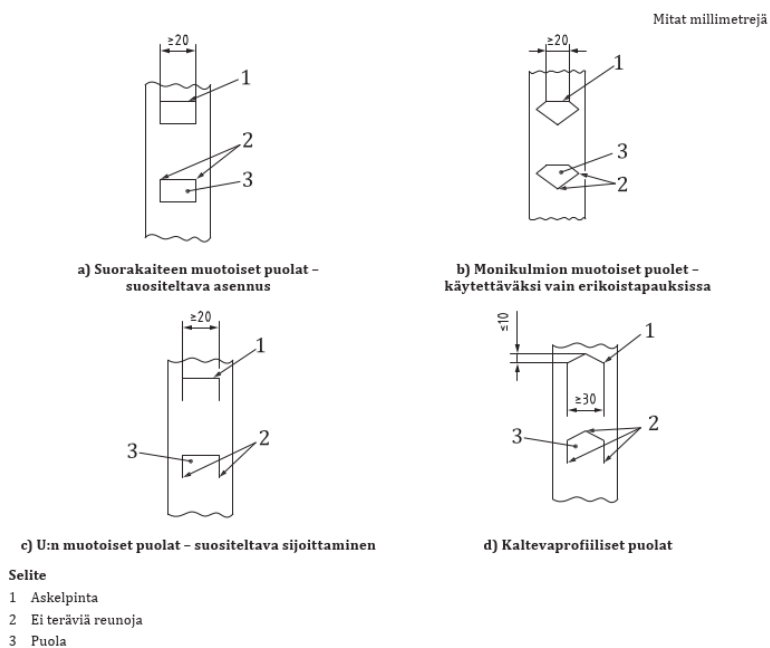


Kuva 38. Tikkaat pyritään suunnittelemaan sivulle poistuttavaksi

Puolien muoto on standardissa määrätty siten, että puolan askelpinnan on oltava tasainen eli pyöreitä puolia ei saa käyttää. Askelpinnan tulee olla vähintään 20 mm. (SFS EN 14122-4, 20.) Kuvassa 39 on esitetty puolien sallittuja muotoja.

5.2.2.5 Puolien asento (EN)

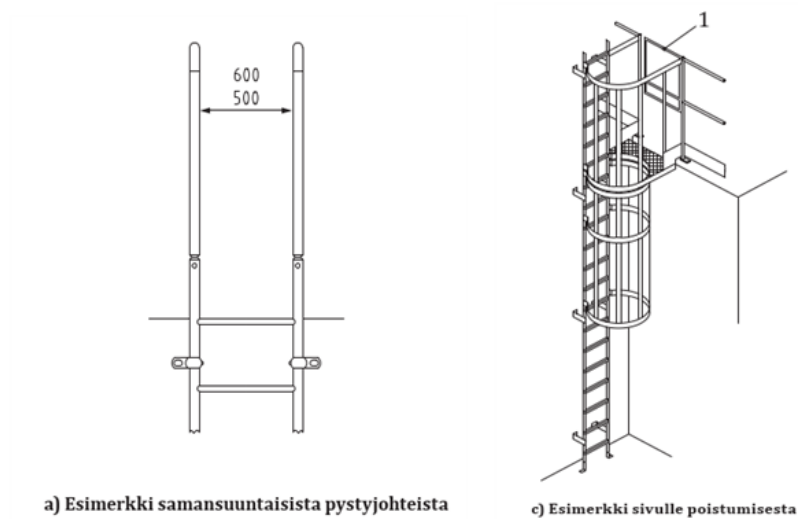
Puolat on sijoitettava niin, että niiden askelpinta on kohtisuorassa pystyjohteen akseliin nähden (ks. kuva 10).



Kuva 10 Esimerkkejä puolien sijoittamisesta ja muodoista

Kuva 39. Puolien muoto standardin SFS EN 14122-4 mukaisesti

Kulkuaukoista poistuminen tikkaille voi olla sivulle tai eteen ja kulkuaukon leveyden täytyy olla välillä 500 – 700 mm (kuva 40). (SFS EN 14122-4, s.24)



Kuva 40. Tikkailta poistuminen ja suorien pystyjohteiden leveyden rajoitukset standardin EN 14122-4 mukaan

Referenssikohteessa tikkaat suunnitellaan yleensä jalan suuntaisiksi ja mahdollisimman kevyiksi kokoonpanoiksi (kuva 41). Jalan suuntaisen tikkaan on todettu olevan helpompi kiivetä ja laskeutua pystysuoraan tikkaaseen verrattuna. (Ruokonen 2023.)



Kuva 41. Pitemmät tikasjaksot pyritään suunnittelemaan jalan suuntaisiksi

4.10 Ulkoverhoukset ja putoamissuojaukset

Ulkoverhouksien tarkoitus on suojata kuljetinta sään vaikutuksilta. Kuljetinsiltojen verhoukset toteutetaan kattorakenteissa yleensä aaltopellillä. Pelti kallistetaan riittävällä kallistuksella sadevesien poisohjaamiseksi sillan rungon päältä. Sillan rungon sivut verhotaan pellillä tai vaihtoehtoisesti pressulla, jonka mekanismi kiinnittyy sillan pystyrunkoon. Verhoilu kiinnitetään normaalisti poraruuveilla suoraan sillan runkoon. Jos seinien verhouksessa käytetään pressua, täytyy pystyrunkoon suunnitella pressun vaijereille ohjuritapit. Pressua voidaan liikuttaa sillan suunnassa vaijerilla esimerkiksi huoltotilanteissa. (Ruokonen 2023.)

Putoamissuojaus tarkoittaa käytännössä teräsverkkoa kuljetinsiltarakenteen alapuolella, mikä estää esineiden tai hihnalla kulkevan tavarantoimien putoamisen henkilöiden päälle, jotka liikkuvat sillan alapuolella. Nämä voidaan kiinnittää suoraan siltojen alapuolen paarteisiin ja joskus joudutaan myös käyttämään painekyllästettyä puutavaraa, johon putoamissuojausverkon voi kiinnittää. Kiinnitys tapahtuu puu- tai poraruuveilla. (Ruokonen 2023.)

5 SISÄINEN OHJE KULJETINSILTOJEN SUUNNITTELUSTA

5.1 Yrityksen tarve sisäiselle suunnitteluohjeelle

Suunnitteluohjeelle opinnäytetyön tilaajana toimivalla AFRY:llä oli tarvetta, koska kuljetinsiltarakenteiden kysyntä on jatkuvasti kasvanut yrityksessä. Kysynnän kasvu synnyttää lisäresurssien tarvetta ja kokeneita suunnittelijoita on olemassa rajallinen määrä yrityksen sisällä. Tämän takia projekteihin tulee mukaan uusia suunnittelijoita, joiden tuntemus kuljetinsiltarakenteista on vähäinen. Ohjeen tarkoitus on tutustuttaa uusi suunnittelija kuljetinsiltarakenteiden pariin sekä toimia ohjenuorana suunnittelutyössä. Suunnitteluohjeeseen haluttiin sisällyttää rakenteiden tarkistuslista. Se toimii siltojen katselmoinneissa laadullisena dokumenttina, ja sen avulla voidaan havaita mahdolliset suunnitteluvirheet hyvissä ajoin ennen kuin työn tulokset lähetetään asiakkaalle.

5.2 Rakenne ja sisältö

Ohjeen rakenne muodostui suunnittelutehtävän työvaiheiden mukaisesti ja sen haluttiin olevan selkeä ja johdonmukainen esitys kuljetinsiltarakenteista. Ohjeen alussa kerrotaan yleistä tietoa mitä kuljetinsiltarakenteet pitävät sisäl-
lään. Siinä esitellään mitä ovat kuljettimet ja niiden sisältämät käsitteet. Alussa
kerrotaan myös mitä projektiin mukaan tulevalta suunnittelijalta vaaditaan.

Contents	
1	The purpose of the design guide..... 4
1.1	Introduction..... 4
1.2	What is conveyor and conveyor bridge?..... 4
1.3	What is expected from designer?..... 5
1.4	Starting points and things to consider 5
1.5	Different categories of conveyor bridges 6
1.6	Design order..... 7
2	Conveyor bridge structures 9
2.1	Legs & Foundations 9
2.1.1	General information..... 9
2.1.2	Initial information 9
2.1.3	Design & modelling 9
2.1.4	Joints.....10
2.2	Wind frames13
2.2.1	General information.....13
2.2.2	Initial information13
2.2.3	Design & modelling13
2.2.4	Joints.....13
2.3	Vertical trusses, bridge chords & conveyor chords16
2.3.1	General information.....16
2.3.1	Initial information17
2.3.2	Design & modelling17
2.3.3	Joints.....20
2.4	Horizontal trusses.....25
2.4.1	General information.....25
2.4.2	Initial information25
2.4.3	Design & modelling26
2.4.4	Joints.....28
2.5	Service platforms & platform supports.....31
2.5.1	General information.....31
2.5.2	Initial information32
2.5.3	Design & modelling32
2.5.4	Joints.....33
2.6	Ladders, stairs, cable tray supports.....36
2.6.1	General information.....36
2.6.2	Initial information36
2.6.3	Design & Joints.....37
2.7	External claddings, Safety nets44
2.7.1	General information.....44
2.7.2	Initial information45

Kuva 42. Suunnitteluohjeen sisällysluettelo ja rakenne

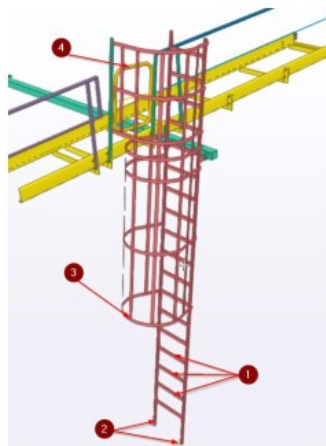
Itse ohje päätettiin jakaa eri rakenneosien kesken omiin lukuihinsa (kuva 42). Jokainen luku pitää sisällään tiedon siitä, mikä on tämän kyseisen rakenne-
osan tarkoitus sillan toiminnan kannalta. Lähtötietojen hakeminen eri asiak-
kaan dokumenteista voi olla haastavaa. Tämän vuoksi jokainen suunniteltava
osio sisältää myös erillisen luvun, mistä lähtötietoa saa ja miten sitä tulkitaan
suunnittelutyön tukena. Siinä esitellään eri lähtötietopiirustuksia sekä havain-
nollisempia 3D-layout referenssejä, joita tarvitsee suunnittelussa päivittäin.

Kolmas pääotsikko esittelee tietoa, miten rakenneosan suunnittelu yleensä ottaen etenee ja kuinka asioita on hyvä mallintaa. Tässä kerrotaan myös seikoja, joihin tulee kiinnittää huomiota, että suunnittelussa suunniteltu rakenne on myös asennettavissa. Myös kuljetuksen asettamiin rajoituksiin viitataan tässä luvussa, mikäli se on oleellista. Neljäs osio kertoo kyseiseen rakenneosaan liittyvien liitosten suunnittelusta. Suunnittelutyö koostuu paljon liitosten suunnittelusta ja mallinnuksesta, joten tämä osio sisältää yleisesti ottaen eniten tietoa. Siinä esitellään tyyppiliitoksia ja kuinka lujuuslaskijan raporteista erotetaan oleellinen tieto suunnittelijan käyttöön. Jokaisen luvun lopussa on havainnollinen kuva rakenneosasta selosteineen esimerkiksi siitä minkä tyyppiä Tekla-komponentteja voidaan käyttää mallinnuksessa (kuva 43).



2023_04_05 - Design manual for conveyor bridges.docx
Page 42/54

Overview: Ladders



- **Profiles:** PD42*2, FL 2-4 mm, Plates t = 6-30 mm, L-profiles t = 6 - 10 mm
- **Main elements:** Rungs (1), Vertical stiles (2), Back guard (3), Safety gate (self-closing) (4)
- **Tekla tools:** Steel beam, Contour plates
- **Tekla components:** No components used

Kuva 43. Jokaisen rakenneosan lopussa on yhteenveto osiosta

Ohjeen loppuun on tehty muistilista suunnittelijalle, joka toimii myös runkona suunnittelijalle työssään kuljetinsiltasuunnittelussa (kuva 44). Luvun alussa avataan miksi kyseinen lista on päätetty tehdä ja missä sitä on oleellista hyödyntää.

VERTICAL TRUSSES		Conveyor bridge checklist for designer	X / V
Profiles & Materials	Profiles according to a profile report		X
	Material grades are correct		
Assemblies & Prefixes	The assemblies are right in the model		
	The assembly prefixes are right in the model		
	The part prefixes are right in the model		
	Classes are right in the model		
Structure	The angles of diagonals are within the permitted limits		
	Module spacing & lifting block distribution is workable		
	The free spaces of the welded joints are within the permitted limits		
	The reinforcement plates are modeled (if needed)		
	The chord of the conveyor is at the right elevation and cut correctly		
	The assemblies are the right size for transportation		
	End plates modelled if needed		
	The return rollers have been modeled and the bolt holes have been made		
	The geometry corresponds to the initial information (cross-section drawing)		
	Guide rods modelled to module connections		
Joints	Bolts standards, sizes and numbers are right		
	Bolt edge distances are within permitted limits		
	Grooves modelled to parts if needed (welded connections)		
	Geometry right for the joints		

Kuva 44. Ohjeeseen rakennettiin tarkistuslista suunnittelijan tueksi, jota voidaan hyödyntää laadunvarmistuksessa ja katselmoinneissa

Ohje tuotettiin englanniksi, koska monet projekteihin mukaan tulevat suunnittelijat käyttävät työkielenään englantia. Ohjeessa päätettiin käyttää paljon havainnollistavia kuvia kirjoitetun tekstin lisäksi.

5.3 Havaittuja ongelmakohtia suunnittelun aikana

Monet asiat, joita on sisällytetty ohjeeseen, perustuvat tekijä omaan kokemukseen kuljetinsiltarakenteiden suunnittelusta. Työn aikana pyrittiin listaamaan asioita, jotka eivät olleet itsestään selviä vain lyhyen suunnittelukokemuksen omaavalle työntekijälle. Näiden perusteella muodostui aineistoa ohjeeseen ja sitä korostettiin suunnitteluohjeessa. Referenssiprojektissa hyödynnettiin Microsoftin One Note -alustaa, jota pystyy täydentämään reaaliaikaisena muistikirjana. Suunnittelun tukena tämän muistikirjan ylläpitäminen vaatii aikaa ja jokaisen suunnittelijan sitoutumista. Alustalle täytyisi saada rakennettua selkeä yleispätevä runko tiedon jakamiselle projektin aikana. Tällä hetkellä moni asia ilmestyy muistikirjaan projektin aikana, vaikka tämän täytyisi sisältää jo alusta alkaen projektin suunnittelun perustiedot. Tosin tämä ei ole aivan yksiselitteinen asia. Moni suunnittelun kannalta tärkeä asia täsmentyy vasta suunnittelun edetessä, eikä kaikkia asioita lyödä yleensä lukkoon projektin alkuvaiheessa.

Kuitenkin esimerkiksi tiedot vaikkapa käytettävistä materiaaleista tai profiileista voitaisiin jakaa selkeästi kaikkien suunnittelijoiden tietoon alustalla, ilman että joutuu asiaa etsimään erillisistä dokumenteista.

6 POHDINTA

Suunnitteluohjeesta syntyi yleispätevä ohje suunnittelijalle, joka ei aikaisemmin ole kuljetinsiltasuunnittelua tehnyt. Ohjetta lukemalla saa käsityksen minkälaisista rakennetta ollaan suunnittelemassa ja minkälaisia erityisvaatimuksia eri suunniteltavat asiat pitävät sisällään. Tässä suhteessa tavoitteet ohjeelle saavutettiin. Ohjeen ei ole tarkoitus olla kaiken tiedon kattava suunnittelukirja ja ohje täyttää sisällöltään tämän määritelmän. Ohje sisältää paljon havainnollistavia kuvia asioista, joita voi olla vaikeaa erottaa tekstistä. Muistilistaa voidaan hyödyntää suunnittelun aikana laadullisena dokumenttina katselmoissa suunniteltuja rakenteita ennen asiakkaalle lähettämistä. Tämä on tärkeää ja muistilista sekä ohje tulee varmasti käyttöön jatkossa uusille suunnittelijoille uusissa projekteissa.

Opinnäytetyön aihe oli hyvin laaja ja siinä suhteessa tiedon määrä valtava. Opinnäytetyö sisälsi paljon kirjoittamatonta tietoa, jota löytyy vain yrityksen sisäلتä. ARFY:llä on oma tapansa toteuttaa kuljetinsiltarakenteita ja tämä on yksi tapa suunnitella.

Tarkoitus oli kehittää ohje, jossa kerrotaan kuljetinsilta suunnittelun perusteet uudelle suunnittelijalle, jolle aihepiiri ei ole tuttu. Opinnäytetyössä selvitetiin minkälaisia rakenteita ovat kuljettimet ja suunnittelijan on hyvä ymmärtää ainakin hieman myös siitä minkä ympärille rakenteita tullaan suunnittelemaan. Opinnäytetyötä ja ohjetta lukemalla saa aiheesta hyvät perusteet haltuunsa. Opinnäytetyössä selvitetään kuljetinsiltasuunnittelun prosessin kulkua yhden projektin puitteissa ja suunnittelija saa käsityksen eri vaiheista, jotka sisältyvät suunnitteluun.

Jatkossa voisi kehittää parempaa tiedonkulkua projektien sisällä. Tähän on olemassa ohjelmia kuten esimerkiksi aikaisemmin mainittu Microsoft

OneNote, johon voisi rakentaa yleisen pohjan projektin tiedottamiselle. Detal-
jisuunnittelussa on paljon yhteisesti sovittuja asioita, jotka olisi hyvä jakaa yh-
dessä paikkaa ja josta voisi poimia suunnittelun kannalta oleellisia asioita hel-
pommin, kuin että joutuu selailemaan kansiorakenteita läpi löytääkseen tiedon
nopeasti. Jatkossa voisi suunnitella myös vastaavanlaista ohjeistusta doku-
menttien tuottamiseen sekä lähetysmallien tekemiseen. Aihepiiri on paljon ka-
peampi, joten pienellä panostuksella voisi saada toimivan ja resursseja sääs-
tävän ohjeistuksen myös tähän vaiheeseen.

LÄHTEET

AFRY Palvelut. 2023. AFRY Finland Oy. WWW-dokumentti. Päivitetty 1.1.2023. Saatavissa: <https://afry.com/fi-fi/palvelut> [viitattu 13.4.2023].

AutoCAD. 2023. Autodesk. WWW-dokumentti. Päivitetty 1.1.2023. Saatavissa: <https://www.autodesk.fi/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> [viitattu 14.4.2023].

Ongelin, P. Valkonen, I. 2012. Ruukin rakenneputket EN-1993 käsikirja. Rautaruukki Oyj.

Ongelin, P. Valkonen, I. 2016. SSAB EN-1993 käsikirja. SSAB Europe Oy. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://ssabwebsitecdn.azureedge.net/-media/files/fi/tubes-and-sections/ssab-domex-tube-rakenneputket-kasikirja-2016-eurocode3-en1993.pdf> [viitattu 14.4.2023].

Parikka, R, Mäkelä, K, Sarsama, J & Virolainen, K. 2000. Hihnakuuljettimien käytön turvallisuuden ja luotettavuuden parantaminen. VTT Technical Research Centre of Finland. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://publications.vtt.fi/pdf/tiedotteet/2000/T2036.pdf> [viitattu 14.4.2023].

Ruokonen, S. 2023. Projektipäällikkö. Sarja haastatteluja 1.2.2023 - 21.4.2023 AFRY Finland Oy.

SFS-EN 14122-2. 2016. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 3: Portaat, porrastikkaat ja suojakaiteet.

SFS-EN 14122-4. 2016. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 4: Kiinteät tikkaat.

Tekla Structures. 2023. Trimble. WWW-dokumentti. Päivitetty 1.1.2023. Saatavissa: <https://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-structures> [viitattu 6.4.2023].

KUVALUETTELO

Kuva 1. Tavanomainen kuljetinsiltarakenne	8
Kuva 2. Kuljetinsiltasuunnittelun prosessikaavio	8
Kuva 3. Navisworks 3D-lähtötietomalli kuljetinsiltasuunnitteluun.....	9
Kuva 4. Tekla Structuresiin nostettu 3D-layout referenssi.....	11
Kuva 5. Layout piirustus perustusten ja jalkojen sijainneista	12
Kuva 6. Tekla Structuresilla mallinnettu keskilinjarakenteinen laskentamalli..	13
Kuva 7. Laskentamalli muunnettuna ja tuotuna FEM-ohjelmaan.....	14
Kuva 8. Ison kuljettimen poikkileikkaus	15
Kuva 9. Pienien kuljettimien tyyppipoikkileikkaukset	16
Kuva 10. Hihnakuuljettimet rakenne	17
Kuva 11. Hihna, kourut ja rullastot.....	17
Kuva 12. Tyypillinen kuljetinsillan vetopää, johon sijoittuvat hihnakuuljettimen voimansiirto ja sitä tukeva momenttituki	18
Kuva 13. Taittopään taittorumpu palauttaa hihnan takaisin kohti vetopäätä (VTT).....	19
Kuva 14. Painovoimaisen hihnankiristimen toimintaperiaate (VTT).....	20
Kuva 15. Suunnitteluperusteet-dokumentti määrittelee suunnittelussa noudatettavat standardit, normit ja säädökset	21
Kuva 16. Esikiristettyihin pulttiliitoksiin asiakas on määritellyt käytettävän EN 14399-4 mukaisia esikiristettyjä pultteja, muttereita ja aluslevyjä.....	22
Kuva 17. Suunnitteluperusteet-dokumentti määrittelee käytettävät materiaalit	23
Kuva 18. Pysty ja vaakaristikot liitetään referenssiprojektissa pulttiliitoksiin. Kuvassa pieni kuljetinsilta moduuli, jossa hoitotaso rungon ulkopuolella	24
Kuva 19. Tyypillinen A-jalkarakenne, jonka yläpään hitsaamalla kiinnitetty vaakapalkki.....	25
Kuva 20. Suora jalkarakenne, joka on valmistettu neliön muotoisista rakenneputkista	25
Kuva 21. Kiinnityspiste jalkarakenne	26
Kuva 22. Yksi- ja kaksileikkeinen pulttiliitos.....	27
Kuva 23. Jalkojen sideliitos. Gusset-levy, johon liitetään jalkojen vinositeet ..	27
Kuva 24. Kuljetinsillan rungon pystyristikko ja moduulien päätylevyyliitokset...	29

Kuva 25. Tyypillisimmät ristikkotyypit. AFRY käyttää N-ristikkoa pystyristikoinnissa ja KT-ristikkoa vaakaristikoinnissa kuljetinsiltarakenteissa (SSAB rakenneputket käsikirja, 2016).....	30
Kuva 26. Ristikkorakenteiden eri liitostyypit. Suunnittelussa pyritään välttämään limitettyjä liitoksia	31
Kuva 27. Kuljetinsillan tuulikehä ja pulttiliitokset.....	32
Kuva 28. Jalan ja pystyristikon pinniliitos.....	33
Kuva 29. Kuljetinsillan pulttiliitoksin toteutettu vaakaristikointi.....	34
Kuva 30. Paarteen vahvistuslevy hitsataan siltapaarteen kylkeen tarvittavissa kohdin.....	34
Kuva 31. Vaakaristikon aukon toteutuksen periaatevaihtoehdot	35
Kuva 32. Ala- tai yläpaarteen jäykistys X-ristikolla	35
Kuva 33. Hoitotasojen kannatus, L-profiilit, kaiteet sekä ritilät mallinnettuina.	36
Kuva 34. Kaiteen pystyjohteen yleisdetalji.....	37
Kuva 35. Hoitotasojen kannattajien jännevälit pyritään pitää samoina koko sillan matkalla.....	38
Kuva 36. Mallinnettu jousikuormitettu itsestään sulkeutuva portti.....	39
Kuva 37. Kaapelihyllyjen kannatusorret suunniteltiin referenssiprojektissa erillisinä pultattuina kokoonpanoina.....	40
Kuva 38. Tikkaat pyritään suunnittelemaan sivulle poistuttavaksi	41
Kuva 39. Puolien muoto standardin SFS EN 14122-4 mukaisesti.....	41
Kuva 40. Tikkailta poistuminen ja suorien pystyjohteiden leveyden rajoitukset standardin EN 14122-4 mukaan.....	42
Kuva 41. Pitemmät tikasjaksot pyritään suunnittelemaan jalan suuntaisiksi ..	42
Kuva 42. Suunnitteluohjeen sisällysluettelo ja rakenne	44
Kuva 43. Jokaisen rakenneosan lopussa on yhteenveto osiosta	45
Kuva 44. Ohjeeseen rakennettiin tarkistuslista suunnittelijan tueksi, jota voidaan hyödyntää laadunvarmistuksessa ja katselmoinneissa	46

LIITTEET

Liite 1 Kuljetinrakenteiden suunnitteluohje