

**KAVAMET OY LISÄLAAJENNUKSEN TERÄSRAKEN-
TEEN ESISUUNNITTELU**

Pekkala, Jani

Opinnäytetyö

Konetekniikka
Insinööri (AMK)

2024

Konetekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Jani Pekkala	Vuosi	2024
Ohjaaja(t)	TkT, Ari Pikkarainen		
Toimeksiantaja	Kavamet Oy		
Työn nimi	Kavamet Oy lisälaajennuksen	teräsrakenteen	
	esisuunnittelu		
Sivumäärä	46 + 0		

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä Kavamet Oy:n lisälaajennuksen teräsrakenteiden esisuunnittelu. Kavamet Oy:lle oli tehty luonnos pohjapiirustuksista vuonna 2010, joita tulisi hyödyntämään tässä opinnäytetyössä.

Opinnäytetyössä käytettiin tutkimuskysymyksiä: mikä tulee olemaan lisälaajennuksen toteutusluokka ja miten Tekla Structures -ohjelmistoa voidaan hyödyntää teräsrakenteiden suunnittelemisessa? Lisäksi opinnäytetyössä kartoitettiin alustavasti kysymystä mikä on pääsääntöinen materiaali lisälaajennuksen teräsrakennelmissa? Opinnäytetyön menetelmänä käytettiin toiminnallista opinnäytetyötä. Aineistona käytettiin omaa ja työkollegoiden kokemusta, standardeja, määryksiä ja kirjallisuuslähteitä.

Tämän opinnäytetyön tuloksina tehtiin tietopohjaa tulevaa lisälaajennusta varten, kuten hyödyt ja haitat, mitä standardeja pitää ottaa huomioon laajennusta suunniteltaessa, minkälaista materiaalia käytetään ja 3D-malli teräsrakennelmasta.

Lisälaajennukselle ei ole ennen tätä tehty muuta kuin luonnos teräsrakennelmista, joten opinnäytetyö helpottaa Kavamet Oy yrityksen omistajaa näkemään, minkälaisia asioita lisälaajennuksessa pitää ottaa huomioon, kun sitä aletaan rakentamaan tulevaisuudessa.

Avainsanat

teräsrakenteet, teräsrakennesuunnittelu, tekla structures, laajentaminen, konepajat

Mechanical Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Jani Pekkala	Year	2024
Supervisor(s)	Ari Pikkarainen, D.Sc. (tech.)		
Commissioned by	Kavamet Oy		
Title	Kavamet Oy's preliminary steel structure design for expansion		
Number of pages	46 + 0		

The purpose of this thesis was to conduct preliminary design for the steel structures of an extension for Kavamet Oy. A draft of the floor plans for Kavamet Oy had been created in 2010, which was utilized in this thesis.

The thesis addressed research questions: what will be the execution class of the expansion and how can Tekla Structures software be utilized in designing steel structures? Additionally, the thesis preliminarily explored the question: what is the primary material for the steel structures of the expansion? The method employed in the thesis was functional thesis work. The material used for this thesis was from personal and colleagues' experience, standards, regulations and literature sources.

The outcome of this thesis included establishing a knowledge base for the future expansion, covering the advantages and disadvantages, which standards must be considered when planning the expansion, the type of material to be used and a 3D model of the steel structure.

Prior to this thesis, only a draft of the steel structures had been created for the expansion. Therefore, the thesis facilitates Kavamet Oy's owner in understanding the aspects to consider for the expansion's construction in the future.

Keywords steel structures, steel structure design, tekla structures, expansion, workshops

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	KAVAMET OY	9
2.1	Tunnuslukuja	9
2.2	Suurin projekti.....	9
3	TERÄSRAKENTEIDEN SUUNNITTELU	11
3.1	Yleiset suunnitteluperusteet.....	11
3.2	Liitokset	11
3.3	Kuormitukset.....	13
3.3.1	Hyötykuorma	14
3.3.2	Palokuorma	15
3.3.3	Lumikuorma.....	15
3.3.4	Tuulikuorma.....	17
3.4	Palosuojaus	18
3.5	Teräs materiaalina.....	19
3.6	Teräsrakenteiden luokitus.....	20
4	SUUNNITTELUTYÖ	24
4.1	Tekla Structures -ohjelmisto	24
4.2	Lähtökohta.....	24
4.3	Toteutus.....	26
4.4	Tuotteen kulku	27
4.5	Hyödyt ja haitat.....	28
5	LISÄLAAJENNUKSEN SUUNNITTELU	30
5.1	Laajennuksen mitat.....	30
5.2	Materiaalin valinta.....	31
5.3	Teräsrakenne kuvat.....	32
5.3.1	3D-renderöinti teräsrakenteesta	32
5.3.2	Ristikkorakenne	33
5.3.3	Katto- ja seinäsiteet	34
5.3.4	Pilarit	37
5.3.5	Levy- ja liitososat	38
6	YHTEENVETO	42

7 POHDINTA.....	43
LÄHTEET.....	44

ALKUSANAT

Tahdon kiittää Kavamet Oy:tä ja Kimmo Liljamaata mielenkiintoisesta aiheesta, sekä kaikesta tuesta ja opista mitä olen työhön saanut, niin Kimmolta, kuin myös työkollegoiltani. Haluan kiittää myös Ari Pikkaraista, joka toimi Lapin AMK puolesta ohjaajana opinnäytetyössä. Suuret kiitokset haluan myös antaa perheelleni ja Roopelle loputtomasta kannustamisesta opinnäytetyössä.

Simo 23.2.2024

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Simo', written in a cursive style.

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

MPa	megapascal
IFC	issued for construction
BIM	building information modeling
HEB	leveälaippapalkki
PL	plate
RHS	rectangular hollow sections

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Kavamet Oy. Opinnäytetyön tarkoituksena ja tavoitteena on tehdä Kavamet Oy konepajalle tulevaa lisälaajennusta varten alustavat teräsrakennekuvat.

Teräsrakenteet ovat olennainen osa nykyaikaista rakennustekniikkaa, takamalla kestävyyttä ja joustavuutta erilaisissa käyttöympäristöissä. Kavamet Oy:n valinta panostaa teräsrakenteisiin lisälaajennuksessaan ei ole pelkästään tekninen ratkaisu, vaan se heijastaa myös yrityksen sitoutumista laatuun, kestävyyteen, innovaatioon ja kasvuun. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tarkastella, miten Tekla Structures -ohjelmisto tukee teräsrakenteiden suunnittelua Kavamet Oy:n lisälaajennuksessa, sekä mitä etuja ja haasteita tämä valinta tuo mukanaan.

Tekla Structures -ohjelmistoa tullaan käyttämään visuaalisesti houkuttelevien ja teknisesti tarkkojen teräsrakennelmakuvien luomiseen. Tämä opinnäytetyö tullaan näin ollen myös pitämään itsereflektiivisenä harjoituksena.

Opinnäytetyössä käydään läpi Kavamet Oy:n lisälaajennuksen teräsrakenteiden suunnitteluprosessin vaiheet, keskittyen erityisesti Tekla Structures -ohjelmiston käyttöön. Opinnäytetyössä ei tehdä lujuuslaskelmia, koska tämä on vasta ensimmäinen versio lisälaajennuksesta, joten teräsrakennelmat tulevat muuttumaan vielä. Opinnäytetyön tavoitteena on tarjota paitsi syvälinen kuvaus Kavamet Oy:n hankkeesta, kuin myös käytännön oivalluksia ja ohjeita teräsrakenteiden suunnitteluun.

Opinnäytetyön tavoitteena on avata keskustelua siitä, miten Tekla Structures ja vastaavat ohjelmistot voivat tehokkaasti tukea teräsrakenteiden suunnittelutyötä ja mitä oppia tämä tuo tulevaisuuden rakennusprojekteille. Kavamet Oy:n lisälaajennuksen teräsrakennelmat toimivat tässä opinnäytetyössä konkreettisenä esimerkkinä, mutta samalla pyrkien tarjoamaan yleispäteviä näkökulmia ja oppeja teräsrakenteiden suunnittelusta ohjelmistotyökalujen ja standardien avulla.

2 KAVAMET OY

Kavamet Oy konepaja on torniolainen metallialan asiantuntija yritys, joka on palvellut asiakkaitaan intohimolla ja ammattitaidolla jo vuodesta 1984 asti. Kavamet Oy:n toiminnan keskiössä on tarjota laadukkaita teräsrunkorakenteita ja erilaisia konepajatuotteita, jotka vastaavat asiakkaan vaativiinkin standardeihin ja tarpeisiin. (Kavamet 2024.)

Teräsrunkorakenteiden valmistajana Kavamet Oy tuottaa erilaisia tuotteita, kuten teollisuushalleja, putkisiltoja sekä mineraalikuljettimia. Kavamet Oy:llä on käytössään nykyaikaiset ja huippuluokan hitsauslaitteet, saha- ja plasma/kaasukoneet, joilla saadaan aikaiseksi tarkat ja viimeistellyt teräsosat. Asiakaslähtöisyys on Kavamet Oy:llä ollut aina toiminnan kulmakivi. Kavamet Oy:n työntekijät ymmärtävät jokaisen projektin olevan ainutlaatuinen ja siksi yritys panostaa avoimeen yhteistyöhön asiakkaidensa kanssa. Tavoitteena on varmistaa, että tarjoamat teräsratkaisut vastaavat täysin asiakkaiden odotuksia. Kavamet Oy:llä on käytössään monta erilaista standardia, jotka takaavat laadun, kuten ”EN ISO 3834-2 hitsauksen laatujärjestelmä sertifikaatti” ja ”ISO 9001:2015 laatujärjestelmä sertifikaatti”. Kavamet Oy:llä on myös CE-merkintä oikeus EN1090-2 standardin mukainen sertifikaatti, joka oikeuttaa toteutusluokat EXC1, EXC2 ja EXC3:sen mukaisesti. (Kavamet 2024.)

2.1 Tunnuslukuja

Kavamet Oy:llä työskentelee yhteensä noin 50 ihmistä, niin Tornion konepajalla, kuin myös asennustyömailla. Kavamet Oy:llä liikevaihto on kasvanut vuodesta 2019 10,7 miljoonasta 18,3 miljoonaan kolmessa vuodessa (Fonecta Finder 2024).

2.2 Suurin projekti

Kavamet Oy:n suurin projekti tapahtui vuonna 2022, kun yritys teki Metsä Fibrelle putkisillat Kemissä sijaitsevalle uudelle biotuotetehtaalle. Tähän projektiin kuului noin 4500 tonnia terästä ja putkisillat ovat noin 4 kilometrin pituiset (Paasikangas

2023). Kuviossa 1 näkyy yksi kokonainen putkisillan osio, joita valmistettiin 203 kappaletta.



Kuvio 1. Putkisillan asennus (Paasikangas 2023)

3 TERÄSRAKENTEIDEN SUUNNITTELU

3.1 Yleiset suunnitteluperusteet

Teräsrakenteiden suunnittelussa keskeisiä tehtäviä ovat rungon valinta, liikunta-saumojen paikkojen määrittäminen, rakenteiden kokonaistarkastelu, rakenneosien mitoitus, liitosten suunnittelu, rakenteiden jäykistämisen suunnittelu sekä korroosion estäminen, pintakäsittelyjen ja palosuojauksen suunnittelu. Rungon valinnassa huomioidaan runkojärjestelmä, päämitat, liitostavat ja käytettävät materiaalit, mikä vaikuttaa rakennuksen taloudellisuuteen ja toiminnallisuuteen. Lisäksi otetaan huomioon perustamis- ja ympäristöolosuhteet, rakennusaika, laajennustarve, konepajavalmistus, kuljetukset, asennustyö ja mahdolliset käyttötarkoituksen muutostarpeet. Mitoitettaessa rakenneosia ja suunniteltaessa liitoksia painotetaan taloudellisuutta, kuormien aiheuttamia rasituksia, muodonmuutoksia, palonkestävyyttä, konepajavalmistusta, korroosionestoa, pintakäsittelyjä sekä kuljetus- ja asennusvaatimuksia. Suunnitteluperiaatteisiin kuuluvat turvallisuus, luotettavuus, taloudellisuus ja esteettisyys. Kokonaisvaltainen suunnittelu edellyttää tarkkaa analyysia, laskentaa sekä alan standardien noudattamista. Ulkoiset voimat, kuten tuuli, lumi ja muut kuormat, otetaan huomioon vakauden varmistamiseksi. Poikkileikkauksen muoto, materiaalin lujuus ja mitat vaikuttavat olennaisesti suunnittelun onnistumiseen. Tavoitteena on luoda turvallinen, kestävä ja visuaalisesti vaikuttava rakennus. (Tiainen & Papula 2020, 41; Havit Steel 2024b.)

3.2 Liitokset

Teräsrakenteiden liittämisessä käytettävän liitosmenetelmän valinta on kriittinen päätös ja siinä on huomioitava useita tekijöitä. Kaksi keskeistä liitostapaa ovat hitsaus- ja pulttiliitokset. Suunnittelijan on tarkasti harkittava näiden kahden menetelmän välillä ottaen huomioon rakennusprosessi, kustannukset ja lopputuotteen laatu.

Hitsausliitoksilla tarkoitetaan menetelmää, jossa kaksi tai useampaa teräsosaa yhdistetään kuumentamalla kosketuspinnat ja hitsaamalla ne yhdeksi raken-

teeksi. Useimmissa hitsausmenetelmissä käytetään lisäaineita. Yleisimmät hitsausmenetelmät teräsrakenteissa ovat manuaalinen metallikaarihitsaus (MMA), puoliautomaattinen kaasumetallikaarihitsaus (MIG/MAG) ja täysin automaattinen jauhekaarihitsaus lankaelektrodilla. Hitsausliitokset asettavat korkeat laatuvaatimukset ja niiden toteutusta säännellään eurokoodeissa ja EN 1090-2 -standardissa. (BE Group 2020, 26.)

Toisaalta ruuviliitokset koostuvat ruuveista, muttereista, mahdollisista aluslevyistä ja ympäröivästä materiaalista. Ruuviliitoksissa voima siirtyy liitettyjen rakenneosien välillä joko ruuvin pituussuunnassa tai kohtisuorassa ruuvia vasten. Työntöliitoksissa voima siirtyy paineen vuoksi ruuvinreiän reunoihin, kun taas kitkaliitoksissa voima siirretään kitkan avulla liitettyjen osien välillä. Ruuviliitoksia koskevat standardit on määritelty EN 1090-2 -standardissa. (BE Group 2020, 27.) Kuviossa 2 esitetään tyypillinen ruuviliitos teräspalkeille.



Kuvio 2. Pulttiliitos teräsristikosta

Suunnittelijan päätöksellä valitaan optimaalinen liitostapa ja tämä valinta vaikuttaa merkittävästi koko tuotantoketjuun ja lopputulokseen. Tietokoneohjelmat voivat olla avuksi suunnitteluprosessissa, joilla voidaan tarkistaa kaikki liitoksen valintaan vaikuttavat tekijät. Yleinen periaate teräsrakentajilla on hitsata konepajalla ja liittää rakennustyömaalla. Tämä lähestymistapa mahdollistaa vakioprofiilien valmistamisen työpajassa hitsaamalla jalkapellit, saumapellit, kannattimet ja muut kiinnitysosat valmiiksi. Rakennustyömaalla kokoonpano sujuu nopeammin ruuviliitosten avulla, kompensoimalla työpajalla tehtävien valmistelujen kustannukset. (BE Group 2020, 26–27.)

3.3 Kuormitukset

Rakennushankkeen toteuttajan ensisijainen velvollisuus on varmistaa, että suunniteltu ja rakennettu rakennus täyttää korkeimmat laatu- ja turvallisuusvaatimukset. Tämä edellyttää huolellista suunnittelua ja toteutusta, erityisesti kun kyseessä ovat rakennuksen kantavat rakenteet. Rakennuksen on oltava lujarakenteinen, vakaa ja soveltua optimaalisesti rakennuspaikan olosuhteisiin, taaten samalla kestävyuden koko suunnitellun käyttöiän ajan. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132 § 17:117.)

Kantavien rakenteiden suunnittelu ja mitoitus edellyttävät pohjautumista rakenteiden mekaniikan periaatteisiin ja yleisesti hyväksytyihin suunnittelukriteereihin. Tämä voi sisältää luotettavia koetuloksia tai muita käytettävissä olevia tietoja. Rakennustuotteiden valinnassa on kiinnitettävä erityistä huomiota niiden sopivuuteen rakenteiden lujuuden ja vakauden kannalta. Rakennuksen suunnittelussa ja rakentamisessa on otettava huomioon sekä rakentamisen että käytön aikana kohdistuva kuormitus. Tavoitteena on estää mahdolliset sortumiset, muodonmuutokset tai vauriot rakennuksen rakenteissa, osissa, laitteissa ja kiinteissä varusteissa. Lisäksi on tärkeää suunnitella rakennus siten, että ulkoisista syistä aiheutuva vaurio ei ole suhteettoman suuri verrattuna vaurion aiheuttaneeseen tapahtumaan. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132 § 17:117.)

Ympäristöministeriön asetuksilla voidaan antaa tarkempia säännöksiä uuden rakennuksen rakentamisesta, rakennuksen korjaus- ja muutostyöstä sekä raken-

nuksen käyttötarkoituksen muutoksesta. Nämä säännökset kattavat muun muassa rakenteiden lujuuden ja vakaudesta asetettavat vaatimukset, kantavien rakenteiden suunnittelun ja mitoituksen, rakentamisen ja käytön aikaiset kuormitukset sekä kantavissa rakenteissa käytettävät rakennustuotteet. Näiden säännösten noudattaminen on olennaisen tärkeää, jotta voidaan varmistaa rakennuksen turvallisuus ja kestävyys kaikissa olosuhteissa. Yleisesti ottaen rakenteisiin kohdistuvat kuormitukset määritellään taulukon 1 standardisarjan SFS-EN 1991 osien ja ympäristöministeriön ohjeiden mukaisesti. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132 § 17:117; SFS-EN 1991-1-1 + AC 2002.)

Taulukko 1. Standardit kuormien määrittämiselle (Ongelin & Valkonen 2016, 383)

Standardit kuormien määrittämiselle	
Kuorman tyyppi	Standardi
Rakenteiden kuormat	SFS-EN 1991-1-1
Palolle altistettujen rakenteiden rasitukset	SFS-EN 1991-1-2
Lumikuormat	SFS-EN 1991-1-3
Tuulikuormat	SFS-EN 1991-1-4
Lämpötilakuormat	SFS-EN 1991-1-5
Toteuttamisen aikaiset kuormat	SFS-EN 1991-1-6
Onnettomuuskuormat	SFS-EN 1991-1-7
Siltojen liikennekuormat	SFS-EN 1991-2
Nostureiden ja muista koneista aiheutuvat kuormat	SFS-EN 1991-3
Siilot ja säiliöt	SFS-EN 1991-4

3.3.1 Hyötykuorma

Oleskelukuorma, kokoontumiskuorma, tungoskuorma ja tavarakuorma ovat esimerkkejä hyötykuormista, jotka voivat vaikuttaa rakenteisiin eri tavoin, kuten pinta-, piste- ja viivakuormina. Näiden kuormien odotetaan vaikuttavan rakennukseen sen jälkeen, kun se on otettu käyttöön suunniteltuun tarkoitukseensa. Ra-

kentämisen aikana rakenteille kohdistuvat kuormat muodostavat myös osan hyötykuormasta. On tärkeää huomata, että näitä kuormia on arvioitava ja otettava huomioon suunnitteluprosessissa varmistaaksemme rakennuksen kestävyys- ja turvallisuuden pitkällä aikavälillä. (SFS-EN 1991-1-1 + AC 2002.)

3.3.2 Palokuorma

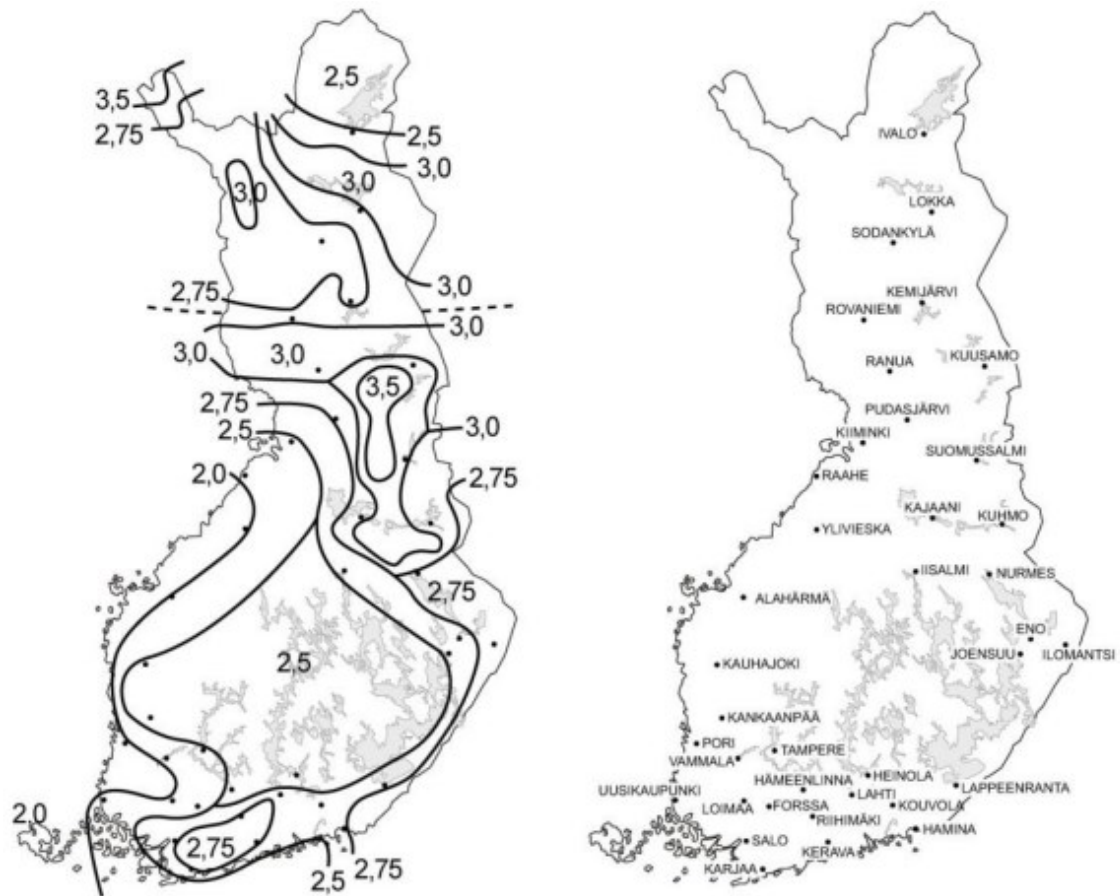
SFS-EN 1991-1-2 Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1–2: Yleiset kuormat standardin mukaan palolle altistettujen rakenteiden rasitukset muodostavat olennaisen suunnittelukehyyksen teräsrakenteiden tulipalokuormituksia koskevassa suunnittelussa. Standardi antaa suosituksia ja laskentaperusteita, jotka ohjaavat suunnittelijoita varmistamaan teräsrakenteiden turvallisuuden ja kestävyys- tulipalon vaikutuksissa. Keskeinen osa standardin ohjeistusta on tulipalokuormituksen systemaattinen arviointi. Suunnittelijat voivat käyttää standardin määrittelemiä menetelmiä ja perusteita tunnistukseen tulipalossa syntyvät kuormitukset, mikä mahdollistaa rakenteiden riittävän kestävyys- ja vakauden suunnittelussa palon aikana. (SFS-EN 1991-1-2 + AC 2003.)

Standardi ei rajoitu vain tulipalokuormituksen arviointiin, vaan antaa myös ohjeita palonkestävyyden varmistamiseksi. Tämä sisältää suositukset palonkestävien materiaalien valintaan ja oikeanlaiseen käyttöön rakenteissa. Lisäksi standardi ohjaa suunnittelijoita minimoimaan palovahinkoja ja antaa suosituksia palovahinkojen jälkeisiin korjaustoimenpiteisiin. Näin varmistetaan, että teräsrakenne voidaan palauttaa tehokkaasti toimintakuntoon tulipalon jälkeen. (SFS-EN 1991-1-2 + AC 2003.)

3.3.3 Lumikuorma

SFS-EN 1991-1-3 Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1–3: Yleiset kuormat. Lumikuormat on osa Eurocode -standardisarjaa, joka mahdollistaa ohjeet rakennusten lumikuormien huomioimiseksi suunnittelussa. Lumikuormat ovat merkittävä tekijä rakennusten kuormitusarvioinnissa erityisesti alueilla, joissa lunta kertyy runsaasti. Suunnittelun kannalta on tärkeää seurata joitain avainvaiheita standardin käyttämisessä teräsrakennesuunnittelussa lumikuormien osalta. (SFS-EN 1991-1-3 + AC + A1 2015.)

Standardi antaa ohjeet alueellisten lumikuormien määrittämiseksi, ottaen huomioon lumen kerääntymisen paksuuden ja tiheyden. Tämä tieto on olennainen rakenteiden mitoituksessa. Lisäksi standardi mahdollistaa suosituksia erilaisten lumikuorman muotojen, kuten tasaisen kuorman, kulmikkaan kuorman ja erityisolosuhteista johtuvan kuorman tunnistamiseksi. Rakennukset jaetaan eri käyttöluokkiin, kuten asuin-, liike- ja teollisuusrakennuksiin, joilla voi olla erilaiset lumikuormat ja määräykset. Teräsrakenteiden suunnittelussa on otettava huomioon myös rakennuksen muoto, kaltevuus, kattojen ominaisuudet ja muut tekijät, jotka voivat vaikuttaa lumikuormiin. Turvallisuustekijöiden avulla varmistetaan, että suunnitellut rakenteet ovat riittävän turvallisia kaikissa olosuhteissa. Kuviossa 2 esitetään lumen vähimmäisominaisarvot maan pinnalla eri paikoissa Suomea. (SFS-EN 1991-1-3 + AC + A1 2015.)



Kuvio 3. Ympäristöministeriön asettamat lumen ominaisarvot maan pinnalla (Ympäristöministeriö 2016, 16)

3.3.4 Tuulikuorma

SFS-EN 1991-1-4 Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1–4: Yleiset kuormat. Tuulikuormat on Euroopan standardi, joka esittää ohjeistusta rakennusten kuormitusten laskemiseen, erityisesti keskittyen tuulikuormiin. Standardi määrittelee tarkasti tuulen aiheuttamat kuormat eri tilanteissa, kuten tuulen nopeuden, paineen ja muiden tekijöiden perusteella kuten maaston tyyppin mukaan. Nämä ovat esitetty taulukossa 2. Näiden tietojen avulla suunnittelija voi arvioida rakenteen altistumista tuulelle eri olosuhteissa. Lisäksi standardi sisältää suunnittelukäyriä, jotka tarjoavat tietoa tuulen vaikutuksista eri korkeuksilla ja eri rakennustyypeillä. Suunnittelijan on myös yhdistettävä tuulikuormat muihin rakenteen kuormiin, kuten lumikuormiin ja lämpötilakuormiin. Standardi antaa selkeät ohjeet näiden eri kuormien yhdistämisestä, jotta saadaan kattava kuva rakenteen kuormitustilanteesta. Turvallisuustekijät ovat olennainen osa eurokoodia ja ne on otettava huomioon suunnittelussa. Nämä tekijät varmistavat, että suunnitellut teräsrakenteet ovat riittävän vahvoja ja turvallisia erilaisissa kuormitustilanteissa. (SFS-EN 1991-1-4 + AC + A1 2011; Ongelin & Valkonen 2016, 388.)

Taulukko 2. Tuulikuormien maastoluokka (Ongelin & Valkonen 2016, 390)

Maastoluokka	Maastoluokan kuvaus
0	Avomeri tai merelle avoin rannikko
I	Järvet tai tasanko, jolla on vähäistä kasvillisuutta eikä tuuliesteitä
II	Alue, jolla on matalaa heinää tai siihen verrattavaa kasvillisuutta ja erillisiä esteitä (puita, rakennuksia), joiden etäisyys toisistaan on vähintään 20 kertaa esteen korkeus
III	Alueet, joilla on säännöllinen kasvipeite tai rakennuksia tai erillisiä tuuliesteitä, joiden keskinäinen etäisyys on enintään 20 kertaa esteen korkeus (kuten kylät, taajamat, pysyvä metsä)
IV	Alueet, joiden pinta-alasta vähintään 15 % on rakennusten peitossa ja niiden keskimääräinen korkeus ylittää 15 m

3.4 Palosuojaus

Palosuojamaalit toimivat laajentamalla tulipalon aiheuttamasta lämmöstä, luoden teräsrakenteelle eristekerroksen, joka hidastaa lämpötilan nousua. Laajentuminen alkaa noin 200°C lämpötilassa ja voi olla jopa 40–60 kertaa maalikalvon paksuuden verran. Esimerkiksi 1 mm maalikalvo voi paisua keskimäärin 50 mm paksuiseksi kerrokseksi, antaen vahvan suojan rakenteelle lämpöä vastaan. (Teräsrakenneyhdistys 2017.) Kuvio 4 antaa kuvan palosuojamaalatuista teräksistä.



Kuvio 4. Palosuojattuja teräsrakenteita (Teräsrakenneyhdistys 2017, 1)

Rakenteen suunnitteluvaiheessa on tärkeää huomioida mahdollisuus saavuttaa vaadittu palonkestävyys palosuojamaalauksen avulla. Olennaisia tekijöitä ovat rakenneosien poikkileikkaukset ja riittävä ainevahvuus, joka tulisi olla yli 5 mm. Palosuojamaalijärjestelmän valinnassa on otettava huomioon rakennuksen käyttötarkoitus, ympäristön rasisluokka sekä kuljetus- ja asennusaikaiset sääolosuhteet. (Teräsrakenneyhdistys 2017.)

Työmaalla tehtävät hitsaukset vaativat asianmukaista suojausta, jotta palosuojamaali ei altistu reaktioille työn aikana. Hitsatut alueet tulee puhdistaa ja käsitellä palosuojamaalilla työmaalla käytetyn maalausjärjestelmän mukaisesti. Lisäksi

kuljetukset ja nostot voivat aiheuttaa vaurioita maalipinnoille, joten paikkamaalaus on suoritettava välittömästi asennuksen jälkeen. Vaikka paikkamaalatut alueet voivat erottua muusta maalauspinnoista, maalaus asennuspaikalla soveltuu erityisen hyvin rakenteille, joissa on paljon asennushitsiliitoksia. Oikein ajoitettuna maalaus voidaan suorittaa kerralla kuntoon ilman erillistä paikkamaalusta, mikä selkeyttää vastuunjakoa. Palosuojamaalaus asennuspaikalla soveltuu erityisesti visuaalisesti tärkeiden osien maalaamiseen. Tämän prosessin toteuttamiseen on varattava riittävästi aikaa ja otettava huomioon sopivat olosuhteet työmaan aikataulussa. Palosuojamaalaus tulee suorittaa ja tarkastaa ennen muita asennuksia, jotka saattavat häiritä tai vaikuttaa haitallisesti maalaustöihin. (Teräsrakenneyhdistys 2017.)

3.5 Teräs materiaalina

Teräs on erittäin merkittävä ja laajasti käytetty rakennusmateriaali monipuolisten ominaisuuksiensa ansiosta. Sen huomattava lujuus erottaa sen selvästi muista rakennusmateriaaleista, kuten tiilestä, puusta ja betonista. Tämä erityispiirre mahdollistaa innovatiivisen ja kunnianhimoisen arkkitehtuurin suunnittelun. Teräksen mekaanisia ominaisuuksia voidaan merkittävästi säädellä muokkaamalla sen koostumusta ja valmistusprosessia. Yleisesti käytössä olevat rakenneteräkset tarjoavat myötölujuuksia 275–460 MPa:n välillä, kun taas suurlujuusteräkset voivat saavuttaa jopa 1300 MPa. Lisäksi teräs on sitkeä ja helposti muunneltavissa oleva materiaali. Lukuisat teräslajit ovat tulleet käyttöön viimeisten 20–30 vuoden aikana, mikä osoittaa teräksen jatkuvaa kehitystä ja sopeutumista erilaisiin rakennustarpeisiin. (Teräsrakenneyhdistys 2024b.)

Maailman eniten käytetty metalli löytää merkittävimmän käyttökohteensa rakentamisessa ja infrastruktuurissa. Terästä käytetään laajasti kaikissa rakennusvaiheissa: perustuksista ja kantavista rungoista aina betonin vahvistamiseen ja monenlaisiin kiinnikkeisiin. Teräksen etuja rakennusmateriaalina ovat sen keveys ja lujuus, mikä mahdollistaa erinomaisen lujuus-painosuhteen. Lisäksi teräs tarjoaa pienet rakennemitat, helppouden liitoksissa ja kiinnikkeissä, sekä mahdollistaa pitkät jännevälit, suuret avoimet tilat ja hyvän muuntojoustavuuden. (Teräsrakenneyhdistys 2024b.)

Teräs on myös kestävä ja pitkäikäinen materiaali, joka voidaan valmistaa halutuilla ominaisuuksilla. Se ei reagoi merkittävästi kosteuden vaihteluihin, on palamatonta ja korroosionkestävää. Rakentamisessa teräksen käyttö on nopeaa ja tehokasta, kun valmiiksi esivalmistetut kokoonpanot voidaan asentaa työmaalla. Teräsmateriaalin helppo uudelleenkäyttö ja kierrätys tekevät siitä myös ympäristöystävällisen valinnan. (Teräsrakenneyhdistys 2024b.)

3.6 Teräsrakenteiden luokitus

Teräsrakenteiden luokittelu hankkeen lähtötietojen mukaisesti on olennainen osa suunnitteluprosessia, jonka tarkoituksena on varmistaa suunnittelun ja toteutuksen korkea laatu sekä rakenteiden luotettavuus. Luokittelu kattaa useita näkökulmia kuten toteutusluokan, seuraamusluokan, laatuluokan ja luotettavuusluokan. Tämä monitasoinen luokittelu mahdollistaa tarkan suunnittelun ja toteutuksen vaatimusten määrittämisen kullekin rakenteelle.

Toteutusluokka määrittelee rakenteen valmistuksen ja hitsauksen laadun sekä tarvittavat testaukset. Seuraamusluokka puolestaan liittyy rakenteen käyttötarkoitukseen ja määrittää, millaisia seuraamuksia mahdollisesta epäonnistumisesta voi aiheutua. Laatuluokka asettaa vaatimukset rakenteen yksityiskohtaiselle suunnittelulle ja valmistukselle, varmistaen siten korkean laadun. (SFS-EN 1090-2 + A1 2012.)

Luotettavuusluokka on keskeinen tekijä, kun tavoitteena on varman ja turvallisen suunnittelun sekä toteuttamisen takaaminen. Luotettavuusluokka liittyy rakenteen suorituskykyyn ja turvallisuuteen erilaisissa olosuhteissa. Suunnittelijan vastuulla on varmistaa, että teräsrakenteet täyttävät nämä luokittelun vaatimukset. Lisäksi suunnittelija on velvollinen määrittelemään rakenteelle suunnitellun käyttöiän. Tämä asettaa suunnittelulle haasteita, sillä rakenteet on suunniteltava kestämään tämä määritelty ajanjakso toimintakuntoisina. Tavanomaisesti tehdasympäristössä teräsrakenteiden suunniteltuna käyttöikäenä käytetään 50:tä vuotta. Tämä edellyttää huolellista suunnittelua ja materiaalien valintaa, jotta rakenteet säilyvät tehokkaina ja turvallisina koko suunnitellun käyttöiän ajan. (Teräsrakenneyhdistys 2024a.)

Toteutusluokka valitaan noudattaen standardia SFS-EN 1993-1-1 ja siihen liittyvää kansallista liitettä. Tämä standardi ja sen liite antavat kehyksen teräsrakenteiden toteutusluokan määrittelylle. Toteutusluokka jaetaan rakenteiden vaatimuksen perusteella neljään eri luokkaan. Nämä luokat ovat EXC1, EXC2, EXC3 ja EXC4 (Ympäristöministeriö 2019, 6). Taulukoita 3–7 hyödynnetään, kun aletaan valitsemaan toteutusluokkaa teräsrakenteille.

Teräsrakennelmat jaotellaan neljään toteutusluokkaa, jotka ovat kytköksissä rakenteen seuraamus ja luotettavuusluokkaan, valinta tehdään taulukon 3 mukaisesti rakenteen tai sen osan luotettavuus tai seuraamusluokan perusteella. (Tiainen & Papula 2020, 76.)

Taulukko 3. Toteutusluokan (EXC) valinta (Tiainen & Papula 2020, 76)

Toteutusluokan valinta		
Luotettavuusluokka (RC) tai Seuraamusluokka (CC)	Kuormituksen tyyppi	
	Staattinen, kvasi- taattinen tai seismi- nen DCL	Väsyttävä tai seismi- nen DCM tai DCH
RC3 / CC3	EXC3	EXC3
RC2 / CC2	EXC2	EXC3
RC1 / CC1	EXC1	EXC2
Seismiset sitkeysluokat: Matala = DCL; keskimääräinen = DCM; korkea = DCH Toteutusluokka EXC4 voidaan esittää rakenteille, joiden rakenteellinen vaurio voi aiheuttaa äärimmäiset seuraamukset		

Luotettavuuden tasoluokitusta varten voidaan määritellä taulukon 4 mukaiset seuraamusluokat (CC) tarkastelemalla rakenteen vaurion tai vian seuraamuksia (SFS-EN 1990 + A1 + AC 2006, 136).

Taulukko 4. Seuraamusluokkien määrittely (SFS-EN 1990 + A1 + AC 2006, 136)

Seuraamusluokkien määrittely	Kuvaus	Rakennuksia sekä maa- ja vesirakennuskohteita koskevia esimerkkejä
CC3	Suuret seuraamukset hengenmenetysten tai hyvin suurten taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Pääkatsomot; julkiset rakennukset, joissa vaurion seuraamukset ovat suuret (esim. konserttitalo)
CC2	Keskisuuret seuraamukset hengenmenetysten tai merkittävien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Asuin- ja liikerakennukset; julkiset rakennukset, joissa vaurion seuraamukset ovat keskisuuret (esim. toimistorakennus)
CC1	Vähäiset seuraamukset hengenmenetysten tai pienten tai merkityksettömien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Maa- ja metsätalousrakennukset, joissa ei yleensä oleskele ihmisiä (esim. varastorakennukset), kasvihuoneet

Käyttöluokka määritellään käyttöön liittyvien riskitekijöiden perusteella. Kyseiset riskit johtuvat todennäköisesti rakenteeseen tai sen osiin kohdistuvista kuormista ja kokoonpanojen jännitystasojen suhteesta, erityisesti niiden kestävyyskäytön tai asennuksen aikana (taulukko 5). (Hyvönen 2010, 6.)

Taulukko 5. Käyttöluokille ehdotettavat kriteerit (SFS-EN 1090-2 + A1 2012, 103)

Kriteerit käyttöluokille	
Luokka	Kriteerit
SC1	Rakenteet ja rakenneosat, jotka on suunniteltu vain staattisille kuormille
SC2	Rakenteet ja rakenneosat, jotka on suunniteltu väsytkuormille standardin EN 1993 mukaan. Rakenneosat, joka on suunniteltu maanjäristysvoimille standardin EN 1998-1 mukaan

Luokkaa SC1 käytetään tapauksille, jotka eivät kuulu luokkaan SC2

Tuotantoluokka määritellään tuotantoon liittyvien riskitekijöiden perusteella. Näitä riskejä ilmenee rakenteen tai sen osien monimutkaisuudesta, esimerkiksi tiettyjen tekniikoiden, menetelmien tai tarkastusten käytön takia (taulukko 6). (Hyvönen 2010, 6.)

Taulukko 6. Tuotantoluokille ehdotettavat kriteerit (SFS-EN 1090-2 + A1 2012, 103)

Kriteerit tuotantoluokille	
Luokka	Kriteerit
PC1	Hitsaamattomat rakenneosat Hitsatut rakenneosat, joissa teräksen lujuusluokka on alempi kuin S355
PC2	Hitsatut rakenneosat, joissa teräksen lujuusluokka on S355 tai ylempi

Toteutusluokan valinta suoritetaan rakenteen osakokoonpano- tai yksityiskohta-kohtaisesti. Tässä myös käyttö- ja tuotantoluokka määritellään osakokoonpano- tai yksityiskohtakohtaisesti (taulukko 7). (Hyvönen 2010, 6.)

Taulukko 7. Suositusmatriisi toteutusluokan määrittämiseen (SFS-EN 1090-2 + A1 2012, 104)

Seuraamusluokat		CC1		CC2		CC3	
Käyttöluokat		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Tuotantoluokat	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3^a	EXC3^a
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3^a	EXC4

^a Toteutusluokkaa EXC4 käytetään kansallisten sääntöjen edellyttämällä tavalla erityisrakenteille tai rakenteille, joiden vaurio voi aiheuttaa äärimmäisiä seuraamuksia

4 SUUNNITTELUTYÖ

4.1 Tekla Structures -ohjelmisto

Rakennusteollisuus kokee merkittävän muutoksen, kun digitaaliset innovaatiot nousevat yhä tärkeämmiksi. Yksi keskeinen tekijä tässä murroksessa on Tekla Structures -ohjelmisto.

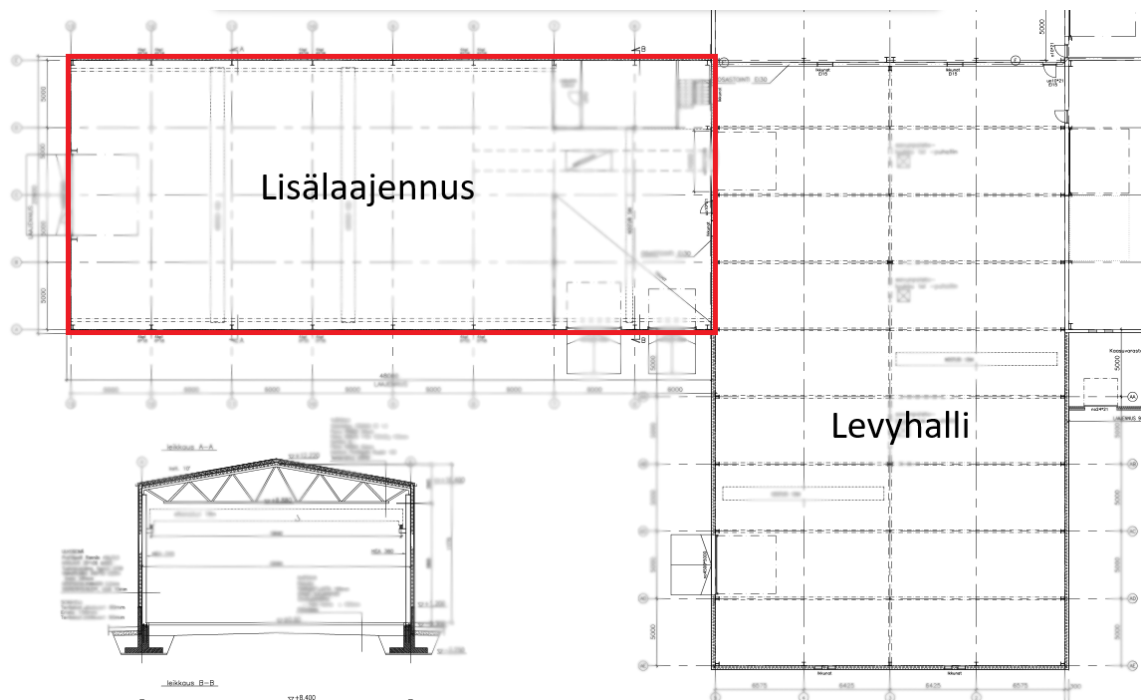
Tekla Structuresin tarkat 3D-mallit avaavat oven rakennusteollisuuden tulevaisuuteen ilman monimutkaisuuksia. Ohjelmisto antaa ratkaisevia etuja rakennesuunnittelijoille, detaljoijille, valmistajille, urakoitsijoille ja projektinjohtajille jokaisessa rakennusvaiheessa. Ohjelmiston merkittävin vahvuus on sen kyky luoda, yhdistää, hallita ja jakaa tietoa erittäin tehokkaasti. Rakennusprojektin eri vaiheissa tarvitaan monipuolista yhteistyötä ja Tekla Structures mahdollistaa tämän saumattomasti. Ohjelmisto antaa rakennesuunnittelijoille mahdollisuuden nousta perinteisten rajoitusten yläpuolelle. BIM (building information modeling) -tarkkuuden ja datan hyödyntämisen suhteen Tekla Structures on ehdottomasti alan kärjessä. Tämä antaa käyttäjille kaiken tarvittavan parantaakseen hankkeidensa tarkkuutta ja välttääkseen kalliita yllätyksiä. Ohjelmiston käyttäminen korkeimman kehitystason (LOD) saavuttamiseksi lisää projektien kannattavuutta ja vähentää epävarmuutta koordinoimattomista rakennusasiakirjoista. Yhteistyö muiden projektiosapuolten kanssa on entistä saumattomampaa Tekla Structuresin avulla. Mallitietojen tuominen, vienti ja linkittäminen muihin ohjelmistoihin, digitaalisiin rakennustyökaluihin ja koneisiin tehostavat työnkulkua merkittävästi. Esimerkiksi arkkitehtuuri-, MEP- ja laitosmuotoiluohjelmien linkittäminen IFC (Issued for Construction):n kautta lisää yhteensopivuutta ja johdonmukaisuutta projekteissa. (Tekla 2024.)

4.2 Lähtökohta

Lisälaajennushankkeen keskeisenä tavoitteena on luoda moderni ja tehokas työympäristö, joka tukee entistä suurempaa tuotantomäärää ja mahdollistaa uusien innovaatioiden kehittämisen. Yritys pyrkii myös parantamaan työntekijöiden työolosuhteita ja vähentämään ympäristövaikutuksia ottamalla käyttöön kestäviä käytäntöjä. Nykyisen toiminnan tehostaminen ja laajentaminen asettavat omat

haasteensa. Lisäksi, vaikka Kavamet Oy on edelläkävijä teknologian käytössä, on otettava huomioon kilpailuympäristön muutokset ja varmistettava, että laajennus vastaa asiakkaiden kasvaviin odotuksiin.

Kavamet Oy:n konepajan kerrosala on yhteensä 6629 m². Lisälaajennus toisi yhteensä lisää 1050 m². Lisälaajennus tulisi sijaitsemaan levyhallin vieressä (kuvio 5). Tämä mahdollistaisi lisää hitsauspaikkoja vähintään kahdeksan kappaletta. Tällä hetkellä Kavamet Oy:n konepajassa on väestönsuoja, joka on tarkoitettu maksimissaan 42 henkilölle. Tämä väestönsuoja pystyisi kattamaan vielä lisäväestöllekin väestönsuojan, joten väestönsuojaa ei tarvitsisi alkaa päivittämään suuremmaksi tässä laajennuksen yhteydessä. Tällä hetkellä maksimissaan päivävuorossa on ollut 34 ihmistä töissä. Tähän on laskettu mukaan toimisto-, saha-, hitsaus-, levy-, maalaamo-, pakkaamo- ja varastopuolen ihmiset.



Kuvio 5. Lisälaajennuksen sijainti (Kavamet Oy 2010)

4.3 Toteutus

Laajennuksen toteutusvaiheessa siirytään suunnittelun teoreettisista pohdinnoista käytännön toimenpiteisiin. Kavamet Oy:n konepajan lisälaajennuksen rakentaminen on monivaiheinen prosessi, joka vaatii tarkkaa suunnittelua ja huolellista toteutusta.

Ensimmäisenä toteutusvaiheessa käydään aloituskokous, jonka pohjalta aletaan keskittymään rakennustöiden aloittamiseen ja perustusten rakentamiseen. Konepajan laajennuksen vakaan perustan luominen on kriittinen vaihe ja se vaatii tiivistä yhteistyötä rakennusalan ammattilaisten kanssa. Perustusten on oltava riittävän vahvat ja vakaita kantamaan laajennuksen lisääntyvä kuormitus. Samanaikaisesti rakennustyön kanssa aloitetaan rakenne- ja sähkösuunnitelmien toteuttaminen. (Liljamaa 2024.)

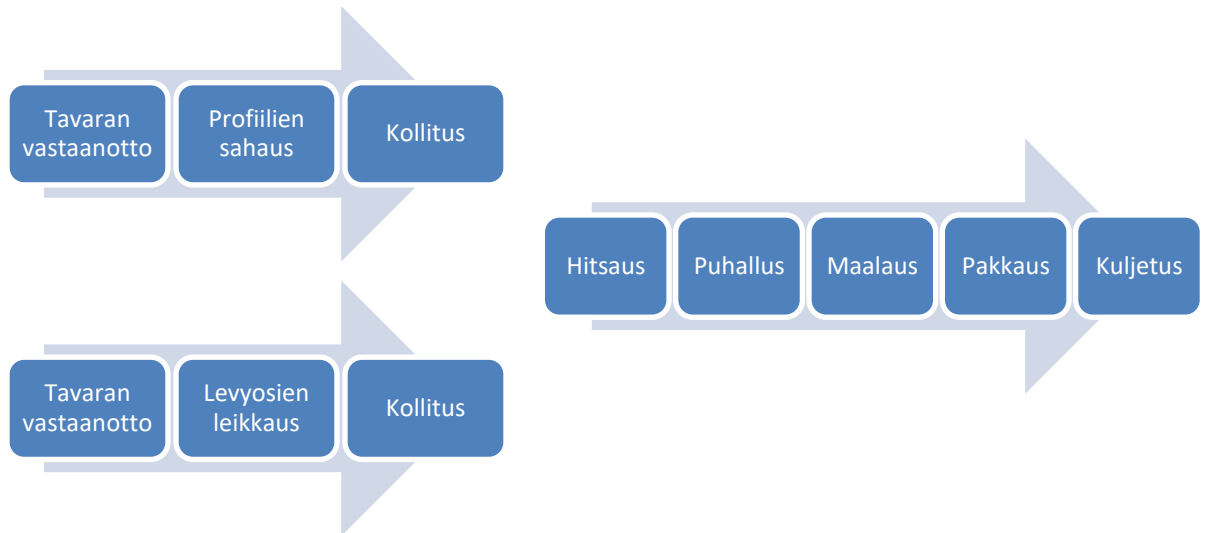
Aloituskokous on ratkaiseva vaihe rakennushankkeen valmistelussa, keskittyen rakennushankkeeseen ryhtyvän huolehtimisvelvollisuuden täyttämiseen. Kokouksen tavoitteena on varmistaa, että suunnitelmat ja toteutus noudattavat voimassa olevia säännöksiä, määräyksiä ja myönnettyä rakennuslupaa. Näin pyritään vähentämään mahdollisten rakennusvirheiden määrää ja varmistamaan rakennushankkeen laadukas lopputulos. Aloituskokouksen järjestäminen voi perustua joko rakennusvalvontaviranomaisen antamiin ohjeisiin tai tilaajan ja urakoitsijan väliseen sopimukseen. Kokouksessa määritellään keskeiset vastuuhenkilöt ja tarkennetaan huolellisesti rakennushankkeeseen liittyvät velvoitteet ja tarkastustehtävät. (Minilex 2024.)

Kokouksessa käsitellään lupaehtoihin kirjattuja asioita, kuten viranomaiskatselmukset sekä tarkastukset ja dokumentoidaan kaikki keskeiset päätökset, jotka liittyvät laadukkaaseen rakennustyön varmistamiseen. Aloituskokous luo vahvan perustan avoimelle viestinnälle eri osapuolten välillä ja varmistaa, että sovitut menettelyt noudatetaan tarkasti koko rakennusprosessin ajan. Näin hankkeeseen liittyvät vastuut ja roolit selkiytyvät, mikä edistää sujuvaa yhteistyötä ja auttaa ehkäisemään mahdollisia ongelmia rakennustyön edetessä. (Teräsrakenneyhdistys 2023, 2; Minilex 2024.)

Lisälaajennuksen seuraamusluokka kohdistuu CC2 luokkaan, jolloin kyseessä on "Keskisuuret seuraamukset hengenmenetysten tai merkittävien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia". Käyttöluokaksi valitaan SC1, joka tarkoittaa "Rakenteet ja rakenneosat, jotka on suunniteltu vain staattisille kuormille". Tuotantoluokaksi valitaan PC2, koska lisälaajennuksessa käytetään lujuusluokassa S355 olevia teräksiä ja ne ovat hitsattuja rakenneosia. Näiden luokkien yhdistelyn ansiosta saamme suositusmatriisin toteutusluokaksi taulukon 7 avulla EXC3.

4.4 Tuotteen kulku

Kavamet Oy konepajalla tuotteen kulku tulee pysymään samanlaisena kuin se nyt on lisälaajennuksen myötä, ainoa muutos on, että profiileja tullaan kuljettamaan myös levyhallin läpi lisälaajennukseen. Tällä hetkellä profiileja kuljetetaan konepajan keskiosaan, jossa sijaitsee "valmistus" osasto. Konepajalla on myös muutama hitsauspiste levyosastolla, mutta nämäkin hitsauspisteet tulisivat siirtymään lisälaajennukseen, jolloin levyosasto voitaisiin ottaa käyttöön ainoastaan levyosien tekemiseen. Tällöin kaikki levyarkit saataisiin säilöttyä sisätiloissa, kuin myös Thermicut plasmaleikkurin leikkauspöytää saataisiin laajennettua 12 metriin. Tällä hetkellä se on 6 metriä. Thermicut plasmaleikkuri on yksi keskeisimpiä levyleikkaus koneita konepajassa, jolla tuotetaan levyosia teräsrakenteisiin, niin pienistä tulppalevyistä, kuin suuriin asennuslevyihin. Kuvio 6 osoittaa Kavamet Oy:n tuotteen kulun konepajassa.



Kuvio 6. Tuotteen kulku konepajassa

4.5 Hyödyt ja haitat

Konepajan lisälaajennuksen keskeisenä tavoitteena on kapasiteetin lisääminen. Kavamet Oy pyrkii vahvistamaan resurssejaan, kuten työvoimaa ja tuotantokapasiteettia, jotta se voi vastata kasvavaan kysyntään. Kapasiteetin laajentaminen tuo mukanaan useita hyötyjä, kuten tehokkaamman tuotannon, kyvyn vastata suurempiin tilausmääriin ja valmiuden laajentua uusille markkina-alueille. Tehokkuuden parantaminen on olennainen osa Kavamet Oy:n konepajan lisälaajennuksen strategiaa. Tehokkaammat toiminnot mahdollistavat resurssien optimoinnin, mikä puolestaan voi johtaa kustannustehokkuuden parantumiseen. Tämä edistää organisaation pitkän aikavälin kestävyttä ja kilpailukykyä markkinoilla.

Kilpailukyvyn parantaminen on toinen keskeinen tavoite konepajan laajennuksessa. Kavamet Oy pyrkii erottumaan kilpailijoistaan innovatiivisilla ratkaisulla, korkealla laadulla ja kilpailukykyisillä hinnoilla. Tehokkuuden parantaminen tukee suoraan kilpailukyvyn kasvua, koska se mahdollistaa nopeamman reagoinnin markkinoiden muutoksiin ja asiakastarpeisiin. Lisäksi kilpailukyvyn parantaminen voi avata uusia mahdollisuuksia markkinaosuuksien kasvattamiseen ja liiketoiminnan laajentamiseen. Joustavuuden lisääntyminen on avainasemassa konepajan lisälaajennuksen tavoitteista. Kavamet Oy haluaa varmistaa, että se voi

joustavasti sopeutua muuttuviin markkinaolosuhteisiin ja asiakastarpeisiin. Joustavuuden lisääntyminen antaa Kavamet Oy:lle kilpailuetua, kun se pyrkii tarjoamaan asiakkailleen räätälöityjä ratkaisuja ja vastaamaan markkinoiden dynamiikkaan nopeasti.

Investointikustannukset muodostavat suurimman haittatekijän Kavamet Oy:n lisälaajennuksen rakentamisessa. Laajennushankkeeseen liittyvät kustannukset ovat huomattavia, sisältäen rakennusmateriaalit, uudet laitteet ja mahdolliset muutokset infrastruktuurissa. Rakennusaika ja mahdolliset viivästyksset ovat toinen huomioitava haittatekijä. Laajennushankkeen rakennusvaiheeseen liittyvät viivästyksset voivat vaikuttaa koko projektiin, kuin myös meneillä oleviin projekteihin.

Ylläpitokustannukset muodostavat jatkuvan taakan organisaatiolle laajennushankkeen jälkeen. Uudet tilat ja lisäresurssit vaativat ylläpitoa ja mahdollisesti päivittämistä. Nämä lisäkustannukset on otettava huomioon laajennuksen kokonaiskustannusten arvioinnissa ja ne voivat vaikuttaa liiketaloudelliseen kannattavuuteen.

Vaikka laajennuksen tavoitteena on tuoda mukanaan merkittäviä etuja, on tärkeää muistaa nämä haittatekijät ja kehittää strategioita niiden minimoimiseksi tai ennaltaehkäisemiseksi. Tehokas suunnittelu ja tarkka riskienhallinta auttavat varmistamaan, että haitat eivät heikennä organisaation pitkän aikavälin menestystä vaan parantavat sitä entisestään. Lisälaajennuksen hyödyt ja haitat on jaoteltu taulukossa 8.

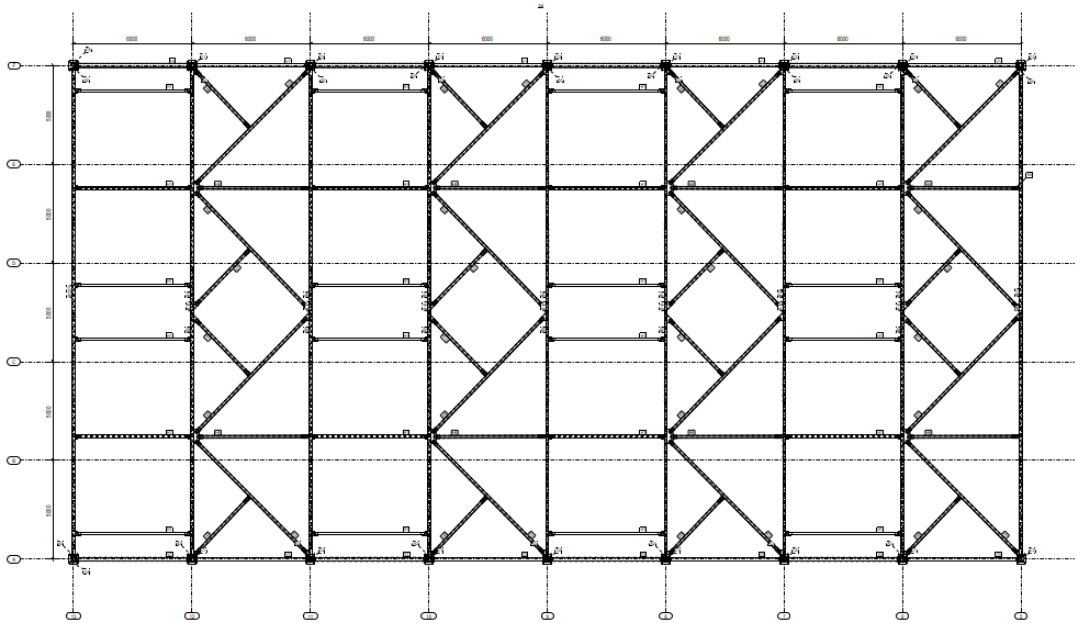
Taulukko 8. Hyödyt ja haitat

Hyödyt	Haitat
+ Kapasiteetin lisääminen	- Investointikustannukset
+ Kilpailukyvyyn parantaminen	- Rakennusaika ja mahdolliset viivästyksset
+ Joustavuuden lisääntyminen	- Toiminnan katkos
+ Nykyisten ongelmien ratkaiseminen	- Yhteensopivuus nykyisten tilojen kanssa
+ Tehokkuuden parantaminen	- Ylläpitokustannukset

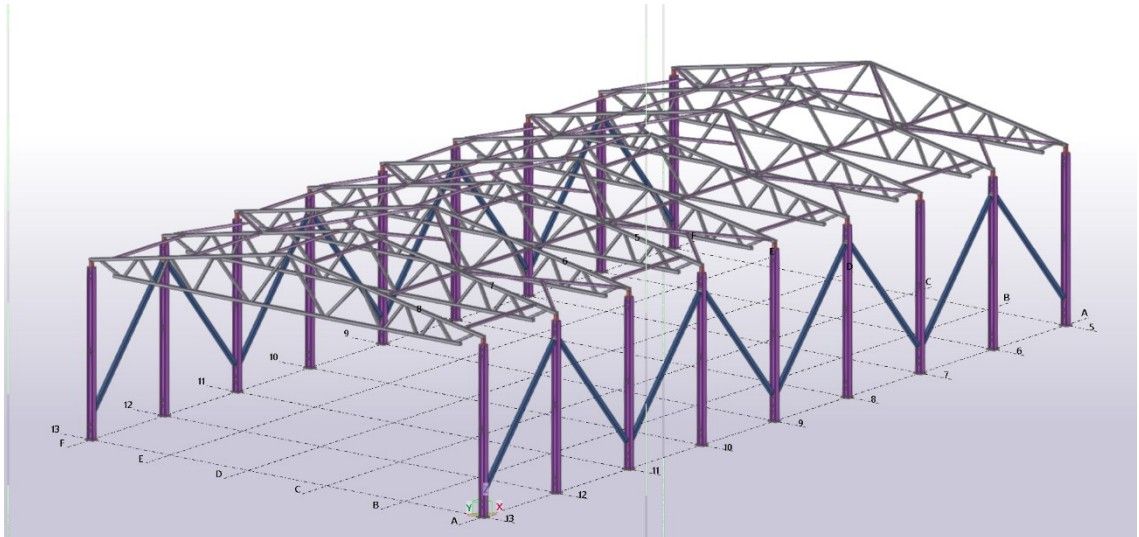
5 LISÄLAAJENNUKSEN SUUNNITTELU

5.1 Laajennuksen mitat

Suunnitteluprosessin alussa on tärkeää selvittää laajennettavan tilan tarkat mitat sekä mahdolliset rajoitukset, kuten ympäristöön liittyvät tekijät tai rakennusmääräykset. Näiden tietojen perusteella voidaan määrittää laajennuksen leveys, pituus ja korkeus. Ensimmäisessä luonnos versiossa on määritetty laajennuksen mitoiksi 20 metriä leveyttä, 48 metriä pituutta ja noin 12 metriä korkeutta. Näiden tietojen perusteella on tehty ensimmäiset teräsrakennepiirustukset (kuvio 7). Pilareiden väliset etäisyydet toisistaan vaakasuunnassa on kuusi metriä ja pystysuunnassa viisi metriä. Tasopiirustus on otettu nolatasolta, eli maanpinnalta. Kuvio 8 tarkentaa, mistä kohtaa tasopiirustus on otettu.



Kuvio 7. Tasopiirustus teräsrakenteista



Kuvio 8. 3D-kuva teräsrakenteista

5.2 Materiaalin valinta

Teräs on erittäin yleisesti käytetty materiaali suurivolyymisessä metallin valmistuksessa sen poikkeuksellisen kestävyiden ja monipuolisuuden vuoksi. Teräksellä on erinomainen lujuus-painosuhte, mikä tekee siitä ihanteellisen valinnan moniin erilaisiin sovelluksiin. Lisäksi se on helposti muokattavissa lähes mihin tahansa muotoon, mikä tekee siitä monikäyttöisen vaihtoehdon erilaisille rakenteille ja laitteille. (Velling 2021; Kreegimäe 2023.)

Vaikka teräs onkin tunnettu korroosio herkkyydestään, sitä voidaan silti käyttää monissa sisätiloissa, missä se kestää hyvin. Lisäksi teräs voidaan maalata tai käsitellä muiden menetelmien avulla parantamaan sen korroosionkestävyyttä tarvittaessa. Teräksen suhteellisen alhainen hinta ja laaja saatavuus tekevät siitä houkuttelevan vaihtoehdon monille valmistajille, erityisesti silloin kun budjetti on tiukka. (Velling 2021; Kreegimäe 2023.)

Vertaillessaan terästä muihin materiaaleihin, kuten alumiiniin, kupariin, messinkiin ja ruostumattomaan teräkseen, huomaa, että teräs antaa erinomaisen hintalaatusuhteen ja monipuolisuuden. Alumiini on kustannustehokas vaihtoehto, mutta teräs mahdollistaa paremman lujuuden ja kestävyden monissa sovelluksissa. Kupari ja messinki puolestaan ovat hyviä valintoja, jos korroosionkestävyys ja sähkönjohtavuus ovat ensisijaisia ominaisuuksia, mutta niiden hinta voi olla korkeampi verrattuna teräkseen. Ruostumaton teräs on erinomainen valinta, jos

tarvitaan erinomaista korroosionkestävyyttä, mutta sen hinta voi olla korkeampi kuin tavallisen teräksen. (Velling 2021; Kreegimäe 2023.)

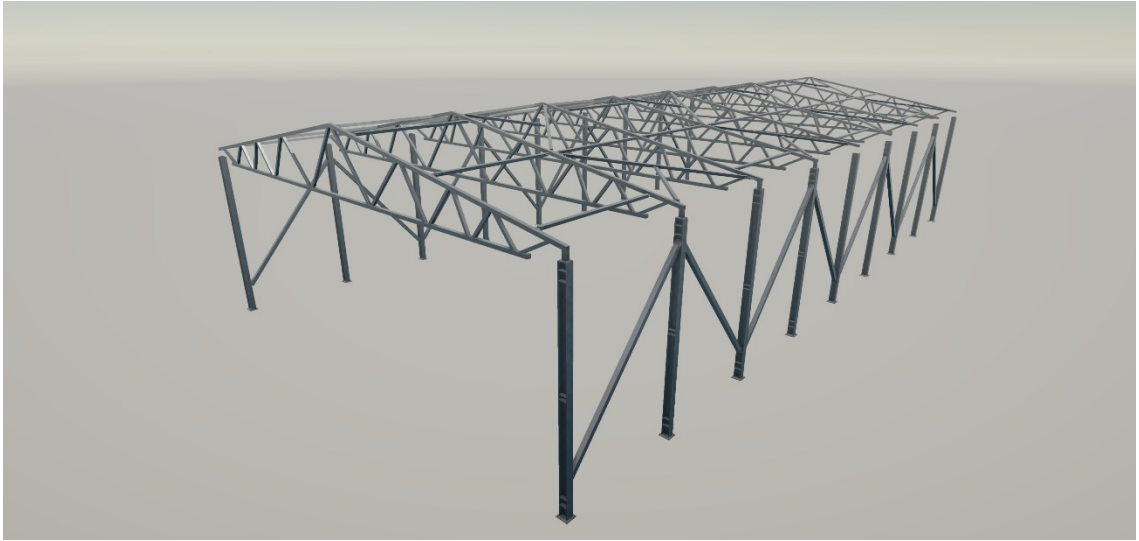
Lisälaajennuksessa tullaan käyttämään S355 laatuista rakenneterästä. S355 teräksen nimi tulee sen lujuusluokasta, jotka määrittävät teräksen myötölujuuden. Lujuusluokan S355 teräs kestää vähintään 355 MPa taivutuslujuutta. S355 teräs on yleisesti käytetty teräs teräsrakenteissa, jotka joutuvat kestämaan haurasmurtumia, täten myös ne pystyvät absorboimaan enemmän energiaa, ennen kuin se murtuu. (Kreegimäe 2023.)

5.3 Teräsrakenne kuvat

Tässä osiossa esitellään lisälaajennuksen osa- ja kokoonpanopiirustuksia, jotka ovat olennainen osa teräsrakenteiden valmistusprosessia. Piirustukset tarjoavat yksityiskohtaisen kuvan suunnitellusta teräsrakenteesta sekä sen osista ja niiden välisistä suhteista. Näiden piirustusten avulla visualisoidaan ja ymmärretään teräsrakenteen kokonaisuus sekä sen eri komponenttien rooli ja sijoitus paikan päällä. Piirustukset toimivat myös arvokkaana työkaluna suunnittelun ja valmistuksen aikana varmistaen, että lopputulos vastaa suunniteltuja teknisiä vaatimuksia ja turvallisuusstandardeja. Nämä piirustukset ovat ensimmäinen versio lisälaajennuksesta. Piirustukset eivät ole lopullinen versio lisälaajennuksesta.

5.3.1 3D-renderöinti teräsrakenteesta

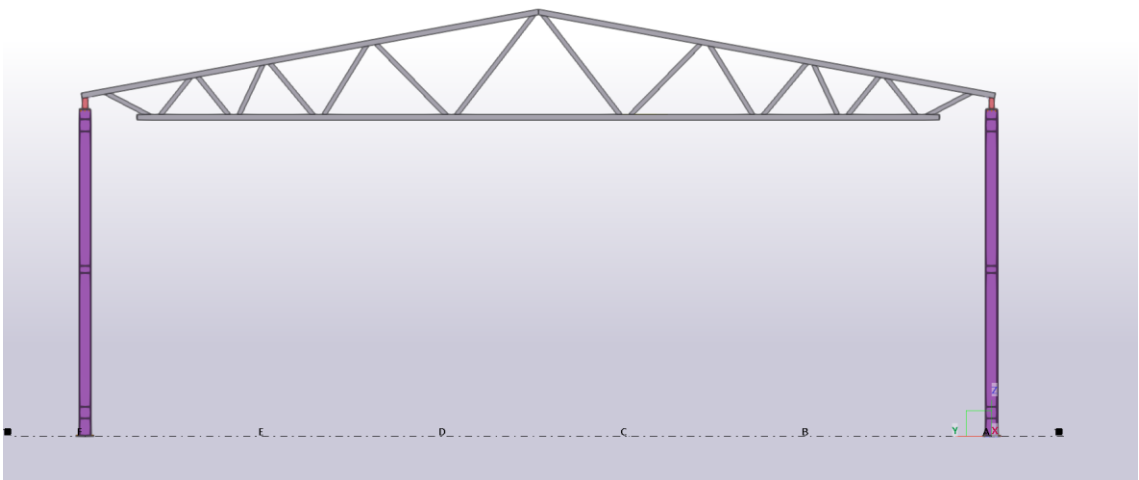
3D-renderöinti mahdollistaa rakenteen tarkastelun eri näkökulmista ja auttaa hahmottamaan sen ulkoasua ja mittasuhteita kokonaisuudessaan (kuvio 9). Tekla Structures saatava 3D-renderöinti luo teräsrakennelman asetettavaksi ”oikeaan” ympäristöön, jolloin sitä voidaan tutkia tarkemmin sen tulevassa ympäristössä. Tätä projektia varten ei luotu omaa ympäristöä, johon lisälaajennuksen olisi voinut lisätä. Tämän takia renderöinti kuvan tausta on harmaa.



Kuvio 9. 3D-renderöinti teräsrakenteista

5.3.2 Ristikkorakenne

Kattoristikko koostuu yhdistetyistä profiileista, jotka muodostavat vakaan kannatinrakenteen. Ristikon periaate perustuu profiileihin, jotka yhdessä muodostavat lukuisia kolmioita. Riippuen siitä, miten ristikon kuormitukset jakautuvat, profiileihin voi kohdistua vetovoimaa tai aksiaalista puristusvoimaa. RHS (Rectangular Hollow Sections) profiilit ovat yleisiä ristikkorakenteissa, mutta muitakin profiileja voidaan käyttää (BE Group Oy Ab 2020, 4). Lisälaajennuksen harjaristikko toteutetaan ideaaliristikkona (kuvio 10).

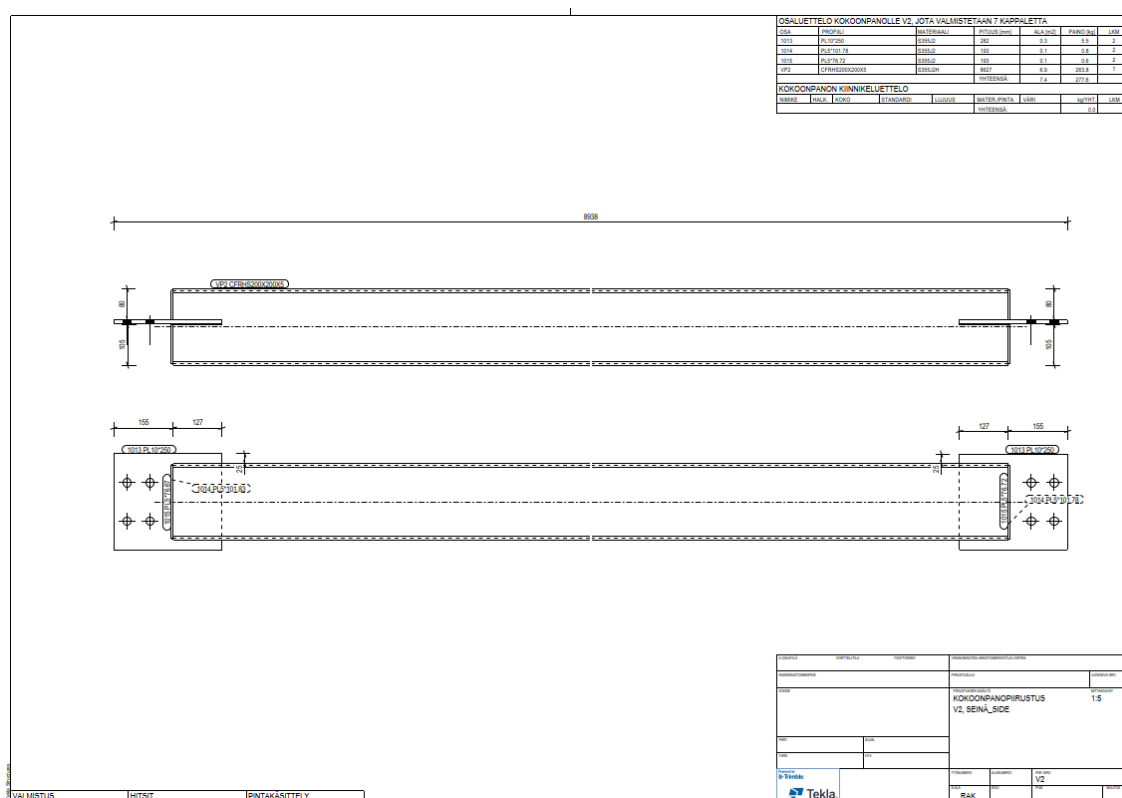


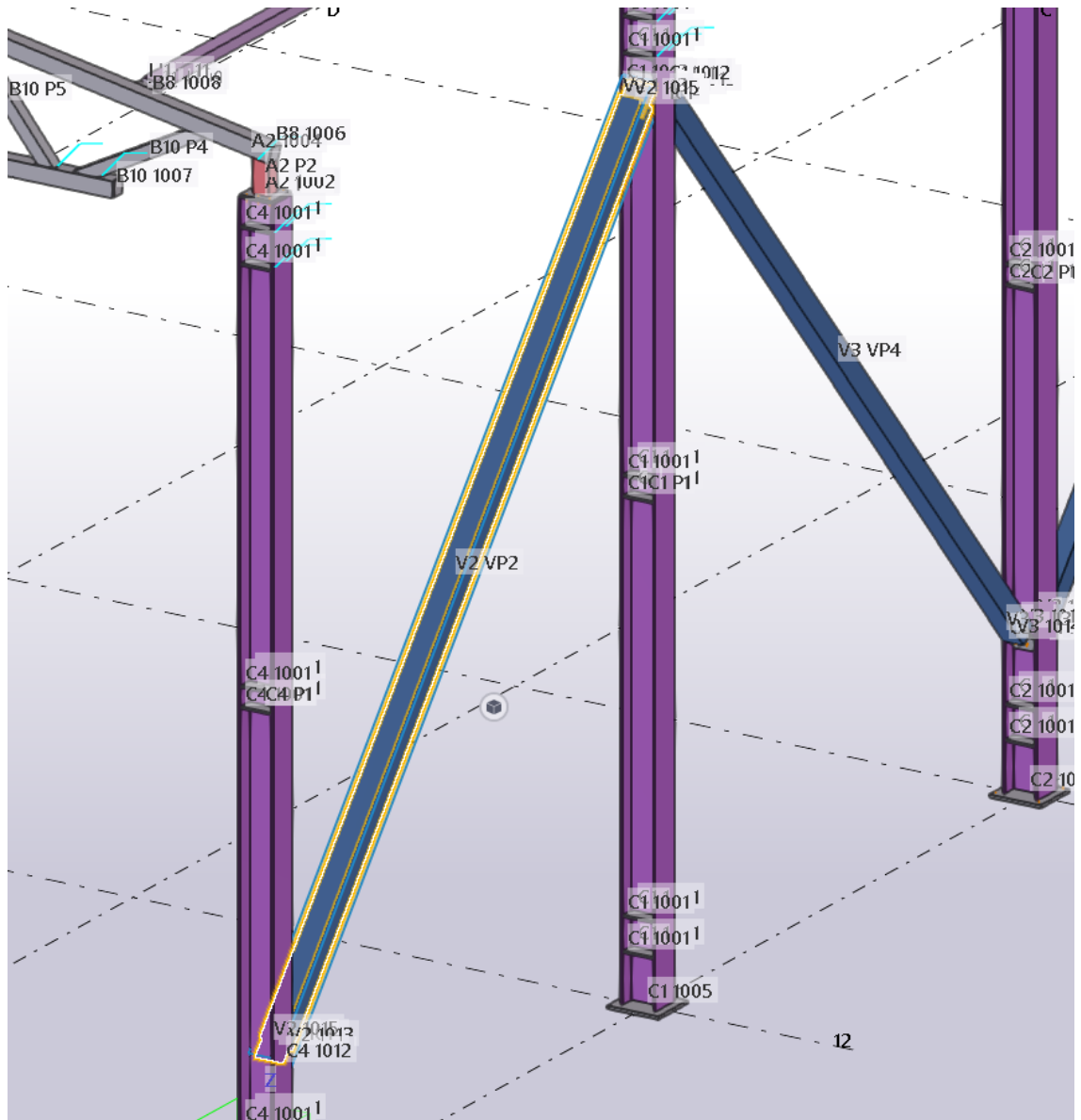
Kuvio 10. Ristikon rakenne

5.3.3 Katto- ja seinäsiteet

Lisälaajennuksen kaikki sideliitokset tehdään yksileikkeisinä päällekkäisliitoksina neljällä pultilla kuvion 11 ja 13 mukaisesti. Kaikki sidelevyt hitsataan paikoilleen konepajassa.

Siteet varmistavat kokonaisrakenteen ja yksittäisten osien vakauden. Monimutkaisissa rakenteisissa siteillä on merkittävä rooli säätäessään rakenteen jäykkyyttä, varmistaen tasaisen ja ideaalin rasituksen jakautumisen, täten parantaen koko rakennuksen eheyttä. (Pebsteel 2023.)



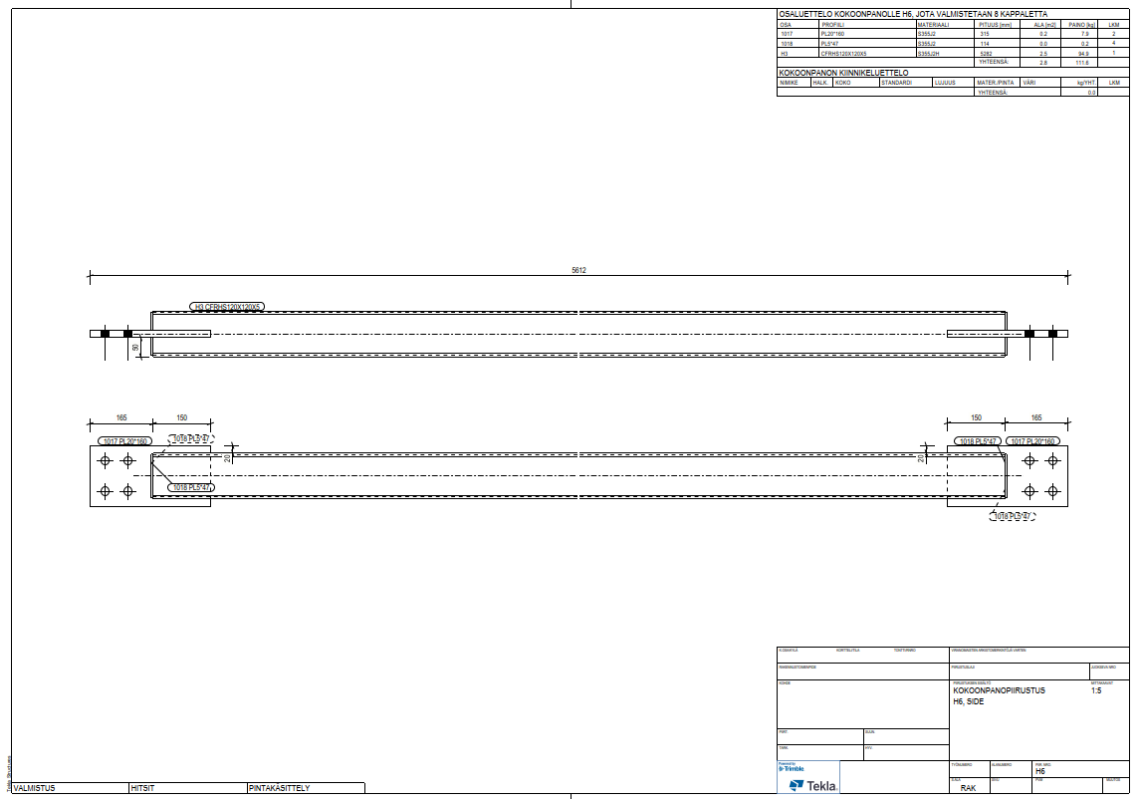


Kuvio 12. Seinäside V2

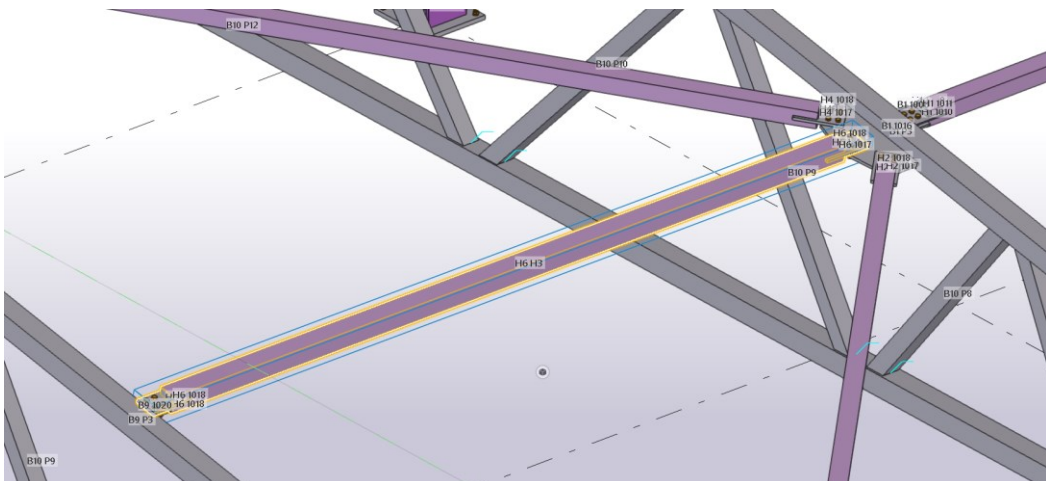
Seinäside toteutetaan RHS profiililla, johon kumpaankin päähän hitsataan sidelevyt, jotka hitsataan pilariin kiinni. Seinäside on tehty tässä mallissa omana kokonpanona, joka pulttataan kiinni pilareissa oleviin levyosiin kiinni työmaalla (kuvio 12).

Kattositeissä käytetään yleisesti putkitukia. Kattositeet voivat olla teräsputkea tai kaksi yhteen hitsattua L-rautaa. Siteisiin hitsataan päätytulppalevyt ja liitetään rakenteelliseen runkoon pulttaamalla. Tällaiset tukirakenteet ovat keskeisiä varmistamassa rakenteen koko vakauden ja kuormituksen tehokkaan jakautumisen. (Havit Steel 2024a.)

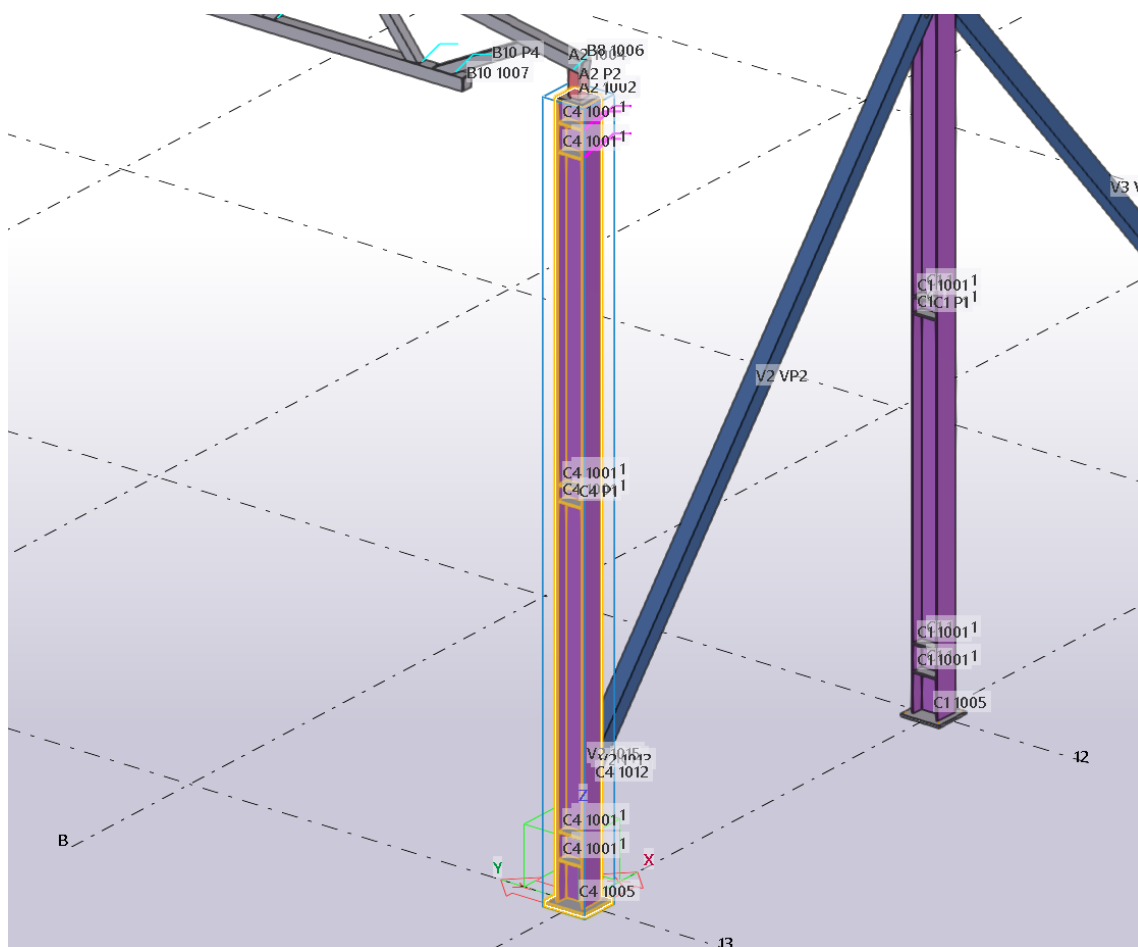
Kattositeet tehdään omina kokoonpanoina, jotka pultataan ristikoihin kiinni työmaalla. Kattoristikoissa on omat vastinlevyt, joihin yhdistyy kolme eri kattosidettä pulteilla (kuvio 14). Kattositeiden suunnittelussa hyödynnetään joka toiseen väliin lisäämistä kolmen kattositeen haara ja joka toiseen väliin pelkät suorat kattositeet (kuvio 13).



Kuvio 13. Kattoside kokoonpano piirustus H6



Kuvio 14. Kattoside H6

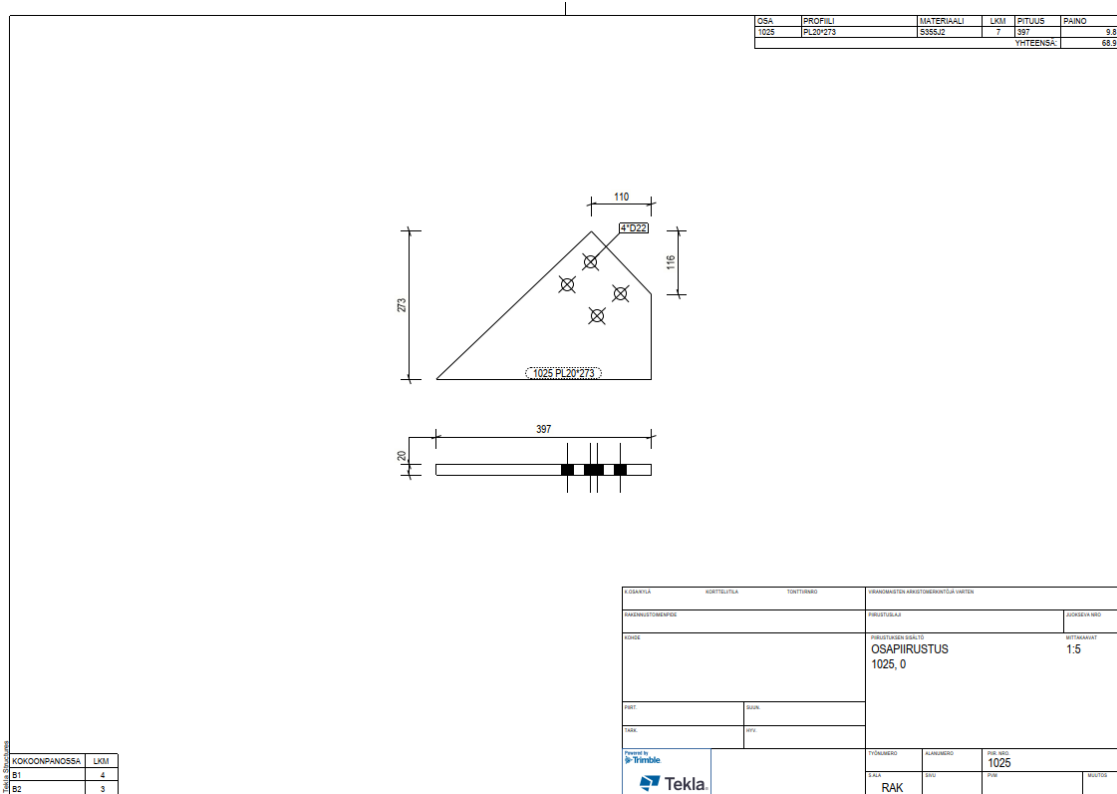


Kuvio 16. Pilari C4

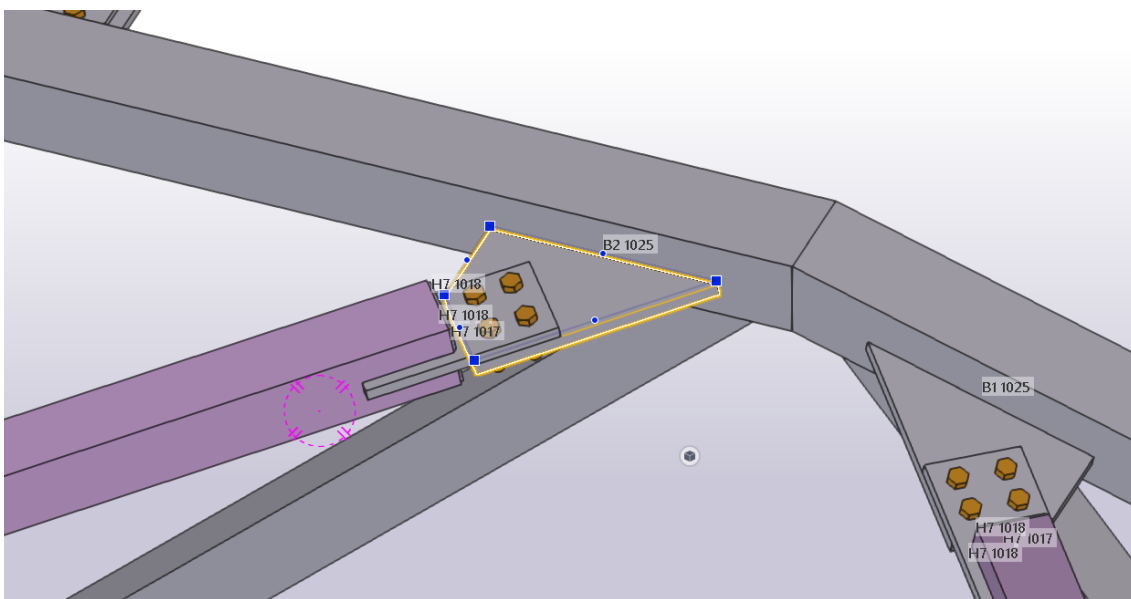
5.3.5 Levy- ja liitososat

Tekla Structures -ohjelmistossa on olemassa toiminto, jolla saadaan kaikki levy- ja liitososat tehtyä automaattisesti. Tämä toiminto antaa hyvän idean sille, minkälainen liitos kyseiseen kappaleeseen sopisi. Tämä toiminto on nimeltään "Auto connect selected parts". Kun toiminto on antanut siihen sopivan osan, voidaan sitä muokata halutunlaiseksi tämän jälkeen. Näissä levyosissa on käytetty tätä toimintoa. Tekla ohjelmisto käyttää levyosista lyhennettä PL (Plate).

Levyosat hitsataan kiinni niille kuuluville paikoille kokoonpanoissa. Levyjen reiät senkataan ja reunat hiotaan. Senkkauksella saadaan porausreikä viimeistelyä, minkä levyleikkauskone on tuottanut. Kuvio 17 osapiirustus näyttää levyosan geometrian, mihin kokoonpanoihin sitä tarvitaan ja kuinka monta kappaletta. Kuvio 18 osoittaa levyosan sijainnin kattoristikossa, johon se hitsataan kiinni.

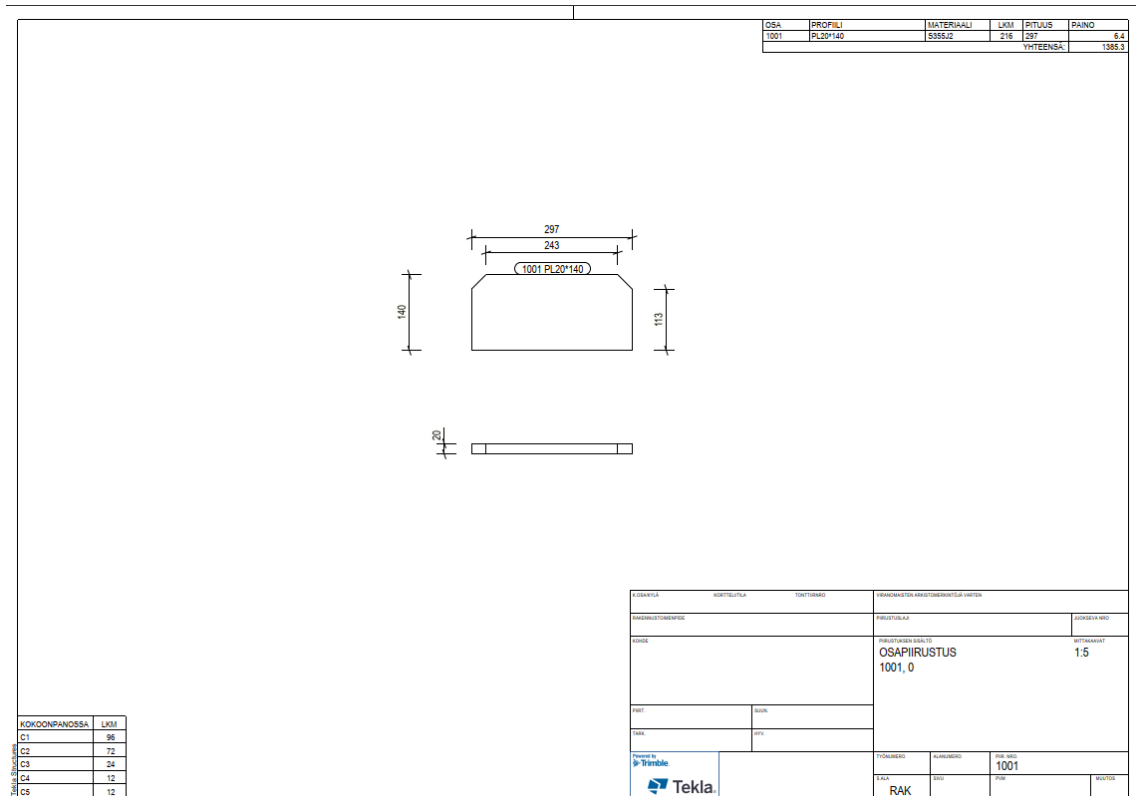


Kuvio 17. Levyosan osapiirustus

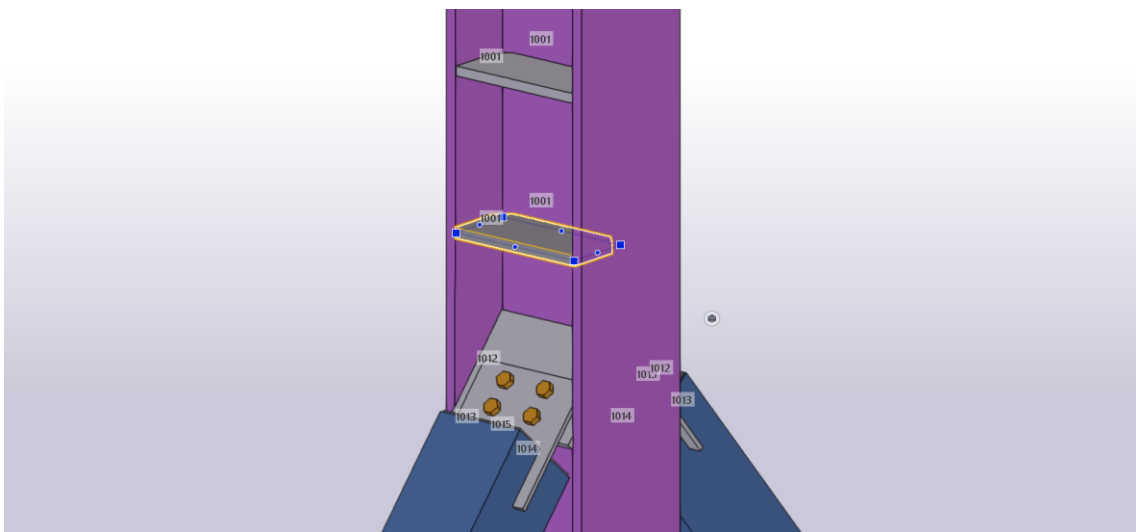


Kuvio 18. Levyosa kattoristikossa

Jäykistelevyihin tehdään kulmiin viisteet (kuvio 19), joista se osuisi H-palkkiin. Tällä saadaan jäykistelevyt mahtumaan paremmin H-palkin uumaan, koska H-palkeissa on oma pyöristys sisälaiפוissa, joten neliskanttinen levy ei mahtuisi uumaan. Jäykistelevyjä tehdään H-palkin kummallekin puolelle kuusi kappaletta, kahden jäykistelevyn ryhmissä (kuvio 20). Jäykistelevyillä saadaan paikalliset nurjahdukset hallintaan.



Kuvio 19. Jäykistelevyn osapiirustus



Kuvio 20. Jäykistelevy osa HEA360 palkissa

6 YHTEENVETO

Tähän opinnäytetyöhön tehtiin teräsrakennepiirustukset Tekla Structures- ohjelmiston avulla Kavamet Oy:n tulevaisuuden lisälaajennusta varten. Tähän oli aikaisemmin tehty luonnospiirustukset, joiden perusteella saatiin vähän esikuvaa siitä, minkälainen lisälaajennus tulisi olemaan, mutta itse teräsrakennuspiirustuksia, eikä IFC-mallia ollut tehty, koska lisälaajennus on erittäin iso investointi, joten tätä lisälaajennusta ei ole vielä varmistettu valmistettavaksi. Tämä antoi tosi hyvää pohjaa sille, minkälainen lisälaajennus tulisi olemaan mitoiltaan ja materiaaleiltaan, vaikkakin nämä teräsrakennepiirustukset eivät tule olemaan vielä lopulliset, joten nämä tulevat toimimaan hyvänä pohjana niille, koska Tekla Structures ohjelmisto tulee olemaan Kavamet Oy yrityksen pääsääntöinen suunnitteluohjelmisto, kun yritys alkaa panostamaan enemmän omaan suunnitteluun.

Opinnäytetyössä käytiin läpi Kavamet Oy yritys, teräsrakenteiden suunnittelua, johon kuului tärkeimmät kuormituksen tekijät, Tekla Structures ohjelmistoa, lisälaajennuksen hyödyt ja haitat kuin myös miten tämä tulisi vaikuttamaan tuotteen kulkuun konepajassa. Opinnäytetyössä käsiteltiin tarkasti läpi erilaiset standardit ja suunnittelu perusteet, sekä mitä pitää ottaa huomioon erilaisten teräsrakennelmien suunnittelussa, kuin myös lisälaajennuksen teräsrakenne luokitus. Lopuksi opinnäytetyössä esiteltiin teräsrakennelmapiirustuksia ja 3D-mallia lisälaajennuksen ensimmäisestä versiosta.

7 POHDINTA

Opinnäytetyöni valmistui aikataulun mukaisesti, vaikka olin laittanut aikatauluni erittäin tiukaksi. Tähän vaikutti tosi paljon asiaan, että aiheeni oli mielenkiintoinen ja olin jo saanut tällaista 3D-mallinnusta varten koulutusta työpaikallani. Aihetta helpotti myös se, että sain tehdä sen yritykselle, jossa olen töissäkin. Sain paljon apuja ja tukea työkollegoilteni. Olin erittäin oma-aloitteinen ja sain vapaat kädet suunnitella lisälaajennuksen teräsrakenteet.

Opinnäytetyössä käytettiin tutkimuskysymyksiä: ”Mikä tulee olemaan lisälaajennuksen toteutusluokka”, ”Miten Tekla Structures -ohjelmistoa voidaan hyödyntää teräsrakenteiden suunnittelemisessa?” Lisäksi opinnäytetyössä kartoitettiin alustavasti kysymystä ”Mikä on pääsääntöinen materiaali lisälaajennuksen teräsrakennelmissa?”. Pystyin antamaan näihin kysymyksiin perusteellisia vastauksia, jotka herättivät lukijan kiinnostuksen.

Tekemäni teräsrakennekuvat ovat selkeitä, että hyvin havainnollistavia ja olen tyytyväinen tekemiini piirustuksiin. Teräsrakennepiirustukset on käyty yrityksen sisällä läpi työnjohdon kanssa ja niistä on oltu todella tyytyväisiä. Teräsrakennepiirustusten tarkastus ja hyväksyntä tullaan tekemään vasta sitten kun lisälaajennus projekti aloitetaan. Lisälaajennusta ei ole hyväksytetty FISE-pätevyyden omistavan ihmisen kautta, joten tällaisenaan teräsrakennetta ei voi rakentaa. Teräsrakenne kuvat pitää ensin tarkastuttaa ja hyväksyttää siihen pätevyityvien ihmisten kanssa. Lujuuslaskelmia ei tehty tässä opinnäytetyössä, koska lisälaajennus ei ole vielä ajankohtainen, joten lujuuslaskelmat ja tarkemmat detaljit on jätetty myöhempään vaiheeseen tätä projektia. Opinnäytetyöni tuloksia tullaan käsittelemään tarkemmin Kavamet Oy yrityksessä, kun lisälaajennusta aletaan suunnittelemaan ja toteuttamaan. Opinnäytetyöni tietoperustaa voidaan käyttää teräsrakennelmien suunnittelussa, koska kaikki tämä tieto löytyy standardeista ja säännöksistä. Tämä opinnäytetyö oli itselleni itsereflektiivinen harjoitus, jossa sain tietoperustaa teräsrakennelmasuunnitteluun ja itse 3D-mallin rakentamiseen.

LÄHTEET

BE Group Oy Ab 2020. Teräsrakentajan käsikirja. Viitattu 11.1.2024
<https://www.begroup.fi/storage/50DF70DB27B273C31A577A2353FADFC29DA972AEA4D47289A795979393B51158/6d68254c1ffa48348d96d72388782379/pdf/media/c543eac1527f4652b496429bdbd666cf/BE-Group-Terasrakentajan-kasikirja-web.pdf>.

Fonecta Finder. 2024. Kavamet-Konepaja Oy. Viitattu 24.1.2024
<https://www.finder.fi/Konepajateollisuus+ja+metallity%C3%B6t/Kavamet-Konepaja+Oy/Tornio/yhteystiedot/145432>.

Havit Steel. 2024a. Steel Structure Bracing System. Structure of roof horizontal bracing. Viitattu 20.2.2024 <https://havitsteelstructure.com/steel-structure-bracing-system/>.

Havit Steel. 2024b. Steel Structure Design Principles: A Comprehensive Guide. Viitattu 20.2.2024 <https://havitsteelstructure.com/steel-structure-design-principles/>.

Hyvönen, J. 2010. Eurokoodien koulutus. Teräs-, liitto- ja puusillat. Teräsrakenteiden toteutusstandardit. Viitattu 8.2.2024
https://vayla.fi/documents/25230764/35410894/Hyvonen_Terasrakenteiden_toteutusstandardit_210310.pdf/87b5f478-e03e-407b-8dbf-dc619d78609b/Hyvonen_Terasrakenteiden_toteutusstandardit_210310.pdf?t=1444133989915.

Kairali TMT. 2024. 10 Types of Steel Columns Used in Construction. What Are Steel Columns? Viitattu 20.2.2024 <https://kairalitmt.com/types-of-steel-columns-used-in-construction/>.

Kavamet Oy. 2010. Luonnos laajennuksesta 23.12.2010. Viitattu 19.2.2024

Kavamet Oy. 2024. Kavamet – laatua joka kestää. Viitattu 24.1.2024
<https://kavamet.fi/yritys/>.

Kreegimäe, E. 2023. Vertailussa alumiini ja teräs. Cronvall 21.8.2023. Viitattu 6.2.2024 <https://blog.cronvall.fi/blog/vertailussa-alumiini-ja-ter%C3%A4s>.

Kubicek, J. 2021. Gusset plate – what’s the big deal? Idea Statica 12.8.2021. Viitattu 25.2.2024 <https://www.ideastatica.com/blog/gusset-plate-what-s-the-big-deal>.

Liljamaa, K. 2024. Kavamet Oy. Toimitusjohtajan haastattelu 30.1.2024.

Maankäyttö- ja rakennuslaki. 5.2.1999/132. Viitattu 13.1.2024
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>.

Minilex. 2024. Rakennusurakan aloituskokous. Viitattu 31.1.2024
<https://www.minilex.fi/a/rakennusurakan-aloituskokous>.

Ongelin, P. & Valkonen, I. 2016. EN 1993 – Handbook 2016. SSAB Domex Tube. Structural Hollow Sections. Hämeenlinna: SSAB-Europe Oy.

Paasikangas, J. 2023. Putkisillat Tornioista. Teräsrakennelehti 1/2023. Viitattu 23.1.2024 https://issuu.com/terasrakenneyhdistys/docs/terasrakenne_2023-01_issuu/14.

Pebsteel. 2023. What Is Bracing in Steel Structures? Expert opinion 2.11.2023. Viitattu 20.2.2024 <https://pebsteel.com/en/expert-opinion/bracing-in-steel-structures/>.

SFS-EN 1090-2 + A1 2012. Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 2: Teräsrakenteita koskevat tekniset vaatimukset. 2. painos. Suomen Standardoimisliitto SFS.

SFS-EN 1990 + A1 + AC 2006. Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet. 2. painos. Suomen Standardoimisliitto SFS.

SFS-EN 1991-1-1 + AC 2002. Eurocode 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-1: Yleiset kuormat, tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat. 1. painos. Suomen Standardoimisliitto SFS.

SFS-EN 1991-1-2 + AC 2003. Eurocode 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-2: Yleiset kuormat. Palolle altistettujen rakenteiden rasitukset. 2. painos. Suomen Standardoimisliitto SFS.

SFS-EN 1991-1-3 + AC + A1 2015. Eurocode 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-3: Yleiset kuormat. Lumikuormat. 2. painos. Suomen Standardoimisliitto SFS.

SFS-EN 1991-1-4 + AC + A1 2011. Eurocode 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-4: Yleiset kuormat. Tuulikuormat. 2. painos. Suomen Standardoimisliitto SFS.

Tekla. 2024. Tekla Structures. Viitattu 2.1.2024 <https://www.tekla.com/products/tekla-structures>.

Teräsrakenneyhdistys. 2017. Teräsrakenteiden palosuojamaalaus. Viitattu 8.2.2024 https://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/974/90d3a9c/Terasrakenteiden_palosuojamaalaus_TRY_2017.pdf.

Teräsrakenneyhdistys. 2023. Teräsrakentamisen eurooppalaiset pelisäännöt – suunnittelu ja toteutus (TEP). Viitattu 31.1.2024. https://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/1256/0a04d47/TEP_WP1.pdf.

Teräsrakenneyhdistys. 2024a. Rakenteiden suunniteltu käyttöikä. Viitattu 31.1.2024. <https://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/toiminta-julkaisut/try-pintakasittelyn-asiantuntijaryhma/rakenteiden-suunniteltu-kayttoika/>.

Teräsrakenneyhdistys. 2024b. Teräs materiaalina. Viitattu 22.1.2024 <https://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/teras/teras-materiaalina/>.

Tiainen, T. & Papula, S. 2020. Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus: Eurocode 3 – oppikirja. Uudistettu painos. Helsinki: Teräsrakenneyhdistys ry.

Velling, A. 2021. Oikean materiaalin valitseminen projektillesi. Fractory 10.5.2021. Viitattu 6.2.2024 <https://fractory.com/fi/oikean-materiaalin-valitseminen-projektillesi/>.

Ympäristöministeriö. 2016. Rakenteiden lujuus ja vakaus. Rakenteiden kuormat. Viitattu 3.1.2024 https://ym.fi/documents/1410903/0/kuormat_lopullinen+20112016.pdf/15d5bde3-459a-7030-77e5-61f30086e913/kuormat_lopullinen+20112016.pdf?t=1692869896948.

Ympäristöministeriö. 2019. Rakenteiden lujuus ja vakaus. Teräsrakenteet. Viitattu 3.1.2024 https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Terasrakenteet-2019-D829E0A3_9D8E_4730_8E6C_EF076B4642F2-126585.pdf/7638f113-2484-1ac7-096c-ec1a39dc5e4e/Terasrakenteet-2019-D829E0A3_9D8E_4730_8E6C_EF076B4642F2-126585.pdf?t=1603260654037.