



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

KULJETTIMEN SUUNNIT- TELU KUUMASINKITYSLAI- TOKSEEN

TEKIJÄ/T:

Atte Kuisma

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Konetekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Atte Kuisma	
Työn nimi Kuljettimen suunnittelu kuumasinkityslaitokseen	
Päiväys 19.3	Sivumäärä/Liitteet 33+1
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Kuopion Rakenneasennus Oy	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyö tehtiin metallirakenteita ja tuotteita valmistavalle Kuopion Rakenneasennus Oy:lle. Tilaajayritys toimittaa uuteen kuumasinkityslaitokseen tarvittavat metallirakenteet. Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella kuumasinkityslaitokseen kuljetinkokonaisuus, joka toimii osana kuumasinkitysprosessia siirtäen kuumasinkittäviä tuotteita nostopalkeissa.</p> <p>Kuljetinkokonaisuuden kuljetintyyppi, pääkomponentit, lämmittimet, ympäröivä tila ja luukut olivat suunnittelutyön tärkeimmät suunniteltavat kohteet. Vastaavia kuljetinkokonaisuuksia ei ole valmiina markkinoilla saatavilla kyseiseen käyttötarkoitukseen. Suunnittelu toteutettiin Solidworks -mekaniikkasuunnitteluohjelmistolla. Kuljettimen suunnittelussa pyrittiin käyttämään valmiskomponentteja. Suurten rakenteellisten ongelmien välttämiseksi luukkujen rakenne tarkasteltiin FEM-mallinnuksen avulla Solidworks Simulation -ohjelmistolla.</p> <p>Työn tuloksena syntyi 3D-mallinnettu kuljetinkokonaisuus. Tilaajayritys voi tarvittaessa käyttää 3D-mallinnettua kuljetinkokonaisuutta uuden kuumasinkityslaitoksen kokonaisvaltaisessa layout -suunnittelussa.</p>	
Avainsanat kuljetin, kuljetinsuunnittelu, kuumasinkitysprosessi	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering	
Author(s) Atte Kuisma	
Title of Thesis Designing a Conveyor for Hot Dip Galvanizing Plant	
Date 19.3	Pages/Appendices 33+1
Client Organisation /Partners Kuopion Rakenneasennus Oy	
<p>Abstract</p> <p>This thesis was done for Kuopion Rakenneasennus Oy, which manufactures metal structures and products. The client company will supply the necessary metal structures for the new hot-dip galvanizing plant. The aim of the thesis was to design a conveyor assembly for the hot-dip galvanizing plant to serve as part of the hot dip galvanizing process and to transfer hot-dip galvanized products in lifting beams.</p> <p>The conveyor type of the conveyor assembly, the main components, the heaters, the surrounding space, and the hatches were the most important objects to be planned in the design work. Corresponding conveyor assemblies are not available on the market for this purpose. The design was implemented with SolidWorks mechanical design software. The design of the conveyor was based on the use of prefabricated components. To avoid major structural problems, the structure of the hatches was examined using FEM modeling with SolidWorks Simulation software.</p> <p>The result of the work was a 3D-modeled conveyor assembly. The client company can use the 3D-modeled conveyor assembly in the comprehensive layout design of the new hot-dip galvanizing plant.</p>	
<p>Keywords conveyor, conveyor design, hot dip galvanizing process</p>	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	YRITYKSET	7
2.1	Kuopion Rakenneasennus Oy.....	7
2.2	Kuopion Kuumasinkitys Oy	7
3	KUUMASINKITYSPROSESSI	8
3.1	Edut ja rajoitukset.....	8
3.2	Kuumasinkittävien rakenteiden suunnittelu	9
3.3	Kappaletavaran kuumasinkityksen vaiheet	10
3.3.1	Esivalmistelut.....	10
3.3.2	Peittäus	11
3.3.3	Huuhtelu ja juoksutekäsittely	11
3.3.4	Upotus sulaan sinkkiin	11
3.3.5	Jäähdytys ja loppu valmistelut	11
4	KULJETTIMET	13
4.1	Historia	13
4.2	Kuljetintyytit	13
4.2.1	Hihnakuljettimet.....	13
4.2.2	Rulla- ja kiekkokuljettimet.....	14
4.2.3	Ketjukuljettimet	15
4.2.4	Lamellikuljettimet.....	16
4.2.5	Tärykuljettimet	17
4.2.6	Luisut.....	17
5	TUOTEKEHITYSPROJEKTI	19
5.1	Tuotekehitysprojektin vaiheet	19
5.1.1	Tuotekehitysprojektin käynnistäminen	20
5.1.2	Luonnostelu.....	20
5.1.3	Kehittely.....	20
5.1.4	Viimeistely	21
6	KULJETTIMEN SUUNNITTELU	22
6.1	Moottori ja vaihde.....	22
6.2	Kuljettimen runko ja taittopää.....	23

7	TILAN RAKENTEET	25
7.1	Luukkujen lujuustarkastelu	25
7.2	Sylintereiden voiman laskeminen	27
8	LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ	29
8.1	Kanavisto ja puhallinkotelot	29
8.2	Lämmittimet ja puhaltimet.....	30
9	YHTEENVETO.....	31
9.1	Tavoitteet.....	31
9.2	Tulokset	31
9.3	Pohdinta ja johtopäätökset	31
	LÄHTEET	32
	LIITEET	34

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on suunnitella kuljetinkokonaisuus Kuopion Rakenneasennus Oy:lle. Kuljettimen suunnittelu mahdollistaa sen valmistamisen kuumasinkityslaitokseen. Rakenneasennus toimittaa suunnitteilla oleviin Kuopion Kuumasinkitys Oy:n uusiin toimitiloihin teräsrakenteet ja muut tarvittavat metallityöt. Kuljettimen tarkoituksena on toimia osana kuumasinkitysprosessia.

Opinnäytetyön alussa käsitellään teoriaosiossa kuumasinkitysprosessia, erilaisia kuljetintyyppisiä ja tuotekehitysprossia. Nämä ovat keskeisimmät käsitteet, jotka tukevat opinnäytetyön toteuttamista.

Tavoitteena on suunnitella Solidworks -mekaniikkasuunnitteluohjelmistoa apuna käyttäen kuljetinkokonaisuus. Kuljettimen tarkoituksena on siirtää sinkittävät tuotteet nostopalkkiin ripustettuina seinämän alta peittaustilan puolelta varsinaisen kuumasinkitystilan puolelle. Nostopalkkeja käsiteltäisiin siltanostureita apuna käyttäen. Kuljetinkokonaisuuteen suunnitellaan kuljetintyyppi, kuljettimen pääkomponentit, lämmittimet, ympäröivän tilan rakenteet ja luukut, joilla tila voidaan avata ja sulkea. 3D-mallinnus helpottaa kokonaisuuden hahmottamista ja sitä voidaan käyttää osana kuumasinkityslaitoksen kokonaisvaltaista layout suunnittelua.

2 YRITYKSET

Tämä opinnäytetyö liittyy kahteen yritykseen. Yritykset kuuluvat samaan omistuspohjaan. Kuopion Rakenneasennus Oy on opinnäytetyön tilaaja ja Kuopion Kuumasinkitys Oy on yritys, jolle kuljetinkokonaisuus toteutetaan.

2.1 Kuopion Rakenneasennus Oy

Kuopion Rakenneasennus Oy on perheyritys, joka perustettu Kuopiossa vuonna 1987. Yritys on erikoistunut keskiraskaiden ja raskaiden teräsrakenteiden valmistukseen ja asennukseen. Yrityksen konekanta on monipuolinen ja se mahdollistaa toimitukset pienistä kappaletavaroista suuriin rakennekokonaisuuksiin. Tuotteet valmistetaan standardin SFS EN 1090- 2 +A1 vaatimusten mukaisesti ja niillä on CE-merkintäoikeus EXC3 toteutusluokkaan saakka. (Kuopion Rakenneasennus Oy, 2015)

Yritys valmistaa tuotteita rakennusliikkeiden, infrarakentajien, vesi- ja lämpölaitosten sekä teollisuuden tarpeisiin. Palveluihin kuuluu metallirakenteiden valmistuksen lisäksi työmailla suoritettavat purku-, hitsaus-, korjaus- ja nostotyöt. (Kuopion Rakenneasennus Oy, 2015)

Yrityksen toimitilat sijaitsevat Siilinjärvellä Toivalassa. Toimitilat ovat suuruudeltaan noin 3000 m² ja tuotantotilojen yhteydestä löytyy pintakäsittelyhalli. Kuopion Rakenneasennus työllistää noin 30 metallialan ammattilaista. (Kuopion Rakenneasennus Oy, 2015)

2.2 Kuopion Kuumasinkitys Oy

Kuopion Kuumasinkitys Oy on perustettu vuonna 1988. Kuumasinkitys on liittynyt Rakenneasennuksen kanssa samaan omistuspohjaan vuonna 2008. Yritys tarjoaa kuumasinkityspalvelua terästuotteiden korroosiosuojaukseen. Yritys kuumasinkittää monentyyppisiä terästuotteita muutaman kappaleen eristä toistuviin sarjoihin. Kuumasinkittyjä tuotteita menee rakennusalan käyttökohteisiin, tie- ja katurakentamiseen, sähkövoimatuotantoon, kulkuneuvoihin ja maataloustarvikkeisiin. (Kuopion Kuumasinkitys Oy, 2020)

Kuumasinkityslaitoksen asiakkaita ovat rakennusliikkeet, konepajat, kunnat sekä rakennus ja metalliteollisuuden parissa toimivat yritykset. Lisäpalveluina yritys tarjoaa tuotteiden hiekkapuhallusta, maalausta ja kuljetuspalveluja yhteistyössä lähialueen yritysten kanssa. (Kuopion Kuumasinkitys Oy, 2020)

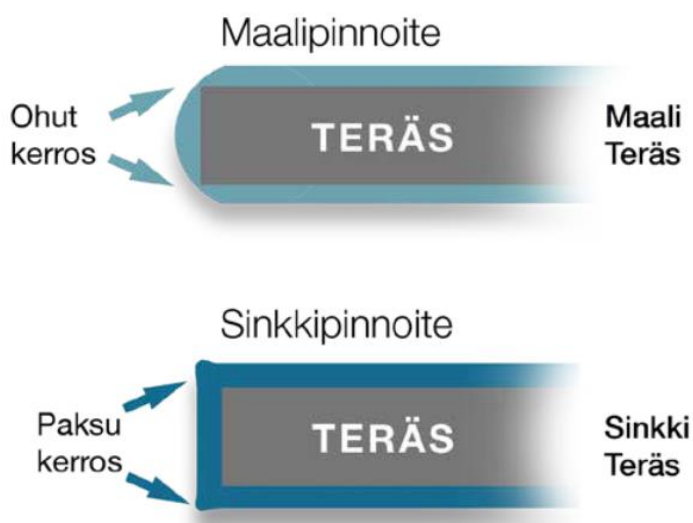
Kuopion Kuumasinkitys Oy on vakiintunut yhteistyökumppani usealle yritykselle Itä-Suomen alueella. Yritys myös palvelee asiakkaita valtakunnallisesti. Kuumasinkityslaitos sijaitsee Valtatie 5 varrella, ja se antaa hyvät mahdollisuudet jatkokuljetuksille ympäri Suomen. (Kuopion Kuumasinkitys Oy, 2020)

3 KUUMASINKITYSPROSESSI

Sinkitys on pinnoitusmenetelmä, jolla suojataan terästä korroosiolta. Sinkitysmenetelmiä on useita, sähkösinkitys, ruiskusinkitys, mekaaninen sinkitys, sherardisointi ja kuumasinkitys. Tässä opinnäytetyössä käsitellään vain yleisintä niistä, joka on kappaletavaran kuumasinkitys. Pinnoite syntyy teräkseen, kun se upotetaan sulaan sinkkikylpyyn, jonka lämpötila on 450–460 astetta. Sinkittävät tuotteet voivat vaihdella yksittäisistä kappaleista suuriin teräsrakenteisiin. Kuumasinkityksellä voidaan saavuttaa korkea sinkkipinnoite paksuus (60–160 µm). Sinkki on terästä epäjalompaa ja suojaa näin terästä katodisesti, joten se toimii uhrautuvana anodina. (Teräsrakenneyhdistys, 2019)

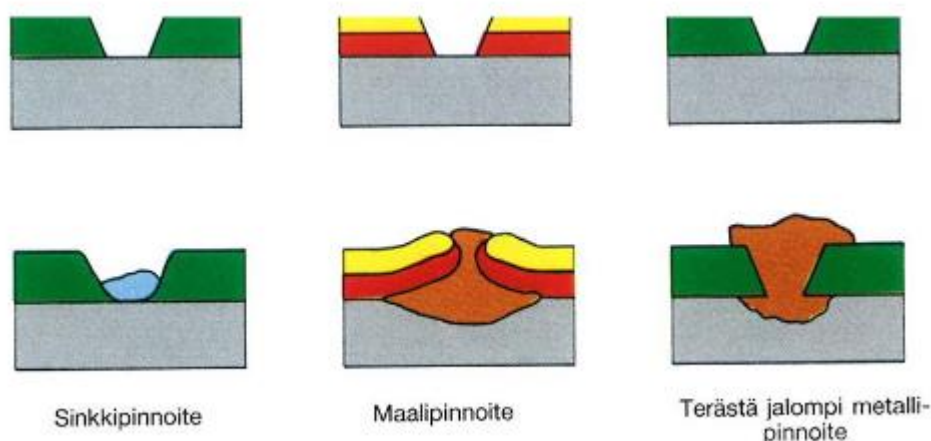
3.1 Edut ja rajoitukset

Kuumasinkityksen valmistus- ja vuosikustannukset ovat alhaiset. Vuosikustannuksiin vaikuttaa se, että pinnoitteen kestoikä on usein yhtä pitkä kuin rakenteen käyttöikä. Menetelmällä saadaan tasainen ja laadullisesti hyvä kerros, mikä kestää erittäin hyvin mekaanista rasitusta. Kuumasinkityksessä sinkkipinnoite saadaan myös vaikea pääsyisiin pintoihin ja rakenteiden sisäosiin. Myös terävien kulmien kohdalla pinnoite on vähintään yhtä paksu kuin tasomaisilla pinnoilla. (kuva 1) (Nordic Galvanizers, 2020)



KUVA 1. Sinkkipinnoite terävillä kulmilla maalia paksumpi. (Nordic Galvanizers, 2020)

Kuumasinkityksen korroosiosuojan ylivoimaisin etu on sen katodinen ominaisuus, jossa sähkökemiallinen vaikutus suojaa terästä ruosteelta sinkkipinnoitteen vahingoittuessa. Epäjalompana metallina sinkki "uhrautuu" ja suojaa terästä katodisesti. Maalipinnan vahingoittuessa teräs pääsee ruostumaan ja ruoste tunkeutuu maalipinnan alle irrottaen maalin. Korroosio jatkuu, kunnes vahinko on korjattu. Terästä jalompia metalleja, kuten kromia, kuparia tai nikkeliä käytettäessä pinnoitteena tilanne on taas erilainen. Pinnoitteen vahingoittuessa teräksen syöpyminen on voimakkaampaa kuin suojaamattomalla teräksellä. Korroosio on usein pistesyöpymää ja se saattaa läpäistä teräksen. (kuva 2) (Nordic Galvanizers, 2020)



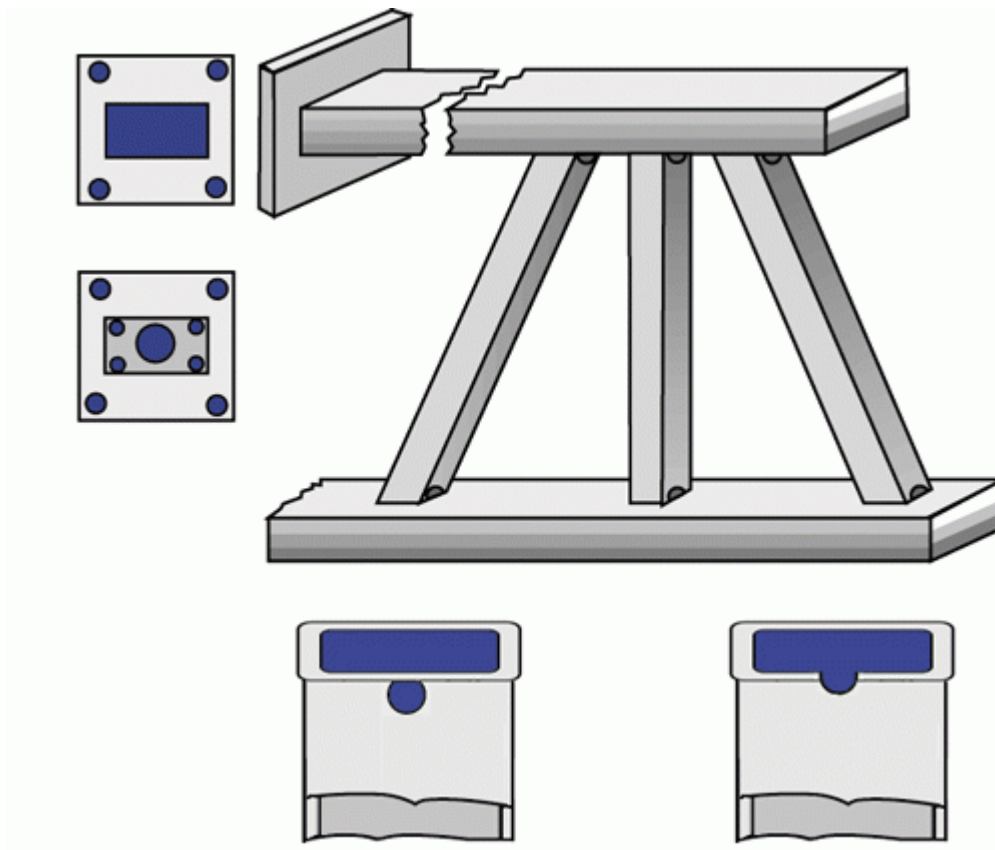
KUVA 2. Vaurioiden seuraukset eri pinnoitteilla. (Teräsrakenneyhdistys, 2020)

Kuumasinkitykseen liittyy myös rajoituksia. Kuumasinkitystä ei voida suorittaa asennuspaikoilla, vaan se tapahtuu aina kuumasinkityslaitoksessa. Sinkittyjen tuotteiden väriä voidaan muuttaa vain päälle maalaamalla. Sinkittävien teräsrakenteiden kokoa rajoittaa kuumasinkitysaltaan koko. Allasta suurempia kokonaisuuksia voidaan liittää toisiinsa hitsaamalla tai ruuviliitoksin. Kuumasinkitys saattaa myös aiheuttaa muodonmuutoksia kylmämuovattuihin pintoihin, kuten levyihin ja kapeisiin palkkeihin. (Nordic Galvanizers, 2020)

3.2 Kuumasinkittävien rakenteiden suunnittelu

Rakennesuunnittelussa on huomioitava jo aiemmin mainittu kuumasinkitysaltaan koko. Rakenteiden suunnitteleminen ruuviliitoksin verrattuna hitsausliitoksiin on suositeltavampaa. Näin vältetään hitsattujen kohtien vaivalloisilta pintojen korjauksilta. Monesti myös asentaminen ruuviliitoksia hyväksikäyttäen on hitsausta nopeampaa. (Nordic Galvanizers, 2020) Ruuviliitoksien reikien suunnittelussa on huomioitava sinkin tarttumisen reikien reunoille. Tästä syystä reiät on syytä hieman ylimitoittaa. Mikäli reiät ovat sinkityksen jälkeen liian pienet, ne voidaan avata uudelleen poraamalla. Reiitys tai poraus ei aiheuta uudelleen sinkitystä, sinkityksen katodisten ominaisuuksien vuoksi. (American Galvanizer Association, 2020)

Sinkittävät rakenteen on suunniteltava niin, että peittaushappo ja sula sinkki pääsee rakenteiden sisälle. Rakenteisiin ei saa jäädä umpinaisia tiloja tai taskuja, joten niihin on suunniteltava valutus ja ilmanpoistoaukkoja. Mikäli rakenteisiin syntyy ilmataskuja jää rakenteet niiltä osin pinnoittamatta. Reikiä on tehtävä kaikkiin rakenteiden risteyskohtiin (kuva 3). Aukotusta suunniteltaessa on huomioitava myös rakenteiden vino nostoasento, minkä ansiosta ylijäämä sinkki valuu pois rakenteista. Aukotuksia suunniteltaessa on suositeltavaa ottaa yhteyttä sinkitsijään. Näin varmistetaan aukotusten riittävät koot ja oikeat sijainnit. (Teräsrakenneyhdistys, 2019) (Nordic Galvanizers, 2020)



KUVA 3. Hitsattujen rakenteiden aukotus. (American Galvanizer Association, 2020)

Hitsatuissa rakenteissa on syytä välttää limiliitoksia ja ahtaita rakoja. Rakenteiden suunnittelussa on siis vältettävä päällekkäisiä pintoja. Mikäli ne ovat tärkeitä rakenteen kannalta, on hitsaus tehtävä kokonaan liitoksen ympäri. Suurilla päällekkäisillä pinnoilla on käytettävä myös aukotuksia, muuten rakenne saattaa räjähtää sinkkikylvyssä. Limiliitoksiin ja ahtaisiin rakoihin syntyy ns. happopesäkkeitä. Peittauksessa happo pääsee tunkeutumaan ahtaisiin tiloihin, mutta sitä ei saada sieltä pois. Happo saattaa myöhemmin syövyttää reikiä valmiiseen sinkkipinnoitteeseen. Korrosio pääsee alkuun happopesäkkeistä ja syntyvä ruoste pilaa pinnoitteen ulkonäön. Tästä syystä sinkityissä rakenteissa on suositeltavampaa käyttää päittäisliitoksia. (Nordic Galvanizers, 2020)

3.3 Kappaletavaran kuumasinkityksen vaiheet

3.3.1 Esivalmistelut

Kuumasinkittävistä kappaleista on poistettava mekaanisesti maali, rasva, noki, hitsauskuona ja muut epäpuhtaudet ennen peittautusta. Valukappaleista muottihiekka voidaan poistaa suihkupuhaltamalla. (Nordic Galvanizers, 2020) Sinkittävät kappaleet on varustettava nostolenkeillä tai rei'illä, josta kappaleet saadaan ripustettua nostovälineisiin. Reiät ja nostokohdat on hyvä ottaa huomioon jo terästuotteiden ja -rakenteiden suunnitteluvaiheessa, jolloin ne voidaan sijoittaa pois tuotteiden näkyviltä pinnoilta. (American Galvanizer Association, 2020)

3.3.2 Peittaus

Teräksen pinnalta poistetaan ruoste- ja hilsekerrokset peittauksella laimennetussa suola- tai rikkihappossa. Suolahapon etuna on se, että sen peittausvaikutus toimii rikkihappoa paremmin matalamissa lämpötiloissa. Peittauksen tarkoituksena on puhdistaa teräksen pinta ruosteesta, jotta sinkki tarttuisi teräksen pintaan paremmin ja muodostaisi yhtenäisen näköisen pinnoitteen. Peittausaikaan vaikuttaa hapontyyppi, happokonsentraatio ja lämpötila. (American Galvanizer Association, 2020)

3.3.3 Huuhtelu ja juoksutekäsittely

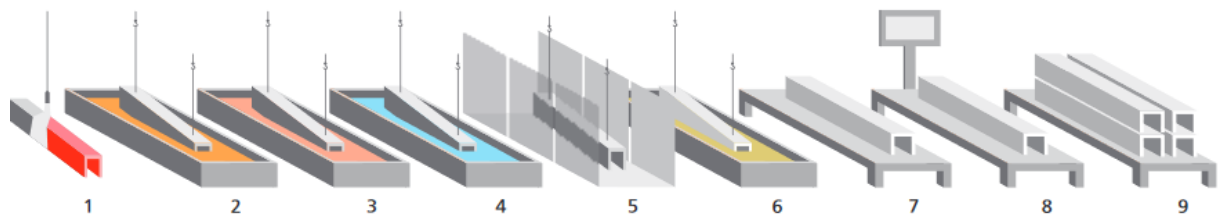
Peittausvaiheen jälkeen kappaleille tehdään vesihuuhtelu, jossa pintaan jääneet ylimääräiset happojäänteet huuhtoutuvat pois. Tämän jälkeen prosessissa on käytössä kahta eri menetelmää, joita kutsutaan märkä- ja kuivamenetelmiksi. Märkämenetelmässä ammoniumkloridi juoksutekylpy on suoraan sinkkipadan pinnalla. Kosteat kappaleet lasketaan altaaseen juoksutekerroksen läpi ja nostetaan juoksuteainekerroksesta vapaana pidetyn sinkkitysaltaan puolen kautta ylös. Kuivamenetelmässä vesihuuhtelun jälkeen sinkittävät kappaleet upotetaan juoksutealtaaseen, jossa on sinkki-ammoniumkloridi-liuosta. Tämän jälkeen kappaleet kuivataan ennen sinkkialtaaseen menoa. Märkä- ja kuivamenetelmä ovat laatu ja korroosio-ominaisuuksiltaan tasa-arvoisia. (Nordic Galvanizers, 2020)

3.3.4 Upotus sulaan sinkkiin

Ennen teräskappaleiden upotusta ja nostoa sulasta sinkkikylvystä (n. 460 °C), altaan pinta puhdistetaan oksideista ja juoksutejäänteistä. Sinkkikylvyssä rauta ja sinkki reagoivat keskenään muodostaen erilaisia rautasinkkifaaseja. Pinnoitteen pintaa kohti rautapitoisuus pienenee asteittain ja kappaleiden nostovaiheen aikana pinnoitteen uloimmaksi kerrokseksi jää puhdas sinkkikerros. Upotusaika on n. 3–6 minuuttia, joka määräytyy kappaleen koon, ainevahvuuden ja painon mukaan. Pinnoitekerroksen paksuus voi vaihdella 60–150 µm välillä, teräksen Si-pitoisuudesta ja upotusajasta riippuen. (Teräsrakenneyhdistys, 2020)

3.3.5 Jäähdytys ja loppu valmistelut

Sinkkikylvyn jälkeen kappaleet voidaan jäähdyttää ilmassa tai vedessä. Jäähdytyksen jälkeen kappaleet ovat valmiita viimeistelyyn, tarkastukseen, punnitukseen ja lastaukseen. Punnituksesta selviävästä painosta muodostuu sinkitysprosessin alkukustannukset. (Nordic Galvanizers, 2020)



KUVA 4. Kuumasinkityksen vaiheet. (Teräsrakenneyhdistys, 2020)

1. Esivalmistelut
2. Ruosteenpoisto happopeittauksella
3. Huuhtelu
4. Juoksuteainekäsittely
5. Kuivaus
6. Kuumasinkitys
7. Jäähdytys
8. Punnitus
9. Tarkastus ja mittaus

4 KULJETTIMET

Kuljetin on teollisuudessa yleisesti käytettävä siirtolaite, jonka tehtävänä on siirtää kappale tai kappaleet paikasta toiseen. Kuljettimet voivat toimia eri kaltevuuksilla, vaakatasosta pystysuoraan. Pystysuoraan toimivia kuljettimia kutsutaan elevaattoreiksi eli hisseiksi. Tässä opinnäytetyössä ei paneuduta elevaattoreihin.

4.1 Historia

Ensimmäiset alkeelliset hihnakuljettimet keksittiin 1800-luvulla. Kuljetintekniikan kehityshistoria alkoi 1900-luvun alusta sähkömoottorin kehityksen myötä. Vuonna 1901 ruotsalainen yritys Sandvik kehitti teräksistä nauhaa käyttävän kuljettimen ja aloitti sen tuotannon. Jo vuonna 1905 Richard Sutcliffe keksi ensimmäiset kuljetushihnat hiilikaivostoimintaan, mikä mullisti kaivosteollisuuden. Hymle Goddard of Logan Company patentoi ensimmäisenä rullakuljettimen vuonna 1908. Kuljetin historian yksi kuuluisimmista ratkaisuksista on Henry Fordin vuonna 1913 esittelemä kuljetinhihnoilla varustettu kokoonpanolinja. (Wolverhampton Handling, 2015)

Kuljetinhihnat ovat olleet yleisiä jo 1920-luvulla. Yksi käännekohdista hihnakuljettimien historiassa oli synteettisten kuljetinhihnojen käyttöönotto. Ne otettiin käyttöön toisen maailmansodan aikana, lähinnä luonnonmateriaalien, kuten puuvillan, kumin ja kankaan, niukkuuden vuoksi. Siitä lähtien synteettiset kuljetinhihnat ovat olleet suosittuja eri aloilla. (Pettersson, 2006)

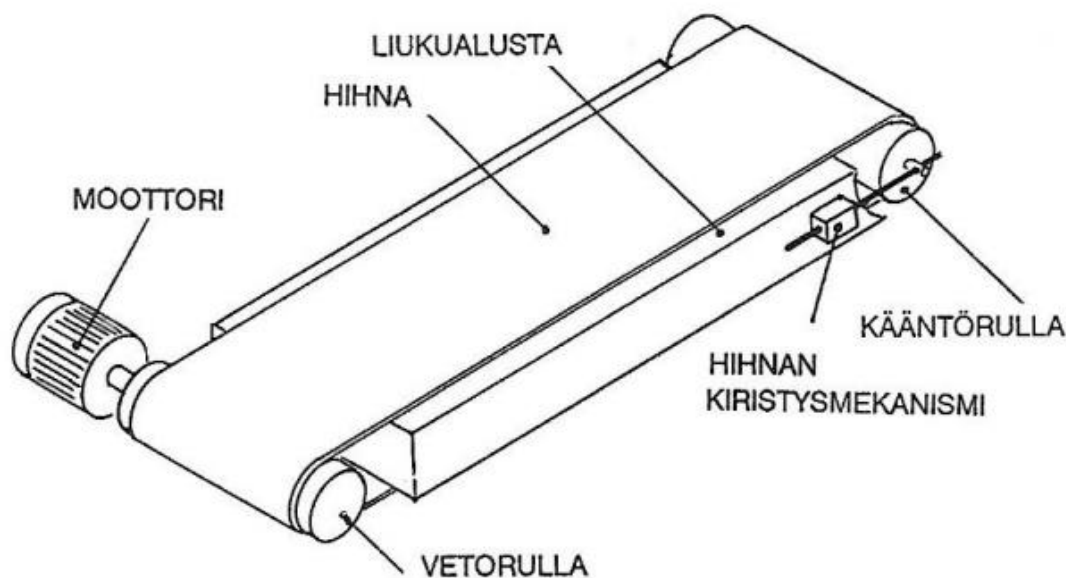
4.2 Kuljetintyypit

Kuljetintyyppejä on monenlaisia, tässä opinnäytetyössä käsitellään yleisimpiä lähisiirtoon tarkoitettuja kuljetinmalleja, poisluettuna elevaattorit.

4.2.1 Hihnakuljettimet

Hihnakuljettimen pääosana toimii päätön hihna, jonka päällä lepäävät kuljetettavat materiaalit ja kappaleet. Hihnateriaalit ovat yleisimmin valmistettu kumista tai muovista. Erilaisten tartuntapintojen ja ulokkeiden avulla hihnakuljettimia voidaan käyttää myös jyrkissä nousuissa ja laskuissa. Maksimi kaltevuuskulmat vaihtelevat 25–40°C:seen. Hihnakuljettimet ovat usein sähkömoottorilla ja alennusvaihteella varustettuja. Kääntörulla tai vetorulla on muodoltaan kupera, muoto pyrkii keskittämään hihnaa. Hihnan kiristys- ja säätömekanismilla pyritään pitämään hihnan kireys vakiona, hihnan venymisestä huolimatta. (Fonselius;Laitinen;Pekkola;& Suosara, 1988, ss. 40-59) (Kotamäki & Nyberg, 1992, ss. 56-61)

Hihnakuljettimissa kaksi yleisintä tyyppiä toteuttaa hihnan kannatus ovat liukualustainen- ja rullakannatteinen hihnakuljetin. Liukualustaisessa hihnakuljettimessa hihnan kannattimena toimii sileä levy (kuva 5). Hihnan kitkan tulisi olla mahdollisimman pieni, koska sillä on suuri kosketuspinta-ala liukualustaan. Liukualustainen hihnakuljetin soveltuu lähinnä kevyiden kappaleiden kuljetukseen. Rullakannatteinen hihnakuljetin taas soveltuu raskaillekin kappaleille, koska sen kitkahäviöitä on pienennetty levyn sijasta laakeroiduin rullin. (Fonselius;Laitinen;Pekkola;& Suosara, 1988, ss. 40-59) (Kotamäki & Nyberg, 1992, ss. 56-61)



KUVA 5. Liukualustainen hihnakujeitin. (Kotamäki & Nyberg, 1992, ss. 56-61)

Erikoishihnakujeitimiksi luokitellaan mm. teleskooppi-, magneetti- ja kaarrehihnakujeittimet. Teleskooppihihnakujeittimen etuna on sen pituuden muunneltavuus. Hihna on yhtenäinen, mutta kiristysmekanismi pitää hihnan kireällä kujeittimen pituuden muutoksesta huolimatta. Teräs- ja rautakappaleita voidaan kujeittaa hihnakujeittimella, jossa on magneeteilla varustettu alumiininen liukualusta. Näin kappaleiden ja hihnan välinen kitka tehostuu puristuksen ansiosta. Kaarrehihnakujeittimen rullat ja hihna ovat kartiokkaita. Kaarrehihnakujeittimen avulla voidaan toteuttaa kappalevirtojen haarautumisia tai yhtymisiä, sekä kappaleiden siirtoja tai kääntöjä. (Kotamäki & Nyberg, 1992, ss. 56-61)

4.2.2 Rulla- ja kiekkokujeittimet

Rullakujeittimet ovat yleisimpiä kappaletavara kujeittimia. Rullakujeittimet koostuvat kahdesta reuna-palkista ja niiden väliin asennetuista laakeroiduista rullista. Vähintään kolmen rullan on kannatettava kujelettavaa kappaletta samanaikaisesti, jotta kujeitin toimii moitteettomasti. Rullakujeittimella voidaan kujeuttaa raskaitakin kappaleita, koska kitkahäviöt ovat pieniä. Kujelettavien kappaleiden pohjien tulisi olla sileitä ja kovia. Pienemmät kappaleet voidaan pakata myös laatikoihin tai paletteihin, jolloin niitä voidaan siirtää rullakujeittimilla. (Fonselius;Laitinen;Pekkola;& Suosara, 1988, ss. 40-59)



KUVA 6. Vapaasti pyörivä rullakuljetin Ergolift Q70. (Oy Ergolift Ab)

Rullat voivat olla vapaasti pyöriviä, jolloin kappaleet liikkuvat joko työntämällä tai kaltevilla kuljettimella painovoiman vaikutuksesta. Vapaasti pyöriviä rullakuljettimia voidaan myös käyttää kappaleiden varastointiin. Usein tällaiset kuljettimet toimivat tuotannossa välivarastona valmistuslinjalla. Rullakuljetin voidaan myös moottoroida. Näin kappaleet saadaan liikkumaan vaakatasossa tai loivassa nousussa toimivalla kuljettimella. Yleisin käyttötapa vedon välitykseen on ketjuvälitys. Ketjuvälityksessä rullien päissä on ketjupyörät ja ketju joko menee ketjupyörältä toiselle tai vain sivuaa niitä. Kitkavälitteisissä rullakuljettimissa voi olla rullien alla kulkeva hihna tai pyöröhihnat, jotka saavat käyttönsä erilliseltä akselilta. (Fonselius;Laitinen;Pekkola;& Suosara, 1988, ss. 40-59)

Kiekkokuljettimissa toimintaperiaate on sama kuin rullakuljettimissa. Rullat on jaettu useammaksi erilliseksi kiekoksi eli pyöräksi. Kiekoilla kosketuspinta-ala on pienempi ja niillä päästään kevyempään ratkaisuun. Mikäli kiekot asetetaan lomittain, saadaan aikaan rullia tiheämpi jako. Kiekkokuljettimet on tarkoitettu kevyemmille kappaletavaroille kuin rullakuljettimet. Kiekkokuljettimien avulla voidaan toteuttaa liittymiä ja risteysia asettamalla kiekkoja eri kulkusuuntiin. Erisuuntiin ohjaavia kiekkoja voidaan käyttää nostamalla niitä muita kiekkoja ylemmäksi ja näin vaikuttaa kappaleiden kulkusuuntaan. (Kotamäki & Nyberg, 1992, ss. 56-61)

4.2.3 Ketjukuljettimet

Ketjukuljettimet voivat koostua joko yhdestä tai useammasta ketjusta ja niillä voidaan siirtää raskaitakin kappaleita. Ketjukuljettimen rakenne on usein riippuvainen siitä, miten ketju on yhteydessä siirrettävään kappaleeseen. Ketju voi välittömästi kantaa ja siirtää kappaleita, kantaa ja siirtää kappaleita ketjuun kiinnitetyn elimen avulla tai hinata kappaleita tartuntalaitteen avulla. Usein kuljetettava kappaleet lasketaan suoraan ketjun päälle, minkä takia kappaleen pohja pitää olla kova ja tasainen. Ketjukuljettimia käytetään usein muiden kuljetusjärjestelmien kanssa. Ketjukuljetin voi esimerkiksi siirtää kappaleet poikittaissuunnassa rullakuljettimelta toiselle (kuva 7).

(Fonselius;Laitinen;Pekkola;& Suosara, 1988, ss. 40-59)



KUVA 7. Ketjukuljetin rullakuljettimien yhteydessä. (Ferroplan Oy)

Ketju voi liukua kuljettimen johteiden päällä tai kitkan pienentämiseksi ketju voidaan varustaa rullilla. Jos ketjukuljettimella halutaan tehdä kaarteita, se voidaan varustaa kahdessa tasossa taipuvalla nivelketjulla. Kuljetin on tällöin yksiketjuinen. Nivelketjuilla kappaleita voidaan siirtää kuljettimelta toiselle. (Fonselius;Laitinen;Pekkola;& Suosara, 1988, ss. 40-59)

4.2.4 Lamellikuljettimet

Lamellikuljetin muodostuu ketjuun tai ketjuihin kiinnitetyistä lamelleista. Lamellikuljettimet muuntautuvatkin usein ketjukuljettimien pohjalta. Lamellikuljettimia käytetään raskaiden, kuumien, kulmikaiden ja epämuotoisten kappaleiden kuljettamiseen. Lamellit muodostavat tasomaisen alustan, jonka päällä kuljetettavat kappaleet lepäävät. Kuljettimen lamelleista voidaan tehdä yhtenäinen alusta, kun lamellit menevät limittäin tai ne ovat nivelletty toisiinsa. Lamellit voidaan valmistaa teräksestä, muovista, puusta, kivistä ja keraamista. Kun lamellit valmistetaan kuumankestävästä materiaalista, voidaan lamellikuljettimia käyttää esimerkiksi uuneissa. Lamellikuljettimet ovat yleensä melko hitaita ja saattavat olla äänekkäitä. Muihin kuljettimiin verrattuna niillä on myös suuri energian kulutus. (Fonselius;Laitinen;Pekkola;& Suosara, 1988, ss. 40-59)

Useampi ketjuiset lamellikuljettimet taipuvat vain yhdessä tasossa ja muistuttavat ulkonäöllisesti hihnakuljetinta. Yksiketjuinen lamellikuljetin voi taipua kahdessa tasossa nivelketjun ansiosta. Näin kuljettimella pystytään toteuttamaan kaarteita (kuva 8). Sisäkaarteissa lamellit lähenevät tai painuvat limittäin toistensa päälle. (Fonselius;Laitinen;Pekkola;& Suosara, 1988, ss. 40-59)



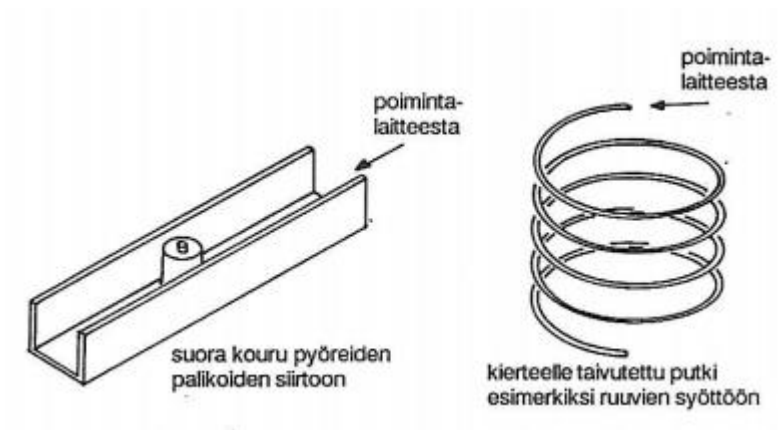
KUVA 8. Yksiketjuinen lamellikuljetin. (Indiamart)

4.2.5 Tärykuljettimet

Tärykuljettimilla voidaan siirtää kappaleita sekä jauhe- ja raemaisia aineita tasossa tai loivassa ylämäessä. Tärykuljetin voi olla taso, kouru, putki, tai spiraali, johon on yhdistetty tärymoottori-, lineaari- tai magneettitoimilaite. Tärykuljettimissa alusta laitetaan värähtelemään sopivalla taajuudella, mikä saa kappaleet hypähtämään aina pienen matkan. Tärykuljettimilla materiaalit voivat olla suuri-koisesta sorasta aina hienojakoiseen jauheeseen. Myös hellävaraisesti käsiteltävät materiaalit, kuten ruuti on sovellettavissa tärykuljettimille. (Fonselius;Laitinen;Pekkola;& Suosara, 1988, ss. 40-59) (Tärylaite Oy, 2021)

4.2.6 Luisut

Luisut, joita kutsutaan myös liu'uiksi, ovat yksinkertaisimpia materiaalin siirtimiä. Ne ovat käyttövarmoja, koska niissä ei ole liikkuvia osia. Usein huolloksi riittää puhdistaminen ja kuluneiden osien uusiminen. Materiaalit liukuvat alaspäin kaltevaa alustaa pitkin, joten luisun toiminta perustuu painovoiman käyttöön. Suoria luisuja käytetään usein, kun tilaa on riittävästi ja korkeusero on pieni. Kierreluisun etuna on se että, se sopii suurillekin korkeuseroille ja se vaatii vähän lattiapinta-alaa (kuva 8). Luisun tarvittavaan kaltevuuteen vaikuttaa kappaleen ja luisun välinen kitka. Usein sopiva kaltevuus selviää vain kokeilemalla. (Fonselius;Laitinen;Pekkola;& Suosara, 1988, ss. 40-59)



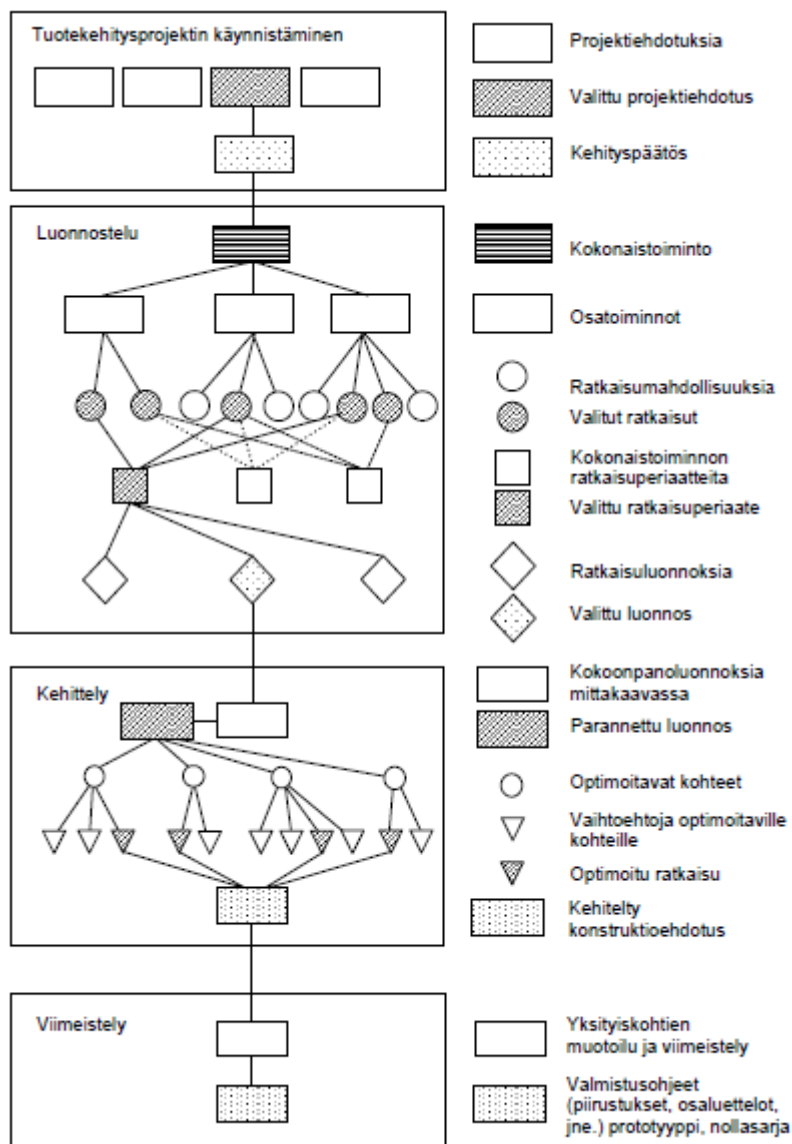
KUVA 8. Suoraluisu ja kierreluisu. (Kotamäki & Nyberg, 1992, s. 61)

5 TUOTEKEHITYSPROJEKTI

Tuotekehitysprojekti on toteutus, joka sisältää tavoitteet, resurssit ja aikataulun. Tuotekehitysprojektista on olemassa useita erilaisia malleja. Kaikkiin malleihin voidaan katsoa kuuluvan ainakin tarvekuvaus, luovan työn vaihe ja detajisuunnittelu. Karkeasti jaettuna mallit jakautuvat peräkkäismalliin (vesiputousmalli) ja spiraalimalliin. Peräkkäismallissa vaiheet seuraavat toisiaan ja seuraava vaihe ei voi alkaa ennen kuin edellinen vaihe on saatu päätökseen. Spiraalimallissa vaiheet on sijoitettu ympyrämäisesti ja vaiheita kierretään koko prosessin ajan tarkentaen kohti lopullista ratkaisua. On olemassa myös sosiaalisen median menetelmiä, joissa prosessi etenee useiden osallistujien toimesta tavallisia projekteja hallitsemattomammin. (Hietikko, 2008, ss. 41-50)

5.1 Tuotekehitysprojektin vaiheet

Tässä opinnäytetyössä käsitellään peräkkäismallista tuotekehitysprojektia. Projektin vaiheet on jaoteltu selkeästi neljään toimintavaiheeseen: Käynnistäminen, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. (kaavio 1)



KAAVIO 1. Tuotekehitysprojektin vaiheet. (Jokinen, 2001, s. 16)

5.1.1 Tuotekehitysprojektin käynnistäminen

Tuotekehitysprojektin perusedellytyksenä on uuden tuotteen tai innovaation tarve ja mielikuva sen toteuttamismahdollisuudesta. Tarpeen ja toteuttamismahdollisuuksien havaitseminen voi tapahtua sattumalta tai systemaattisen hakutoiminnan tuloksena. Tarve voi syntyä esimerkiksi markkinoiden palautteesta, uudesta teknologiasta tai valmiin tuotteen parantamisesta. (Jokinen, 2001, ss. 14-100) (Hietikko, 2008, ss. 41-50)

Tuoteideoiden löytämiseksi tarvitaan yrityksen sisäistä ja ulkopuolista tietoa. Sisäistä tietoa ovat esimerkiksi yrityksen taloudelliset mahdollisuudet, käytettävissä olevat tuotantovälineet ja valmistuskapasiteetti ja henkilökunnan tietotaso. Tietoa yrityksen ja sen tuotteiden asemasta saadaan ulkoisilta lähteiltä kuten, jakelijoilta, toimittajilta, kilpailijoilta ja asiakkailta. Tärkeimpänä näistä voidaan asiakkaita, koska tuotekehitysprojektin tulisi keskittyä asiakkaan arvon luomiseen. (Jokinen, 2001, ss. 14-100) (Marketing-insider, 2015)

Valitusta tuoteideasta laaditaan kehitysehdotus, joka sisältää tuotteen kuvauksen, tekniset- ja taloudelliset vaatimukset, käytettävissä olevan kehityspanoksen ja aikataulun. Kun yrityksen johto on tehnyt kehitysehdotuksesta kehityspäätöksen, on seuraavana vuorossa luonnosteluvaihe. (Jokinen, 2001, ss. 14-100)

5.1.2 Luonnostelu

Kehityspäätöstä valmistelleista henkilöistä vain osa jatkaa projektin tuotekehitystyössä. On myös mahdollista, että kaikki henkilöt ovat vaihtuneet. Tästä syystä luonnosteluvaihe aloitetaan tehtävän analysoinnilla. Uudelle tuotteelle asetetaan myös vaatimukset ja tavoitteet. Luonnostelu vaiheessa etsitään vaihtoehtoisia ratkaisuluonnoksia kehitettävälle tuotteelle. (Jokinen, 2001, ss. 14-100)

Luonnostelu on luovaa työtä, jossa pyritään generoimaan mahdollisimman paljon ideoita ja luonnoksia. Luonnosteluvaiheessa ei pyritä vielä yksityiskohtaisiin mittakaavaan laadittuihin piirustuksiin, vaan lähinnä käsivaraisiin luonnoksiin, jotka selventävät esimerkiksi tuotteen rakennetta, ulkonäköä tai ratkaisuperiaatetta. Osatoimintojen ratkaisusta valitaan parhaimmat ja niitä yhdistelemällä etsitään kokonaistoiminnon ratkaisuperiaatteita. Ratkaisuperiaatteista yksi tai useampi kehitetään konkreettiseksi ratkaisuluonnoksiksi, joista yleensä aika- kustannussyistä vain yksi valitaan kehitettäväksi lopulliseksi tuotteeksi. (Jokinen, 2001, ss. 14-100) (Hietikko, 2008, ss. 41-50)

5.1.3 Kehittely

Kehittely vaiheen lähtökohtana toimii ratkaisuluonnos. Tuotteen kehittäminen alkaa konstruktion laatimisella mittakaavassa. Aluksi on hyvä kerrata vielä tuotteen vaatimukset ja tavoitteet kuten mittavaatimukset, toiminnalliset vaatimukset ja raaka-ainevaatimukset. Heikkojen kohtien poistaminen tapahtuu uusien ratkaisumahdollisuuksien ideoinnilla ja kyseisten kohtien uudelleensuunnittelulla. Suunnittelun tulos arvioidaan teknisten ja taloudellisten kriteerien mukaan. Tuotteen valmistuskustannuksiin ja teknisiin ominaisuuksiin oleellisesti vaikuttavat osat pyritään optimoimaan. Mikäli tilanne tässä vaiheessa vaikuttaa ratkeamattomalta, voidaan vielä hylätä ratkaisuluonnos ja ottaa kehitystyön pohjaksi toinen ratkaisuluonnos. (Jokinen, 2001, ss. 14-100)

Koneensuunnittelussa käytetään usein apuna mallinnusta, simulointia ja CAD-ohjelmistoja. Ohjelmistoilla tehdään tarkemmat toiminnalliset spesifikaatiot ja ohjelmiston arkkitehtuurikuvaukset. Tuotteen ulkonäkövaatimusten suunnittelun tueksi voidaan kutsua suunnitteluryhmään teollinen muotoilija. Kehittelyvaiheen tuloksena on kaikki asetetut vaatimukset täyttävä konstruktio. Kehittelyvaihe päättyy kehitetyn konstruktion vahvistuspäätökseen. (Jokinen, 2001, ss. 14-100) (Conseptas Oy, 2020)

5.1.4 Viimeistely

Viimeistelyvaiheessa tuotetaan kehitellystä konstruktiosta tuotedokumentaatiot, kuten työpiirustukset, työselitykset, asennus-, kuljetus- ja käyttöohjeet. Tässä vaiheessa päätetään lopullisesti tuotteeseen käytettävät raaka-aineet, valmistustavat, toleranssit ja pintakäsittelyt. Kun osien kuvat ovat valmistuneet, luodaan tuotetta vastaava prototyyppi. Prototyypin ei aina tarvitse olla täysin yhtenevä lopullisen tuotteen kanssa. Varsinaisen prototyypin voi joskus korvata esimerkiksi pienoismalli tai 3D-malli. Prototyyppien rakentamisesta ja testeistä syntyy usein virhelistaa, jotka korjataan lopulliseen tuotteeseen. (Conseptas Oy, 2020) (Jokinen, 2001, ss. 14-100)

Valmistettavuuden parantamiseksi voidaan tehdä koesarja eli 0-sarja. Sen avulla optimoidaan valmistusprosessia, eliminoidaan häiriöitä tuotannosta ja koulutetaan työntekijöitä. Nollasarja antaa myös informaatiota valmistuskustannuksista sekä tuotteen teknisistä ominaisuuksista. (Hietikko, 2008, ss. 41-50)

Ennen valmistuksen aloittamista tarkistetaan tuotedokumentaatioiden olevan yrityksen standardien mukaisia, yksikäsitteisiä, valmistusystävällisiä ja täydellisiä sisältäen tarvittavat erityisvalmistusohjeet. Lopullinen päätös tuotannon aloittamisesta voidaan tehdä, kun viimeistelyvaihe on saatu päätökseen. Tuotekehitystyö ei pääty kuitenkaan tuotannon aloittamiseen. Jotta sarjatuote pysyisi kilpailukykyisenä mahdollisimman pitkään, on tuotetta ja tuotantoa kehitettävä jatkuvasti. (Jokinen, 2001, ss. 14-100)



Viimeistelyn vaiheet. (Jokinen, 2001, s. 97)

6 KULJETTIMEN SUUNNITTELU

Suunnittelutyö aloitettiin mallintamalla luonnos kuljettimella siirrettävistä nostopalkkeista. Nostopalkin mitoitukseen vaikuttavat sinkityspadan mitat; pituus 8.5 m, leveys 1.5 m ja syvyys 3 m. Nostopalkista roikkuvat sinkittävät tuotteet eivät voi olla kosketuksissa kuljettimeen siirron aikana. Nostopalkin päissä on poikittain palkit, jotka ovat alapinnoiltaan kosketuksissa kuljettimeen. Kuljettimen täytyisi pystyä siirtämään kolmea nostopalkkia kerralla, ja niiden kokonaismassaksi määritettiin 12 000 kg. Kuljettimen tyypiksi valikoitui näin ollen ketjukuljetin. Ketjukuljetin pystyy siirtämään raskaita kappaleita ja ketju voi tässä tapauksessa välittömästi kantaa nostopalkkeja.

Kuljetin tekee useita pysähdyksiä päivässä. Ketjuun kohdistuu suurin kuorma liikkeellelähdyksissä, lepoitkan vaikutuksesta. Ketjuksi valikoitui M80 B 80. M80 tarkoittaa murtokuormaa, joka on 80 kN. B tarkoittaa, että ketju on varustettu ryntörullin. Ja viimeinen luku 80 tarkoittaa ketjun tappien välistä jakoa, joka on 80 mm. Liikkeellelähdön helpottamiseksi valittiin ryntörullin varustettu ketju. Ryntörullat ovat ketjun tappien ympärillä olevat holkit, jotka helpottavat ketjun liikkeellelähtöä, toimivat eräänlaisina pyörinä. Ketjun jako pidettiin kohtuullisen pienenä, jotta nostopalkista kohdistuva kuorma jakautuisi useammalle ketjun tapille.

6.1 Moottori ja vaihde

Moottorin ja vaihteen määrittämiseksi, laskettiin aluksi ketjuun kohdistuva voima. Kuljettimeen kohdistuva kokonaismassa jaettiin kahdella, koska kuljetinkokonaisuuden molemmilla puolilla on oma ketju, moottori ja vaihde. Kuljetin tekee pysähdyksiä, joten ketjuun kohdistuva suurin voima syntyy liukumisrajalla, juuri ennen ketjun liikkeelle lähtöä. Tämä laskettiin kaavalla (Mäkelä, Soininen, Tuomola, Öistämö, 2016, s. 102)

$$F_{\mu} = \mu_s \times G = 0,11 \times 58860 \text{ N} = 6474,6 \text{ N} \quad (1)$$

Missä

μ_s = Lepokitkakerroin = 0,11, teräs ja teräs (voitelu)

G = Massasta ja putoamiskihtiyydestä muodostuva painovoima = 58860 N

Ketjuvoiman pohjalta laskettiin vääntömomentti. Vääntömomentin säteenä käytettiin ketjupyörän jakohalkaisijasta 259 mm saatua sädettä. Vääntömomentti laskettiin kaavalla (Mäkelä, Soininen, Tuomola, Öistämö, 2016, s. 93)

$$M = F \times r = 6474,6 \text{ N} \times 0,1295 \text{ m} = 838,5 \text{ Nm} \quad (2)$$

Vaihdemoottorintoimittajalle lähetettyjen tietojen pohjalta saatiin vaihdemoottori, jonka toisionopeus on 12,3 1/min. Ketjun nopeus saatiin näin laskettua kaavalla (Koivisto, 2018, s. 26)

$$V = \pi \times D \times \frac{n}{60} = \pi \times 0,259 \text{ m} \times \frac{12,3 \text{ 1/min}}{60} = 0,165 \text{ m/s} \quad (3)$$

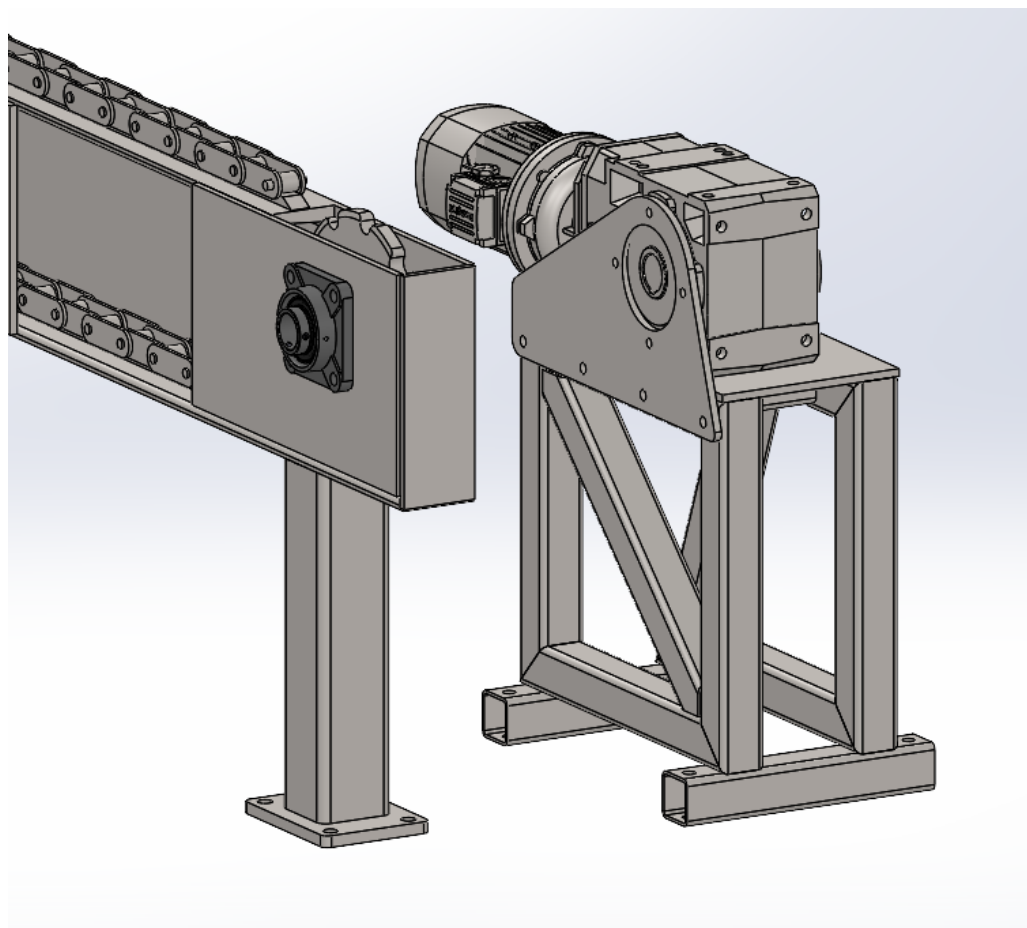
Missä

$D = \text{ketjupyörän jakohalkaisija} = 0,259 \text{ m}$

$n = \text{pyörimisnopeus} = 12,3 \text{ (1/min)}$

Ketjun nopeus $0,165 \text{ m/s}$ todettiin olevan sopiva kuljettimen käyttötarkoitukseen. Nopeus on myös raskaiden ketjukuljettimien suositusnopeuden $0,1\text{--}0,2 \text{ m/s}$ välillä. (Koivisto, 2018, s. 25)

Vaihdemoottori täytyy saada lämmitettävän tilan ulkopuolelle. Tästä syystä vaihdemoottorille suunniteltiin oma teline, jossa on myös vaihteen momenttituki. Vaihteesta voima välittyy ketjupyörälle suoralla akselilla, jossa on akselikiilat. Vetopään laakerointi on tehty UCF-laippalaakeriyksiköillä, jotka sijaitsevat kuljettimen rungon molemmin puolin.



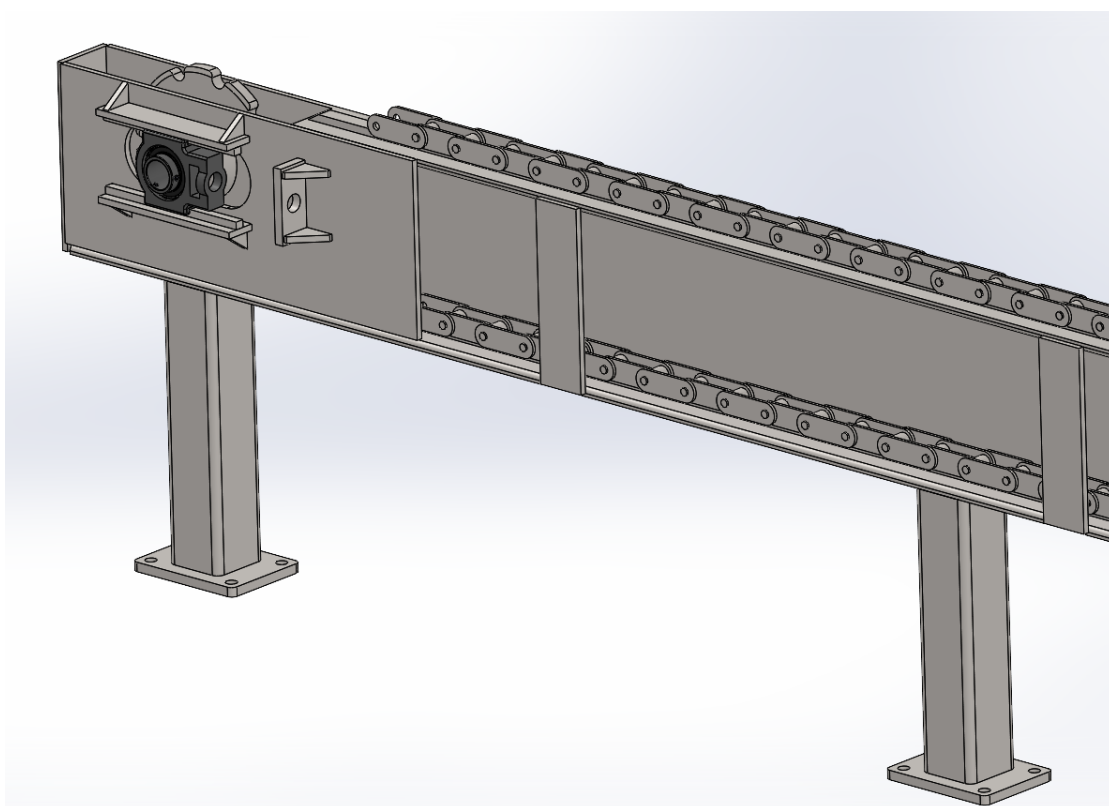
KUVA 9. Vetopää (Kuisma, 2021)

6.2 Kuljettimen runko ja taittopää

Rungon suunnittelussa pyrittiin suhteellisen yksinkertaiseen ratkaisuun sekä valmistuksen, että kunnossapidon kannalta. Rungon vaaka profiiliksi valikoitui UNP-300 profiili, johon saatiin loveamalla

ylälaippoja ja lisäämällä levyosia laakereille ja taittopäälle paikat. Profiilin avonaiselle sivulle suunniteltiin jäykistelevyjä 1000 mm välein. Profiilin ollessa avoin toiselta sivulta on helppo tarkastaa myös kuljetinketjun kunto. Hammaspyörien koko vaikutti myös profiilin valintaan. Profiili valittiin tarpeeksi isoksi, että yläpinnalta ulos tulevat hammaspyörät mahtuvat hyvin pyörimään ketjun kanssa. Ketjun keskittämiseksi profiiliin hitsataan ohjurilatat, joiden päällä ketju lepää ryntörullista. Rungon pilareina toimivat RHS 100 x 100 x 5 profiilit pohjalevyillä varustettuna.

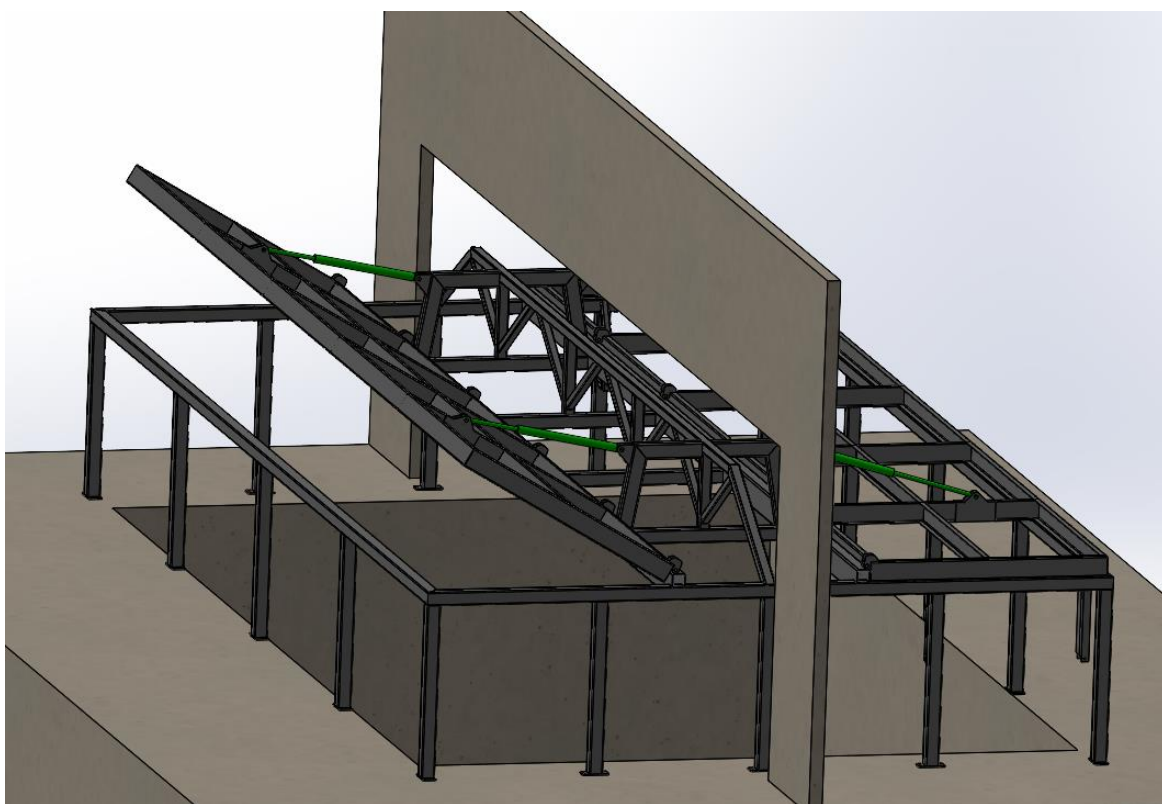
Taittopään laakerointi ratkaistiin johteilla toimivilla UCT-laakeriyksiköillä. Kyseisiä laakeriyksiköitä on hyvin saatavilla, sekä niiden vaihto on kuljettimen rakenteen ansiosta yksinkertaista. Taittopään kiristäminen tapahtuu M27-kierretankoja säätämällä. Taittopään sivulevyyen ja palkin uumaan on tehty pitkät hahlomaiset reiät, etteivät kiristysvarat loppu 80 mm ketjujaosta huolimatta. (Kuva 10)



KUVA 10. Kuljettimen runko ja taittopää (Kuisma, 2021)

7 TILAN RAKENTEET

Tilaan tarvittavat rakenteet suunniteltiin kuljettimen pituuden ja sinkityspadan mittojen mukaan hahmotellun montun ympärille. Kuljetin siirtää sinkittävät tuotteet nostopalkkeihin ripustettuina, toisesta tilasta toiseen seinämän alta. Kuljetinkokonaisuuden tila on lämmitetty, joten tilaan piti suunnitella teräsrakenteet, joilla lämmitettävä tila saadaan rajattua. Rungon pilareina ja vaakakiertona toimii RHS 100 x 100 x 4. Rakenteiden keskiosiossa olevassa rakenteessa ulkolaidoilla on RHS 200 x 100 x 5 profiilia, joihin luukun saranointi on tehty. Keskiosion rakenteessa on myös ristikkorakenne, koska jänneväli on 9600 mm pitkä ja lopullisen version luukkujen sylinterit sijoitettiin keskiosioon. Näillä ratkaisulla keskiosiosta saatiin suhteellisen kevyt, mutta jäykkä kantava rakenne. Rakenne on käytännössä identtinen seinämän molemmin puolin. Teräsrakenteiden pintakäsittelynä on märkämaalus. (kuva 11)



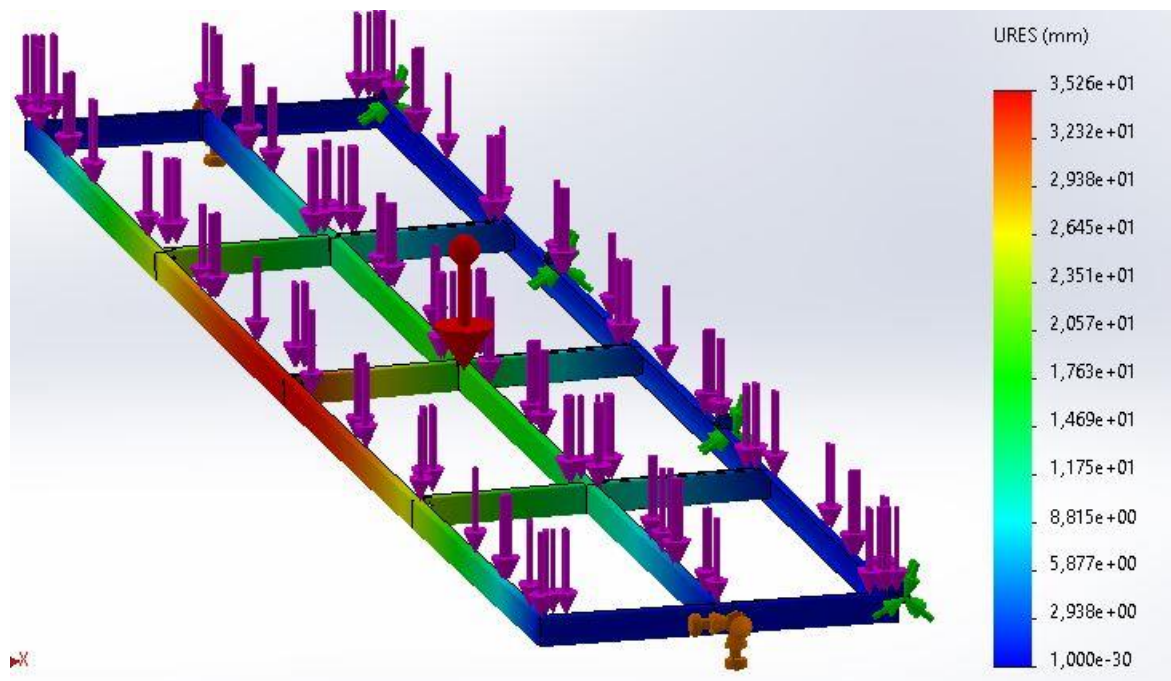
KUVA 11. Tilan rakenteet. (Kuisma, 2021)

Rakenteiden sisäpuoli ja luukkujen alapinta pellitetään haponkestävillä teräslevyillä korroosionkeston vuoksi. Sinkitysprosessissa edenneissä tuotteissa esiintyy happojäänteitä, jotka vaikuttavat tilan korrosio-olosuhteisiin. Ulkopuoli pellitetään maalatuilla peltilevyillä. Pellitysten välinen tila lämmöneristetään kivivilla eristelevyillä.

7.1 Luukkujen lujustarkastelu

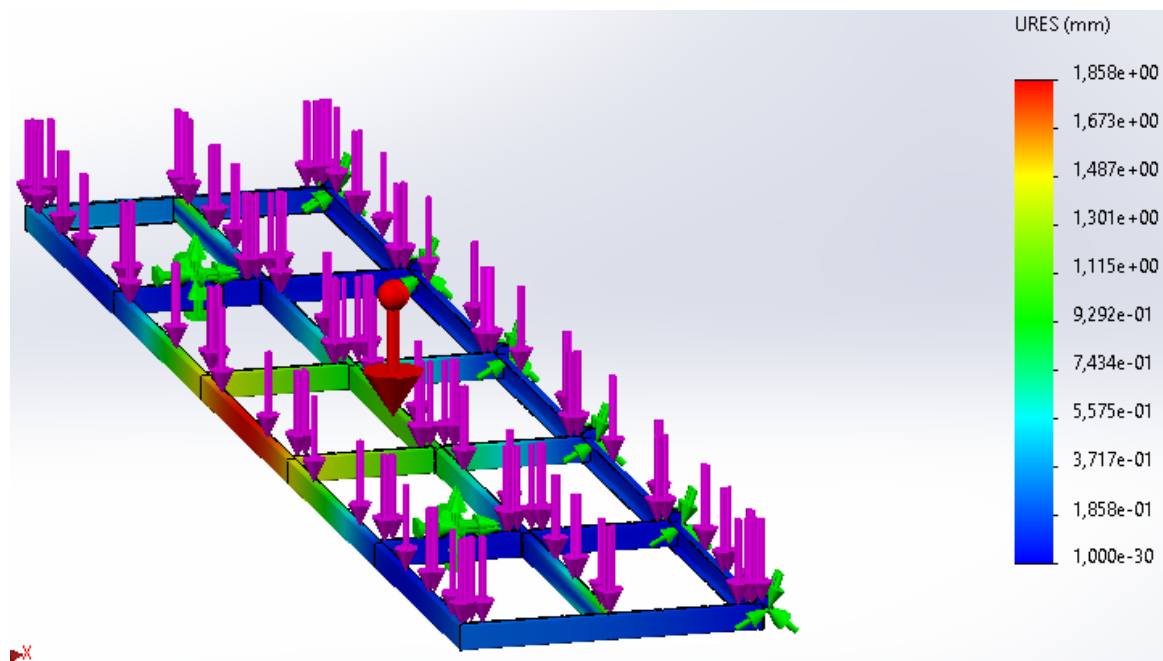
Luukkujen suunnittelussa kriteereinä olivat keveys ja jäykkyys. Luukkujen profiili on särmättyä 150 x 50 x 5 U-profiilia. Aluksi sylinterit suunniteltiin työntämään luukut auki rakenteiden sivuilta. Sylinterien nivelpäät kiinnittyivät luukkujen ulkolaidoilla oleviin akseleihin. Tämä ratkaisu osoittautui huonoksi, koska rakenteen saranoimaton pitkä U-profiili pääsi taipumaan liikaa sen keskeltä. Lujustarkastelu suoritettiin Solidworksin Simulation -ominaisuudella. Simuloinnissa luukun saranalevyjen

reiät ja sivuilla olevat akselit määritettiin kiinnitetyiksi, jolloin luukku oli ikään kuin näiden varassa roikkumassa. Kuormitukseksi määritettiin painovoima, sekä lisättiin peltien ja villan tuoma kuormitus. Simuloinnin tulos näytti suurimmaksi taipumaksi noin 35 mm. (kuva 12)



KUVA 12. Luukun ensimmäinen versio. (Kuisma, 2021)

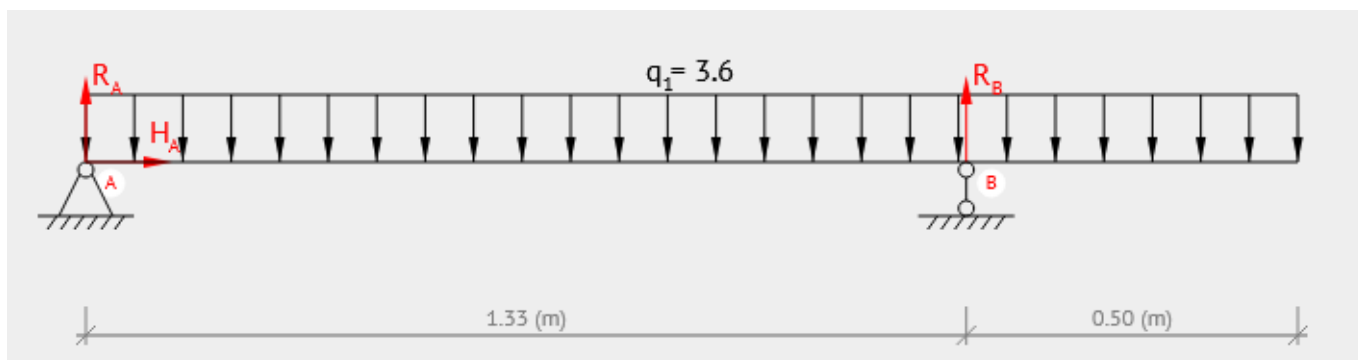
Luukkujen uudelleensuunnittelussa lisättiin yksi väliprofiili, jotta sylintereiden kiinnityskohdat saatiin halutuille paikoille. Samalla myös lisättiin saranapisteitä jokaisen väliprofiilin kohtaan. Sylintereiden kiinnityskohtia tuotiin myös lähemmäksi saranoimatonta U-profiilia. Nyt sylinterit vetävät luukut auki ja sylinterit sijoittuvat tilan rakenteiden päälle keskiosioon. Näillä muutoksilla luukun taipuminen saatiin hallintaan, kun simulaatio osoitti suurimmaksi taipumaksi U-profiilin keskelle noin 1,86 mm. Lujuustarkastelun antama tulos todettiin hyväksi. Luukut ovat kuitenkin 9600 mm pitkät, joten niille voidaan sallita hieman taipumista. (kuva 13)



KUVA 13. Uudelleensuunniteltu luukku. (Kuisma, 2021)

7.2 Sylintereiden voiman laskeminen

Luukkujen sylintereiden suurin vaatima voima toteutuu luukkujen avautuessa, juuri kun ne irtoavat vaakapalkkien tukipinnoilta. Mitä enemmän luukut avautuvat, sen vähemmän vetovoimaa sylinterit tarvitsevat, kun paino nojautuu koko ajan enemmän saranointiin. Sylinterin vetovoima on lisäksi vielä pienempi kuin työntövoima. Tämä perustuu siihen että, paine kohdistetaan männän toiselle puolelle, jossa sylinterin varsi pienentää männän pinta-alaa. Sylintereiden vaatiman voiman selvittäminen aloitettiin laskemalla tukivoimien suuruus. Tilannetta yksinkertaistettiin palkin tukivoimien laskennan avulla. Tukivoimien pisteet ovat saranointi ja luukussa oleva sylinterin vetopiste. Luukun kuormitukseksi määritettiin luukun kokonaismassasta syntyvä painovoima jatkuvana kuormana. (kuva 14)



KUVA 14. Luukun kuormitustilanne. (BeamGuru, 2021)

Tukivoimien laskemisessa halutaan ratkaista pisteen B tukivoima. Jatkuva kuorma muutettiin resultantiksi keskelle palkkia, sen suuruudeksi saadaan 6,57 kN. Tukivoima F_{by} laskettiin kaavoilla

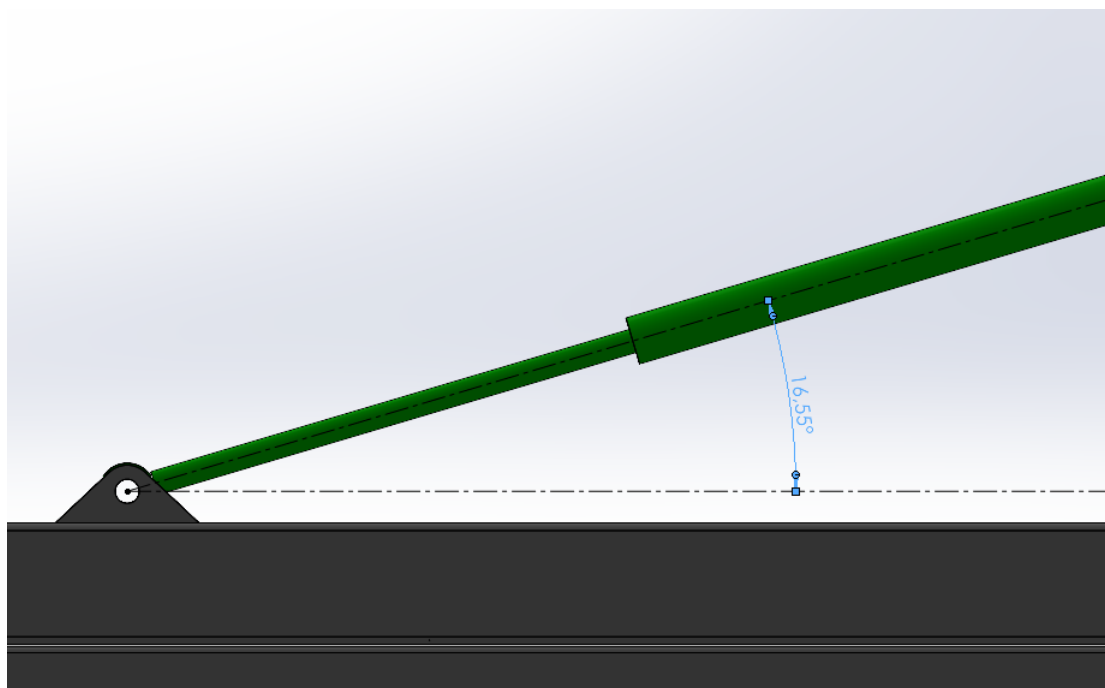
$$\Sigma F^{\rightarrow} = 0 \quad F_{ax} = 0 \quad (4)$$

$$\Sigma F^{\uparrow} = 0 \quad F_{ay} - 6,57 \text{ kN} + F_{by} = 0 \quad (5)$$

$$\Sigma M_a^\uparrow = 0 \quad - 6,57 \text{ kN} \times 0,914 \text{ m} + F_{by} \times 1,328 \text{ m} = 0 \quad (6)$$

$$F_{by} = \frac{6,57 \text{ kN} \times 0,914 \text{ m}}{1,328} = 4,523 \text{ kN} \quad (7)$$

Pisteen B tukivoiman suuruus kuvastaa käytännössä sylinterien silmukkaan kohdistuvaa alaspäin suuntautuvaa voimaa. Sylinterin tarvittavan vetovoiman ratkaisemiseksi muutetaan tukivoima sylinterin kulman mukaiseksi vektoriksi. (kuva 15)



KUVA 15. Sylinterin kulma luukun kiinniasennossa. (Kuisma, 2021)

Sylinterien tarvittavan vetovoiman suuruus laskettiin kaavalla

$$F = \frac{4523 \text{ N}}{\sin 16,55} = 15\,878 \text{ N} \quad (8)$$

Tämä voima jakautuu luukun kahdelle eri sylinterille, joten tarvittava vetovoima yhtä sylinteriä kohden on 7939 N. Sopivaksi sylinteriksi valikoitui kaksitoiminen 50 x 30 x 650 sylinteri, luku 50 kertoo sylinterin sisähalkaisijan, 30 männän varren halkaisijan ja 650 on sylinterin iskun pituus. Mitat ovat millimetrejä. Tarvittavan voiman sekä männän ja männänvarren mitoilla saadaan ratkaistua sylinterin tarvittava paine

$$\rho = \frac{F}{A} = \frac{7939 \text{ N}}{\pi \times 0,025 \text{ m}^2 - \pi \times 0,015 \text{ m}^2} = 6317655,5 \text{ Pa} \approx 63,2 \text{ Bar} \quad (9)$$

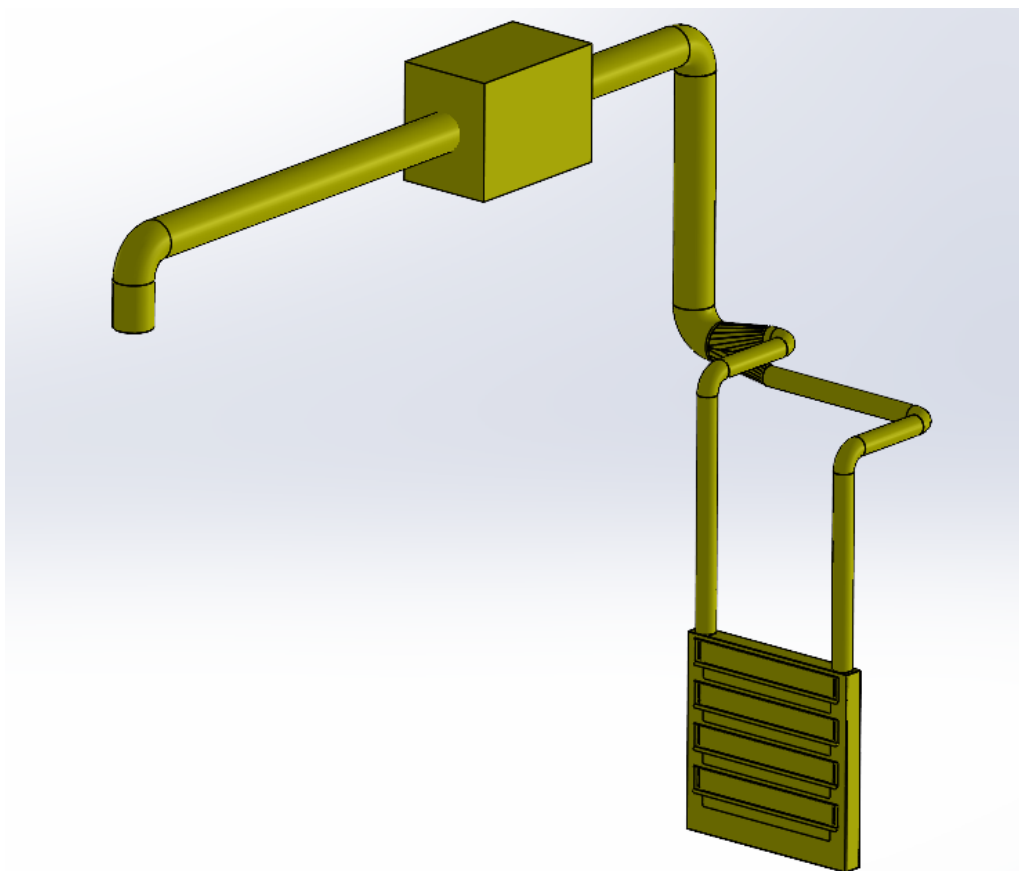
Yhden sylinterin vaatima teoreettinen paine on suhteellisen alhainen 63,2 Bar:a, toki todellinen käyttöpaine on oltava hieman suurempi. Monissa hydraulisylinterieissä maksimi käyttöpaine on jopa 250 Bar:a.

8 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ

Kuumasinkittävät tuotteet tulevat kuljettimen tilaan juoksutekyllyn jälkeen. Juoksutteen on annettava hieman kuivahtaa ennen kuin tuotteet kastetaan sinkkikylvyssä. Tuotteet kulkevat kuljettimen tilan läpi ja ovat siellä noin 45 minuuttia kokonaisuudessaan. Kuivausta tehostamassa on lämmitysjärjestelmä, joka kierrättää ja lämmittää tilan ilmaa.

8.1 Kanavisto ja puhallinkotelot

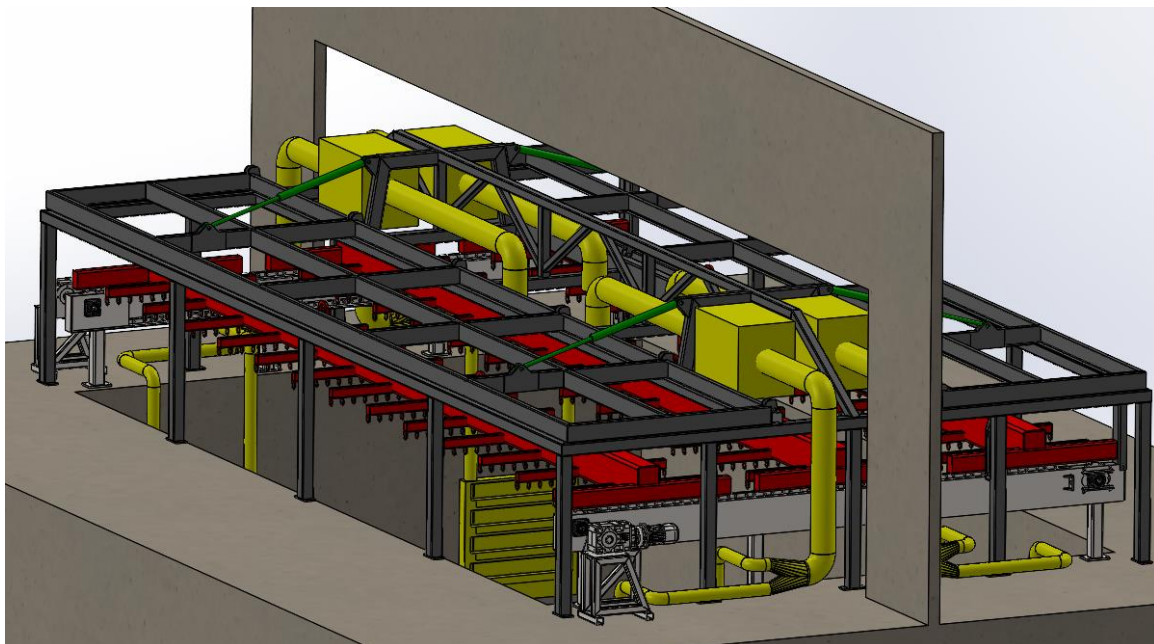
Kuljetinkokonaisuuteen suunniteltiin neljä erillistä kanavistoa. Tilan ulkopuolella olevat kanaviston osat lämpöeristetään. Kanaviston kaikki osat ovat haponkestävää terästä, sinkittävien tuotteiden happojäänteiden takia. Kanaviston alkupäässä on 200 mm ilmanvaihtokanavaa, joka ottaa ilmaa tilan yläosasta. Ilma kulkee kanavistoa pitkin kanavapuhaltimen ja -lämmittimen läpi. Ennen kuin kanavisto palaa lämmitettävän tilan sisäpuolelle, se haarautuu kahteen 100 mm ilmanvaihtokanavaan. Tilan sisäpuolella 100 mm kanavat liittyvät puhallinkoteloon. Kotelot ovat malliltaan litteitä, etteivät nostopalkeissa riippuvat tuotteet voi törmätä niihin kuljettimen siirtäessä niitä. Litteät kotelot mahdollistavat myös sen, ettei monttua tarvitse tarpeettomasti suurentaa. Tämä lisäisi myös lämmitettävän tilan tilavuutta. Puhallinkotelo on varustettu liu'utettavilla peltiosilla, joilla ilman tuloa tilaan voidaan tarvittaessa säätää. Ilman kierto toimii niin, että se poistuu tilan keskiosiosta ylhäältä ja palaa tilaan neljästä alakulmasta. (kuva 16)



KUVA 16. Lämmitysjärjestelmän kanavisto. (Kuisma, 2021)

8.2 Lämmittimet ja puhaltimet

Tilan ilman lämpötila on korkeintaan 100°C. Todennäköisesti matalampikin lämpötila riittää kuivattamaan tuotteet, koska kuivumista tehostaa tehokas ilmanvaihto. Sopiva lämpötila selviää vasta kokeilemalla. Tärkeää on, että lämmittimissä riittää kapasiteettia. Lämmitystehoa voidaan tarvittaessa laskea. Lämmitinjärjestelmän lämmittimet ja puhaltimien tehontarve arvioitiin yhdessä lämmitinjärjestelmän toimittajan kanssa. Puhaltimet kierrättäisivät tilan ilman 4 kertaa tunnissa. Tilan ilma korvautuisi aina luukkujen avautuessa ja samalla suurin kosteus poistuisi tilasta. Kokonaislämmitystehoa on kaiken kaikkiaan 22 kW, mikä jakautuu neljään 5,5 kW kanavalämmittimeen. Kanavapuhaltimista ja -lämmittimistä ei ollut saatavilla 3D-malleja, joten ne mallinnettiin laatikkona, joka vastaa niiden ulkomittoja. Puhaltimien ja lämmittimien ei tarvitse olla kiinni toisissaan, vaan ne voidaan asentaa teräsrakenteiden päällä sijaitsevan kanavan vaaka osuudelle haluttuihin paikkoihin.



KUVA 17. Kuljetinkokonaisuus. (Kuisma, 2021)

9 YHTEENVETO

Tässä osiossa on yhteenvetoa työn tavoitteista ja tuloksista. Osiossa käsitellään myös pohdintoja ja johtopäätöksiä.

9.1 Tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella Kuopion Rakenneasennus Oy:lle kuljetinkokonaisuus, jolla voidaan siirtää kuumasinkittäviä tuotteita nostopalkkeihin ripustettuina. Suunnittelutyön pohjalta kuljettimen toimintaperiaate olisi selvillä ja se olisi valmistettavissa kuumasinkityslaitokseen. Kuljetinkokonaisuuden kuljetintyyppi, pääkomponentit, lämmittimet, ympäröivä tila ja luukut olivat suunnittelutyön tärkeimmät suunniteltavat kohteet. Vastaavia kuljetinkokonaisuuksia ei ole valmiina markkinoilla saatavilla kyseiseen käyttötarkoitukseen. Tavoitteena oli myös tuottaa tilaaja yrityksen käyttöön 3D-mallinnettu kuljetinkokonaisuus.

9.2 Tulokset

Työn tuloksena oli suunniteltu kuljetinkokonaisuus, jonka tavoitteiden asettamat suunnittelun kohteet ovat ratkaistu. Kuljettimen suunnittelussa pyrittiin suhteellisen yksinkertaisiin ratkaisuihin kunnossapidon ja kohtuullisten valmistuskustannuksien kannalta. Suunnittelussa käytettiin myös paljon valmiskomponentteja, mikä tukee osien hyvää saatavuutta. Lujuustarkastelun avulla ratkaistiin luukujen saranoimattoman U-profiilin liiallinen taipuma. Näin tulevaisuudessa välttyään kalliilta muutostöiltä, joiden tarve olisi mahdollisesti selvinnyt vasta koekäytön yhteydessä. Tuloksena syntyi myös Solidworks-suunnitteluohjelmistolla 3D-mallinnettu kokonaisuus. Mallinnus helpottaa kokonaisuuden hahmottamista ja tilaajayritys voi tarvittaessa käyttää 3D-mallia uuden kuumasinkityslaitoksen kokonaisvaltaisessa layout -suunnittelussa.

9.3 Pohdinta ja johtopäätökset

Opinnäytetyön aihe oli varsin kiinnostava. Työn laaja-alaisuus teki työstä sopivan haastavan. Työ eteni hyvin alkuperäisen suunnitelman mukaisessa aikataulussa ja järjestyksessä. Tilaja oli helposti tavoitettavissa koko opinnäytetyön ajan, mikä helpotti pienten ongelmatilanteiden ratkaisuja. Tämä myös edesauttoi suunnittelutyön etenemistä. Kokonaisuutena työ täytti sille asetetut tavoitteet ja tulokset olivat halutunlaiset. Suunnittelutyön tuloksia ei päästä vielä käytännössä näkemään, koska uuden kuumasinkityslaitoksen toteutus on vasta suunnitteluasteella. Tulevaisuudessa projektia saatetaan jatkaa valmistusvaiheen jälkeen esimerkiksi kuljetinketjun rasvausjärjestelmän suunnittelulla. Kuljetinkokonaisuuteen voi myös tulla uudelleensuunnittelua, mikäli lähtötietoihin tulee muutoksia kuumasinkityslaitoksen suunnittelun myötä. Uudelleensuunnittelu on kuitenkin kohtuullisen helposti toteutettavissa, kun kyse on 3D-mallinnetusta kokonaisuudesta.

LÄHTEET

- American Galvanizer Association. (2020). *American Galvanizer Association*. (American Galvanizer Association) Haettu 19. 12. 2020 osoitteesta Design & Fabrication: <https://galvanizeit.org/design-and-fabrication/design-considerations>
- BeamGuru. (2021). *Beamguru.com*. Haettu 17. 3. 2021 osoitteesta Beam calculator: <https://beamguru.com/online/beam-calculator/?save=1f493358d4c4e85e516a05e6b70409e7>
- Conseptas Oy. (2020). *Tuotekehitys*. (Conseptas Oy) Haettu 7. 1. 2020 osoitteesta <https://www.conseptas.com/tuotekehitys>
- Ferroplan Oy. (ei pvm). *Ferroplan Galleria*. Haettu 2020. 12. 2020 osoitteesta <https://www.ferroplan.fi/fi/galleria/>
- Fonselius, J.;Laitinen, E.;Pekkola, K.;& Suosara, E. (1988). *Koneautomaatio*. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Hietikko, E. (2008). *Tuotekehitystoiminta*. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu.
- Indiamart. (ei pvm). *Conveyor systems & components*. Haettu 2. 1. 2021 osoitteesta Product image: <https://www.indiamart.com/proddetail/curved-slat-chain-conveyor-8186343791.html>
- Jokinen, T. (2001). Tuotekehitys. Teoksessa T. Jokinen, *Tuotekehitys* (ss. 14-100). Helsinki: Otatieto Oy.
- Koivisto, K. (2018). *Kuljetintekniikka*. Helsinki: BoD - Books on Demand.
- Kotamäki, M.;& Nyberg, T. (1992). *Koneautomaatio 2000*. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Kuisma, A. (2021). *Tekijän sähköiset lähteet*.
- Kuopion Kuumasinkitys Oy. (2020). *Kuopion Kuumasinkitys Oy*. (Kuopion Kuumasinkitys Oy) Haettu 14. 12. 2020 osoitteesta <https://kuopionkuumasinkitys.fi/>
- Kuopion Rakenneasennus Oy. (2015). *Rakenneasennus*. (Kuopion Rakenneasennus Oy) Haettu 14. 12. 2020 osoitteesta <https://rakenneasennus.fi/>
- Marketing-insider. (24. 6. 2015). *The New Product Development Process*. (Marketing-insider) Haettu 5. 1. 2021 osoitteesta <https://marketing-insider.eu/new-product-development-process/>
- Mäkelä, Soininen, Tuomola, Öistämö. (2016). *Tekniikan Kaavasto*. Porvoo: Tammertekniikka.
- Nordic Galvanizers. (2020). *Kuumasinkityskäsikirja*. Haettu 19. 12. 2020 osoitteesta http://nordicgalvanizers.com/wp-content/uploads/2020/08/NG_Kuumasinkityskasikirja-1.pdf
- Oy Ergolift Ab. (ei pvm). *Ergolift tuotteet*. Haettu 30. 12. 2020 osoitteesta Rullakuljettimet: <https://www.ergolift.fi/tuotteet/rullakuljettimet/218/keskiraskas-rakenne-q70>
- Petterson, M. (9. 11. 2006). *Ezine Articles*. Haettu 26. 12. 2020 osoitteesta History of Conveyor Belts: <https://ezinearticles.com/?History-of-Conveyor-Belts&id=353910>
- Teräsrakenneyhdistys. (2019). *Teräsrakenneyhdistys*. (Teräsrakenneyhdistys) Haettu 17. 12. 2020 osoitteesta Sinkitys: <http://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/toiminta/try-pintakasittelyn-asiantuntijaryhma/sinkitys/>

Teräsrakenneyhdistys. (2020). *Teräsrakenneyhdistys*. (Teräsrakenneyhdistys, Toim.) Haettu 19. 12. 2020 osoitteesta TRY Kuumasinkitys:

http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/216/7cce5df/TRY_Kuumasinkitys.pdf

Tärylaite Oy. (2021). *Tuotteet*. (Tärylaite Oy) Haettu 4. 1. 2021 osoitteesta Tärykuljettimet:

<https://www.tarylaite.fi/tuotteet/tarysovellukset/tarykuljettimet/>

Wolverhampton Handling. (24. 11. 2015). *Wolverhampton Handling*. (Wolverhampton Handling) Haettu 26. 12. 2020 osoitteesta History of Conveyors: <http://wolverhamptonhandling.co.uk/history-of-conveyors/>

LIITEET

Liite 1. Kuljetinkokonaisuus. (Kuisma, 2021)

