

Petteri Pahkala

**HARKKOVALUKONEEN VARASTOKULJETTIMEN
TOIMINNALLISUUDEN KEHITTÄMINEN**

HARKKOVALUKONEEN VARASTOKULJETTIMEN TOIMINNALLISUUDEN KEHITTÄMINEN

Petteri Pahkala
Opinnäytetyö
Kevät 2021
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, koneautomaatio

Tekijä: Petteri Pahkala

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Harkkovalukoneen varastokuljettimen toiminnallisuuden kehittäminen

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Development of the storage conveyor functionality of the ingot casting machine

Työn ohjaaja: Annukka Tyni

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2021

Sivumäärä: 49 + 1 liite

Opinnäytetyö tehtiin Kokkolassa sijaitsevalle Boliden Kokkolalle. Työssä kehitettiin uutta varastokuljetinkokonaisuutta. Varastokuljetinkokonaisuudelle tulisi saada uusia ominaisuuksia ja lyhennettyä uutta varastokuljetinta nykyiseen verrattuna.

Tavoitteeksi asetettiin varastokuljetinkokonaisuuden konseptitason suunnitelma. Konseptitason suunnitteluun kuuluivat kuljettimen toimintaperiaate, 2D-layout-kuva ja 3D-malli. Suunnittelutyön 3D-mallinnusta ei kuitenkaan suunniteltu yksityiskohtaisesti, sillä kyseisiä 3D-malleja käytetään vain toimintaperiaatteen esittämisen ja 2D-layout-suunnittelun helpottamiseksi.

Konseptisuunnittelun aikana varastokuljetinkokonaisuudesta luotiin kolme erilaista suunnitelmaa ja niistä valittiin paras toimeksiantajan kanssa. Nämä suunnitelmat sisälsivät alustavat laitevalinnat ja toimintaperiaatteet. Jokaisessa suunnitelmassa oli samantapainen toimintaperiaate. Päätoimintaperiaate sisälsi harkkojen varastoinnin, kuljettamisen ja niputtamisen. Näiden toimintojen toteuttamiseen suunniteltiin käytettävään robotteja, erilaisia kuljettimia ja laitteita. Lisäksi mitoitettiin sähkömoottoreita kuljettimille, jotta saadaan suuntaa antavat mitat moottoreille. Myös alustava riskianalyysi tehtiin kuljetinkokonaisuudesta.

Työn tuloksena saatiin konseptitason suunnitelma varastokuljetinkokonaisuudesta sekä sen toimintaperiaatteesta. Varastokuljetinkokonaisuudesta tehtiin riskianalyysi, 3D-malli sekä 2D-layout-piirustukset ja ne sijoitettiin tehtaan omaan 2D-layoutiin.

Asiasanat: kuljetin, tuotekehitys, 3D-mallinnus, 2D-layout

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Mechanical Engineering, Machine Automation

Author: Petteri Pahkala

Title of thesis: Development of the storage conveyor functionality of the ingot casting machine

Supervisor: Annukka Tyni

Term and year when the thesis was submitted: autumn 2020

Pages: 49 + 1 appendice

The thesis was done for Boliden Kokkola in Kokkola. In this work new storage conveyor assembly was developed. The storage conveyor assembly should be given new features and a new storage conveyor should be shortened compared to the current one.

The delineation and objectives of the design work were discussed at the start meeting. The aim was to develop a concept level plan for the warehouse conveyor assembly. The concept-level design included the operating principle of the conveyor, 2D layout design and 3D model. However, the 3D modeling of the design work does not go to the level of detailed design, as these 3D models are only used to facilitate the presentation of the operating principle and the help of designing of the 2D layout.

During the concept design, three different plans were created for the storage conveyor assembly and the best one was selected with the client. These plans included preliminary equipment selections and operating principles. Each plan had a similar operating principle. The main operating principle included the storage, transport and bundling of ingots. It was planned to use robots, various conveyors, and equipment to implement these functions. In addition, electric motors were dimensioned for the conveyors to provide indicative dimensions for the motors. A preliminary risk analysis was also performed on the conveyor assembly.

The result of the work was a concept-level plan for the storage conveyor assembly and its operating principle. Risk analysis, 2D layout drawings and 3D model were made of the storage conveyor assembly and placed in the factory's own 2D layout.

Keywords: conveyor, product development, 3D modeling, 2D layout

ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö on tehty Oulun ammattikorkeakoulun konetekniikan koulutusohjelmassa. Haluan kiittää toimeksiantajia mielenkiintoisesta ja haastavasta opinnäytetyöstä sekä kaikkia opinnäytetyössä mukana olleita.

Suuri kiitos Boliden Kokkola Oy:lle mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyö.

26.1.2021 Petteri Pahkala

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
SANASTO	8
1 JOHDANTO	9
2 TUOTEKEHITYS	10
2.1 Esisuunnittelu	10
2.2 Konseptisuunnittelu	11
2.2.1 Vaatimuslista	11
2.2.2 Tekninen spesifikaatio	12
3 LAYOUT-SUUNNITTELU	14
4 KULJETINTYYPI	15
4.1 Ketjukuljetin	15
4.2 Lamellikuljetin	16
5 ROBOTTI	17
5.1 Nivelrobotit	17
5.2 Cartesian-robotit	18
6 ESISUUNNITTELU	20
6.1 Osatoimintoihin jako	20
6.2 Ideointi	21
6.3 Laitteiden valinta	22
6.3.1 Morfologinen laatikko	22
6.3.2 Energia	23
6.3.3 Laittevaihtoehdot	23
6.3.4 Laitteiden pistearvionti	26
7 KONSEPTISUUNNITTELU	27
7.1 Varastokuljettimet	27
7.1.1 Jäähdytyskuljettimen jatkukuljetin	27
7.1.2 Varastokuljetin 6500	29
7.1.3 Varastokuljetin 4000	30

7.1.4 Lamellikuljetin	30
7.1.5 Varastokuljettimien sähkömoottorin valinta	31
7.2 Noukkija	33
7.3 Robotit	34
7.3.1 Ladontarobotti	34
7.3.2 Merkkausrobotti	35
7.4 Nippupuristin	36
7.5 Nipun sidonta	36
7.6 Haarukkanostin	37
7.7 Nippupöytä	38
7.8 Varaharkkoteline	38
8 VARASTOKULJETTIMEN TOIMINTAPERIAATE	40
8.1 3D-malli	41
8.2 2D-malli	43
9 VARASTOKULJETINKOKONAISUUDEN RISKIANALYYSI	44
10 YHTEENVETO	47
LÄHTEET	48
LIITTEET	
Liite 1 Mitoituslaskut	

SANASTO

BKO = Boliden Kokkola

CAD = Computer aided design, tietokoneavusteinen suunnittelu

mm = millimetri, mittayksikkö

N = newton, voiman yksikkö

Nm = newtonmetri, vääntömomentti

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tilaajana toimi Boliden Kokkola Oy, joka on Euroopan toiseksi suurin sinkkitehdas. Boliden Kokkola työllistää noin 550 henkilöä. Sen päätuotteena on puhdas sinkki. BKO sijaitsee Keski-Pohjanmaalla Kokkola Industrial Parkissa. (1.)

Opinnäytetyössä kehitetään ratkaisu, jolla voidaan korvata harkkovalukoneen vanha varastokuljetin uudella kuljetinkokonaisuudella. Vanha varastokuljetin on elinkaarensa lopussa ja vie ylimääräistä tuotantotilaa, joten uuden kuljetinkokonaisuuden suunnittelu on tarpeen. Uusi kuljetinkokonaisuus suunnitellaan varastoimaan sinkkiharkkoja, säästämään tuotantotilaa ja helpottamaan työntekijöiden arkea.

Uuteen kuljetinkokonaisuuteen sisältyy ketjukuljettimia, lamellikuljetin, robotteja, nippupuristin, nipun merkintä ja tilanvaraus nipun sidonnalle. Opinnäytetyön tuloksena syntyy kuljetinkokonaisuuden alustava suunnitelma. Suunnitelma sisältää 3D-mallin ja 2D-layout-kuvan. Lisäksi kuljetinkokonaisuudesta tehdään riskianalyysi ja laskelmat kuljettimille moottoreiden valinnasta.

2 TUOTEKEHITYS

Tuotekehityksellä tarkoitetaan toimintaa, jonka tavoitteena on kehittää uusi tai parannettu tuote. Tuotekehitys on monivaiheinen prosessi, joka sisältää tuoteidean etsimisen, kehitysnäkymien, markkinoiden ja muiden tuotekehityshankkeiden käynnistämiseen tarvittavien tietojen selvittämisen, varsinaisen tuotteen luonnostelun, yksityiskohtaisen suunnittelun, optimoinnin, piirustusten tekemisen ja käyttöohjeiden laatimisen sekä tuotantomenetelmien kehittämisen. (2, s. 9.)

Tuotekehityksessä pyritään täyttämään asetetut tavoitteet niin hyvin kuin on teknisesti ja taloudellisesti mahdollista. Siinä tarvitaan luonnontiedon hyvää tuntemusta ja kykyä luovaan käytännön työhön. (2, s. 9.)

Perinteisesti tuotekehitys on kohdistunut valmistettaviin esineisiin, mutta sanaa käytetään nykyään myös ohjelmistoista, palvelutuotteista, rahamarkkinoiden instrumenteista ja julkisista palveluista. Tuotekehityksen tavoitteena on tuottaa nopeasti ja taloudellisesti uusia asiakkaiden tarpeita täyttäviä kilpailukykyisiä tuotteita huomioiden myös markkinatilanteen. (3.)

Tuotekehityksellä tarkoitetaan tyypillisesti kaikkia vaiheita, jotka liittyvät tuotteen tuomiseen konseptista tai ideasta markkinoille asti. Toisin sanoen tuotekehitys sisältää tuotteen kehittämisen ideasta tuotteeksi. (4.)

2.1 Esisuunnittelu

Esisuunnittelu on tuotekehityksen tärkeimpiä osioita. Sen avulla voidaan tahdittaa projektin etenemistä. Esisuunnittelussa kannattaa tiedustella tilaajalta, mitä milloin ja miten halutaan, sillä esisuunnittelulla on suuri vaikutus koko projektin onnistumiseen. (5.)

Hyvin tehty esisuunnittelu auttaa välttämään yleisiä tuotekehityksessä ilmenneitä ongelmia, joita ovat esimerkiksi aikataulu, toteutus ja kannattavuus. Esisuunnitteluvaiheessa voidaan jo selvittää tuotteen tavoitteet, vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja mahdolliset riskitekijät. (6.)

2.2 Konseptisuunnittelu

Konseptisuunnittelu on tärkeä vaihe tuotekehityksessä, sillä tässä vaiheessa voidaan jo tunnistaa kohdemarkkinoiden tarpeet, tarkastella kilpailukykyisiä tuotteita, määrittellä tuotespesifikaatio, valita tuotekonsepti, tehdä taloudellinen analyysi ja hahmotella lähes koko tuotekehitysprojekti. Tämä vaihe tarjoaa perustan tuotekehitystyölle, ja jos se tehdään huonosti, se voi heikentää koko työn etenemistä. (5.)

Konseptisuunnittelun lopputulos voi olla erinäköinen kuin alkuperäinen konsepti, kunhan muutokset suunnitelmiin perustuvat tietoihin ja yhdessä sovittuihin päätöksiin. Konseptisuunnittelun lopputulos on suunnittelijan ja asiakkaan yhteinen näkemys parhaasta mahdollisesta ratkaisusta, joka on toteutettavissa budjetissa ja ajallaan. (7.)

2.2.1 Vaatimuslista

Projektin alussa luodaan vaatimuslista, jonne kirjataan halutut vaatimukset suunnitteilla olevalle projektille. Vaatimuslistaan lisätään vaatimusten tärkeys merkkäamalla kiinteät ja vähimmäisvaatimukset sekä toivomukset. Kiinteät vaatimukset on projektin aina täytettävä ja vähimmäisvaatimukset on täytettävä joko paremmin tai vähintään halutulla tavalla. Toivomukset voidaan toteuttaa, mutta eivät ole pakollisia ominaisuuksia. (8.) Taulukossa 1 on esitetty opinnäytetyön vaatimuslista.

TAULUKKO 1. Opinnäytetyön vaatimuslista

Varastokuljettimen vaatimuslista		Versio	0.1
KV, VV, T	Vaatus	Pvm.	Huom.
	1. Geometria	9.9.2020	
kv	Varastokuljettimen pituuden lyhentäminen svr:n näkökulmasta		
kv	Nosto-oven linjaa ei voi ylittää		
kv	Trukille reitit		
vv	Susiniipun poisto		
	2. Voimat	9.9.2020	
kv	25kg Harkko		
kv	1000kg Nippu		
	3. Energia	9.9.2020	
	Sähkö		
	hydrauliikka		
	pneumatiikka		
	4. Aine/Materiaalit	9.9.2020	
	Kaikki mahdollinen		
	5. Turvallisuus	9.9.2020	
kv	Suoja-aidat		
kv	Konedirektiivi		
	6. Ergonomia	9.9.2020	
t	Helppo kuljettavuus koneen sisällä		
	7. Määräajat	9.9.2020	
t	Marraskuussa valmis		
	8. Käyttö	9.9.2020	
	-		
	9. Kunnossapito	9.9.2020	
t	Huollolle/kunnossapidolle tilaa ruuvata		

KV = Kiinteä vaatimus
 VV = Vähimmäisvaatimus
 T = Toivomus

2.2.2 Tekninen spesifikaatio

Tekniseen spesifikaatioon kirjataan projektin haluttujen vaatimusten kriittiset ja osan saavutettavista arvoista esimerkiksi mitat, paino ja määrä. Tekninen spesifikaatio on tavallaan tuotemäärittelyä ja kuvaa yksikäsitteisesti asiakkaan ja yrityksen tuottelle tai koneelle asettamat vaatimukset mahdollisimman yksiselitteisesti. (8.) Taulukossa 2 on esitetty opinnäytetyön tekninen spesifikaatio.

TAULUKKO 2. Opinnäytetyön tekninen spesifikaatio

Tekninen spesifikaatio Harkkokoneen varastokuljetin			
10.9.2020			
Petteri Pahkala			
Ominaisuus	Yksikkö	Arvo	Huom.
Harkon paino	kg	25	Nostetaan 4kpl erissä
Harkkonipun paino	kg	1000	yksi nippu 40kpl harkkoja
Valuvauhti	ton/h	25	
Harkkovalukoneen jäähdytyskuljettimen korkeus	mm	900	
Harkkovalukoneen jäähdytyskuljettimen leveys	mm	220	
Harkkovalukoneen jäähdytyskuljettimen nopeus	mm/s	144	
Valmiita harkkonippuja rinnakkain	kpl	2	2 nippua yhdellä trukin nostolla
Harkon pituus	mm	472	
Harkon leveys	mm	225	
Jalkaharkon pituus	mm	471	
Jalkaharkon leveys	mm	225	
Harkkonipun pituus	mm	944	
Harkkonipun leveys	mm	474	

3 LAYOUT-SUUNNITTELU

Layoutin suunnittelun avulla sijoitetaan esimerkiksi toiminnot, varastot ja tuotantolinjat paikoilleen. Oikein tehty layout mahdollistaa tehokkaat materiaalivirrat, kevyet työvaiheiden väliset puskurit ja tilan tehokkaan käytön. Layoutin suunnittelussa huomioidaan tarvittavat toiminnot, käsittelytilat, kulkuväylät, huoltotilat ja mahdolliset varaukset tuleville tarpeille. (9.)

Layoutin suunnittelu on oleellinen vaihe uudishankkeissa, mutta myös hyvä keino olemassa olevien tilojen toimivuuden parantamisessa. Esimerkiksi uusien tuotantotilojen, varastojen, terminaalien ja piha-alueiden suunnitteluun kuuluu layoutin suunnittelua. Karkea layoutin suunnittelu kannattaa tehdä varhaisessa vaiheessa tilatarvearvion yhteydessä. Hankkeen edetessä layoutin suunnittelu voidaan tehdä esimerkiksi laite- ja varastotekniikkatarkkuuteen. Olemassa olevien tilojen toimivuutta ja tilan käytön tehokkuutta voidaan parantaa layoutin suunnittelulla jopa ilman suuria rakennusmuutostöitä. (9.)

4 KULJETINTYYPIT

Kuljetin on nopea ja tehokas mekaaninen käsittelylaite kuormien ja materiaalien automaattiseen kuljettamiseen paikasta a paikkaan b. Kuljetinjärjestelmät minimoivat inhimilliset virheet, pienentävät työpaikan riskejä ja vähentävät kustannuksia. Kuljettimen tavarun tai kuorman siirtäminen tapahtuu yleensä hihnan, pyörän, telojen tai ketjun avulla. (10.)

4.1 Ketjukuljetin

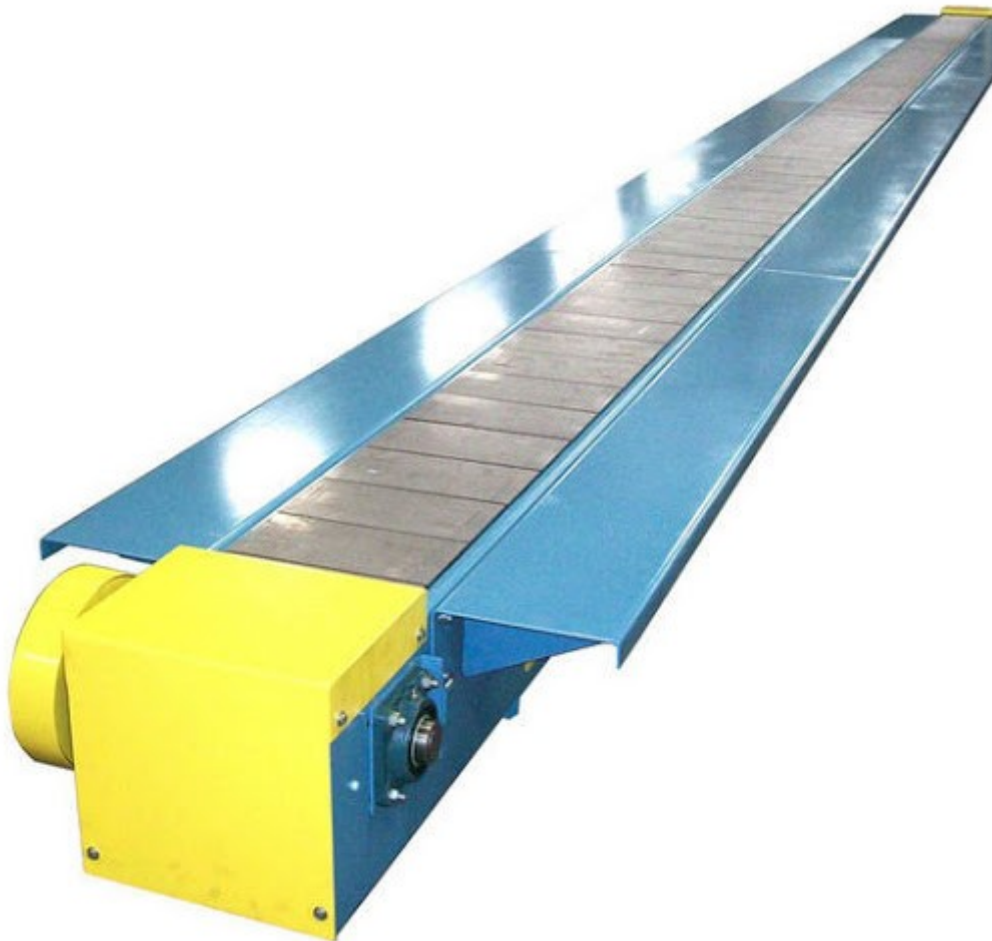
Ketjukuljetin on kuljetin, joka käyttää tavarun siirtämisessä ketjua tai ketjuja. Ketjukuljetinta pyörittää yleensä vaihdemoottori hammasrattaiden avulla. Vaihdemoottori sijoitetaan ketjukuljettimen loppupäähän, jotta ketjun veto saadaan kuljettimen yläpuolelle ja työntöosuus jää kuljettimen alapuolelle. Näin saadaan ketjun kireä puoli yläpuolelle ja ketjun löysempi puoli alapuolelle. Ketjukuljettimen rungossa oleva ketjukouru ohjaa ketjua, ettei ketju pääse irtaantumaan kuljettavasta linjastaan. (11.) Kuvassa 12 on esitetty ketjukuljetin kolmella ketjulla.



KUVA 1. Ketjukuljetin (12)

4.2 Lamellikuljetin

Lamellikuljettimet käyttävät kantopintana ketjuun asennettuja lamelleja, jotka ovat ihanteellisia sovelluksiin, kuten korkeisiin lämpötiloihin, painaviin taakkoihin tai muihin vaikeisiin olosuhteisiin. Lamellit on valmistettu muovista, galvanoidusta hiiliteräksestä tai ruostumattomasta teräksestä. Lamellikuljettimet voivat liikkua vakio- tai vaihtelevalla nopeudella vaatimusten mukaisesti. Lamelliin voidaan liittää tarvittaessa jigi tai muita kannattimia kuljetettavan tavaran mukaan. Lamellikuljetin (kuva 14) on tavallaan kuin ketjukuljetin, mutta ketjuihin on liitettynä lamelli. (13.)



KUVA 2. Lamellikuljetin (14)

5 ROBOTTI

Robotti on mikä tahansa automaattisesti toimiva kone, joka korvaa ihmisen tekemän työn, vaikka se ei näytä ihmiseltä tai tee ihmisen tapaisia liikkeitä. Robotti on teollisuudelle kehitetty kone, joka toimii joustavasti ja tuottaa tarkkoja liikkeitä toistoista huolimatta. Yleensä robotti koostuu jonkinlaisesta mekaanisesta rakenteesta. Robotin mekaaninen puoli auttaa sitä suorittamaan tehtäviä ympäristössä, jota varten se on suunniteltu. (15.)

Robotti tarvitsee toimiakseen sähkökomponentteja, jotka ohjaavat robottia. Usein robotit käyttävät sähköä robotin energiana. On myös olemassa pneumaatiikalla ja hydraulikalla toimivia robotteja, mutta nekin vaativat sähköä sylintereiden ohjaamiseen, paineilman tuottamiseen ja hydraulikan pyörittämiseen. (16.)

Robotit sisältävät ainakin jonkin verran tietokoneohjelmointia. Ilman ohjelmaa, joka kertoo sille, mitä tehdä, robotti olisi vain yksinkertainen kone. Ohjelman lisääminen robottiin antaa sille mahdollisuuden tietää, milloin ja miten tehtävä suoritetaan. (16.)

5.1 Nivelrobotit

Nivelrobotit ovat koneita, jotka on ohjelmoitu suorittamaan tiettyä tehtävää tai työtä nopeasti, tehokkaasti ja erittäin tarkasti. Nivelrobotit ovat yleensä moottorikäyttöisiä. Niitä käytetään yleensä raskaiden sekä toistuvien toimenpiteiden suorittamiseen. Nivelrobotit voivat toimia pitkiä aikoja ilman ihmistä, ja niitä käytetään erityisesti teollisessa tuotannossa, valmistuksessa, koneistuksessa ja kokoonpanossa. Ohjelmoitava nivelrobotti voi olla itsessään täydellinen kone tai se voi toimia yksittäisenä robottina osana suurempaa ja monimutkaisempaa laitetta. Tyypillinen nivelrobotti sisältää sarjan niveliä ja manipulaattoreita, jotka yhdessä muistuttavat läheisesti ihmisen käsivarren liikettä ja toiminnallisuutta. (17.) Kuvassa 3 on esitetty nivelrobotti.

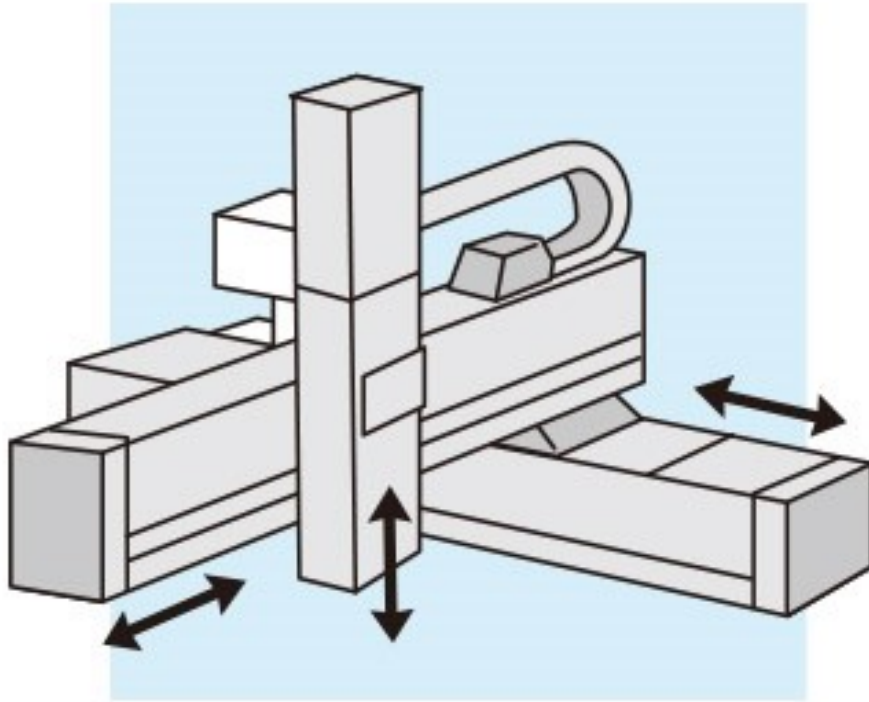


KUVA 3. Nivelrobotti (17)

5.2 Cartesian-robotit

Cartesian-roboteilla on yksinkertainen rakenne kahdesta tai kolmesta liukuvasta akselista, joissa liukuakselit on liitetty toisiinsa. Vaikka ne eivät pysty suorittamaan monimutkaisia liikkeitä, niiden tarkkuustaso on korkea ja niitä on helppo hallita, mikä tekee niistä sopivia käytettäväksi eri teollisuuden alojen tehtävissä. Niitä käytetään yleensä yksinkertaisissa toiminnoissa, joissa toimenpide on tehtävä nopeasti ja tarkasti. (18.)

Cartesian-robotti on laite, joka liikkuu lineaarisesti kolmessa akselissa x-, y- ja z-koordinaattien mukaisesti (kuva 4). Liikkeet ovat lineaariset ja niitä yhdistelemällä voidaan toteuttaa monenlaisia toimenpiteitä. (19.)



KUVA 4. Cartesian-robotti (18)

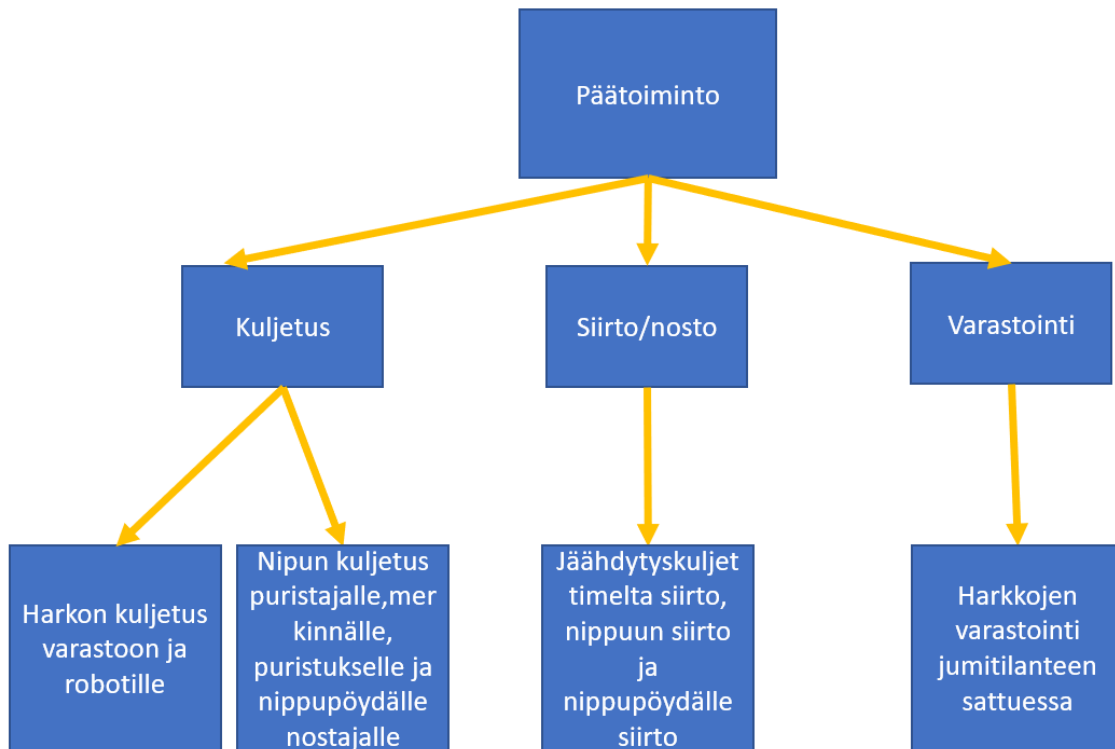
6 ESISUUNNITTELU

Työ aloitettiin asettamalla sen toiminnalle vaatimuksia ja rajaamalla työn laajuutta. Vaatimuksena varastokuljettimelle oli sen lyhentäminen ja sinkkiharkkojen varastoiminen ongelmatilanteen sattuessa. Varastokuljettimesta tulisi saada toimintavarma ja yksinkertaisesti toimiva, jolloin liikkuvia osia ei olisi paljoa. Näistä syistä kehitys kohdistui varastokuljetinkokonaisuuteen pelkän varastokuljettimen sijaan.

6.1 Osatoimintoihin jako

Päätoimintona on varastokuljetinkokonaisuus, joka niputtaa ja kuljettaa valmiin nipun trukille noudettavaksi. Ongelman tapahtuessa saadaan varastoitua harkkoja varastoon, jottei koko valukonetta tarvitse sammuttaa. Näiden toimintojen avulla voidaan parantaa ja kehittää valukoneen toiminnallisuutta. Toimintojen suunnittelua helpottamiseksi ne jaettiin eri osatoimintoihin.

Päätoiminto jaettiin kolmeen osatoimintoon, jotka olivat kuljetus, siirto ja nosto sekä varastointi. Kuljetusosuuteen kuuluivat kuljetus varastoon, robotille, puristajalle, merkinnälle ja nippupöydälle nostajalle. Siirto ja nosto-osuuteen kuuluivat jäähdytyskuljettimelta siirto varastoon, nippuun siirto ja nippupöydälle siirto. Varastointiosuuteen kuuluivat harkkojen varastointi. Näiden toimintojen perusteella aloitettiin pohtimaan ratkaisuja eri tehtävien toteutukseen. Osa oli jo ennestään tiedossa, sillä ne päätettiin hyödyntää vanhasta varastokuljettimesta. Kuvassa 5 on esitetty osatoimintoihin jako.

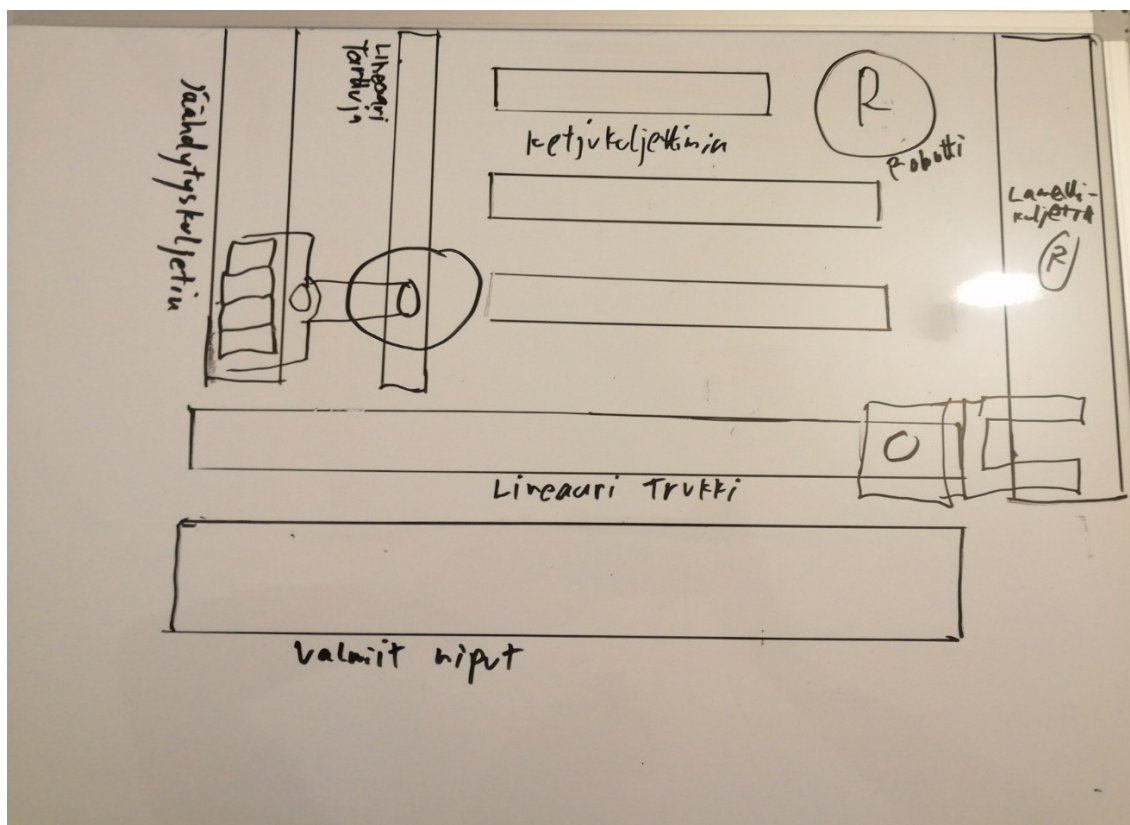


KUVA 5. Osatoimintoihin jako

6.2 Ideointi

Ideointi aloitettiin piirtämällä paperille, mitä ja miten laitteen voisi toteuttaa, sillä samanlaista laitteistoa ei ole vielä missään käytössä. Seuraavaksi tutkittiin, miten erilaisia ratkaisuja on toteutettu muissa samantyyppisissä ratkaisuissa ja miten voisi ne yhdistämällä saada rakennettua sopivan laitteiston.

Kun mahdollinen idea tuli esille, se piirrettiin layout-muodossa valkotaululle (kuva 6) ja ideaa kehitettiin myös VisualComponents-ohjelman avulla. Nämä piirustukset pyrittiin tekemään mittakaavassa niin, että saadaan mahdollinen tilanvienti esille.



KUVA 6. Valkotaululle hahmottelua

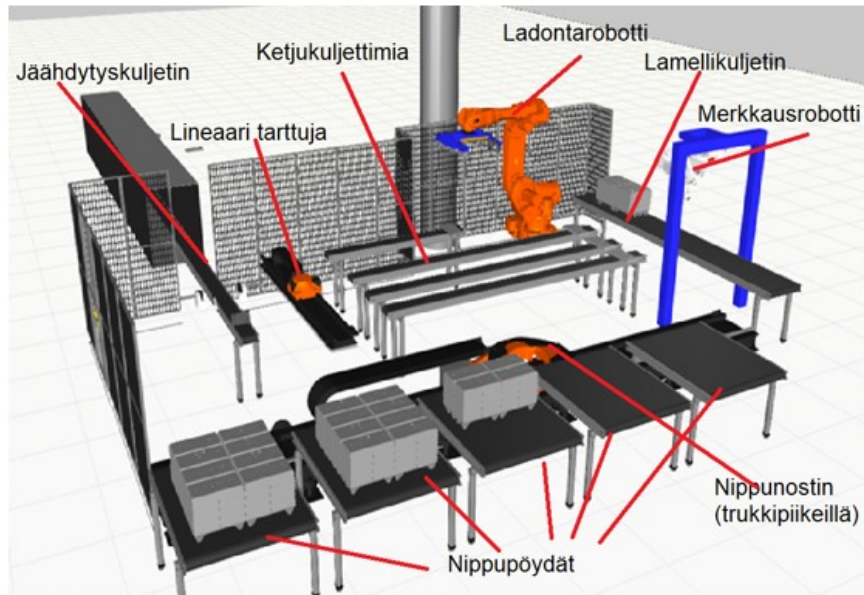
6.3 Laitteiden valinta

Laitteiden valinnassa käytettiin hyväksi morfologista kaaviota, pistearviointia ja VisualComponets-ohjelmalla tehtyjä malleja. Laitteiden valinta tehtiin yhdessä toimeksiantajan kanssa ja valinnassa hyödynnettiin mahdollisimman paljon vanhaa laitteistoa.

6.3.1 Morfologinen laatikko

Varastokuljettimen alustava laitteiden valinta aloitettiin rakentamalla morfologinen kaavio ja sijoittamalla siihen mahdolliset laitteet. Morfologisen laatikon ja ideoinnin avulla sai luotua neljä mahdollista laiteyhdistelmää, mutta yksi niistä olisi ollut huomattavasti kalliimpi ja veisi enemmän tilaa, joten se jätettiin pois valinnasta. Taulukossa 3 on esitetty morfologinen laatikko.

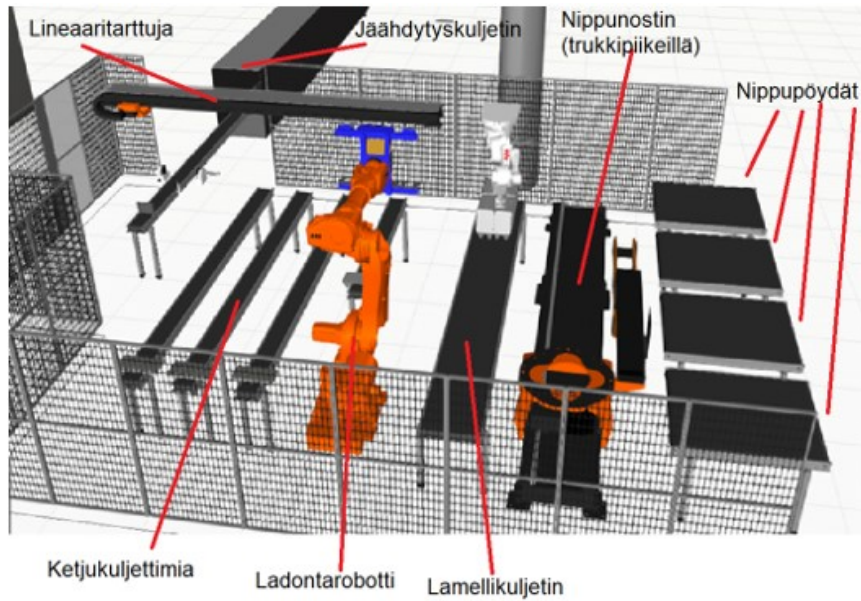
harkot ketjukuljettimelta ja kasaisi nipun harkoista lamellikuljettimelle. Lamellikuljetin kuljettaisi nipun merkinnälle ja lopuksi nippunostimelle. Nippunostin nostaisi nipun nippupöydälle ja lopuksi trukki hakisi valmiit niput pois nippupöydältä. (Kuva 7.)



KUVA 7. Varastokuljetinkokonaisuuden versio 1

Versio 2

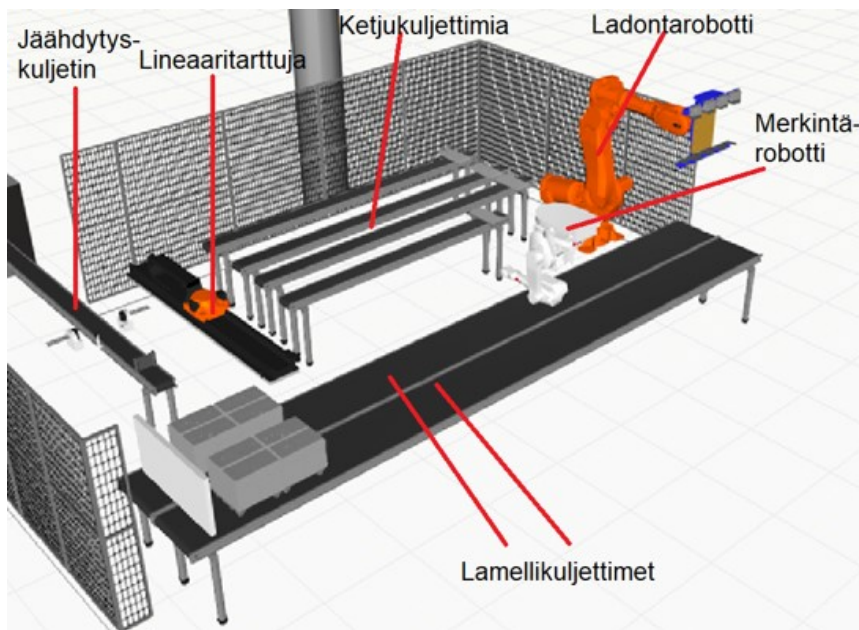
Versio 2 suunniteltiin toimimaan samalla periaatteella kuin aiemman version, sillä sama toimintaperiaate oli hyvä ja laitteita siirtelemällä sai harkkojen siirrosta lineaarisemman. Tässä versiossa ei tarvitse harkkoja pyörittää saadakseen ne oikeinpäin kuljettimelle ja nippujen noutopiste olisi eri kohdassa. (Kuva 8.)



KUVA 8. Varastokuljetinkokonaisuuden versio 2

Versio 3

Versio 3 suunniteltiin samantapaisella toimintaperiaatteella kuin aiemmat mallit, mutta se erottui aiemmista malleista vain nippunostimen ja nippupöydän poistamisella. Ne korvattiin lamellikuljettimella, joka toimii samalla nippupöytänä. Tällä periaatteella säästettäisiin tilaa ja kustannuksia. (Kuva 9.)



KUVA 9. Varastokuljetinkokonaisuuden versio 3

6.3.4 Laitteiden pistearviointi

Laitteiden valinnassa käytettiin hyväksi pistearviointia ja VisualComponents-ohjelmalla tehtyjä suunnitelmia. Näiden avulla laitteiden valinta helpottuisi ja löydettäisiin ratkaisuun paras vaihtoehto. Pistearviointiin listattiin arviointikriteereiksi erilaisia arvoja, jotka olisivat kuljetinkokonaisuuden toiminnan kannalta olennaisia asioita. Näille arvoille toimeksiantaja lisäsi painokertoimen ja kokonaisuuksille tehtiin alustava pisteytys ominaisuuksien mukaan. Taulukossa 4 on esitetty varastokuljetinkokonaisuuksien pistearviointi täytettynä.

TAULUKKO 4. Varastokuljetinkokonaisuuksien pistearviointi

Varastokuljettimen pistearviointi		Ratkaisuvaihtoehdot						versio	0,2
Arviointikriteeri	Painokerroin (0...1)	Ve1		Ve2		Ve3			
		Arvosana (1...5)	Painotettu arvosana	Arvosana (1...5)	Painotettu arvosana	Arvosana (1...5)	Painotettu arvosana		
Hinta	10 %	3	0,3	4	0,4	5	0,5		
Toimintavarmuus	20 %	4	0,8	4	0,8	2	0,4		
Pinta-ala	8 %	3	0,225	4	0,3	5	0,375		
Kunnossapito	5 %	3	0,15	3	0,15	4	0,2		
Hyvä käyttöturvallisuus	15 %	5	0,75	5	0,75	5	0,75		
Varaston kapasiteetti	15 %	5	0,75	5	0,75	5	0,75		
Kestää ympäristön rasitukset	5 %	4	0,2	4	0,2	4	0,2		
Nopeus	5 %	4	0,2	5	0,25	4	0,2		
Tarkkuus	5 %	4	0,2	4	0,2	3	0,15		
Energia (pneu ja sähkö +, hydraulikka -)	3 %	3	0,075	3	0,075	4	0,1		
Yksinkertaisuus	5 %	2	0,1	3	0,15	4	0,2		
Valmiiden osien/laitteiden käyttö	5 %	3	0,15	3	0,15	3	0,15		
Yhteensä	100 %		3,9		4,175		3,975		

Pistearvioinnin perusteella vaihtoehto 2 osoittautui parhaaksi. Myös toimeksiantajan valinta kohdistui samaan vaihtoehtoon. Muut vaihtoehdot suljettiin pois ja kehittäminen kohdistui vain valittuun vaihtoehtoon. Valittua vaihtoehtoa päätettiin vielä kehittää ja lisätä uudenlaisia laitteita kokonaisuuteen, mutta alkuperäinen toimintaperiaatte päätettiin säilyttää.

7 KONSEPTISUUNNITTELU

Konseptisuunnittelu aloitettiin esisuunnittelun jälkeen ja se toteutettiin pääosin Solidworks- ja VisualComponents-ohjelmilla. Konseptisuunnittelussa käytettiin Solidworks-ohjelmistoa osien piirtämisessä ja VisualComponents-ohjelmaa koneiden sijoittelussa.

Konseptisuunnittelussa ei ollut tarkoituksena tarttua laitteiden yksityiskohtiin vaan saada rakennettua laitekokonaisuus, josta saadaan selville sen toimintaperiaate ja mahdollisimman paljon visuaalista tietoa. Konseptisuunnittelu pyrittiin tekemään arvioidun tilan viennin mukaan, eli laitteet tuli suunnitella mahdollisten mittojen mukaan ja arvioida, onko mahdollista rakentaa laite kyseisillä mitoilla.

7.1 Varastokuljettimet

Varastokuljettimien suunnittelussa käytettiin samanlaista runkoratkaisua kaikissa ketjukuljettimissa. Lamellikuljettimen suunnittelussa päätettiin hyödyntää vanhaa lamellikuljetinta, mutta samalla päivittää sitä nykyaikaisemmaksi.

7.1.1 Jäähdytyskuljettimen jatkokuljetin

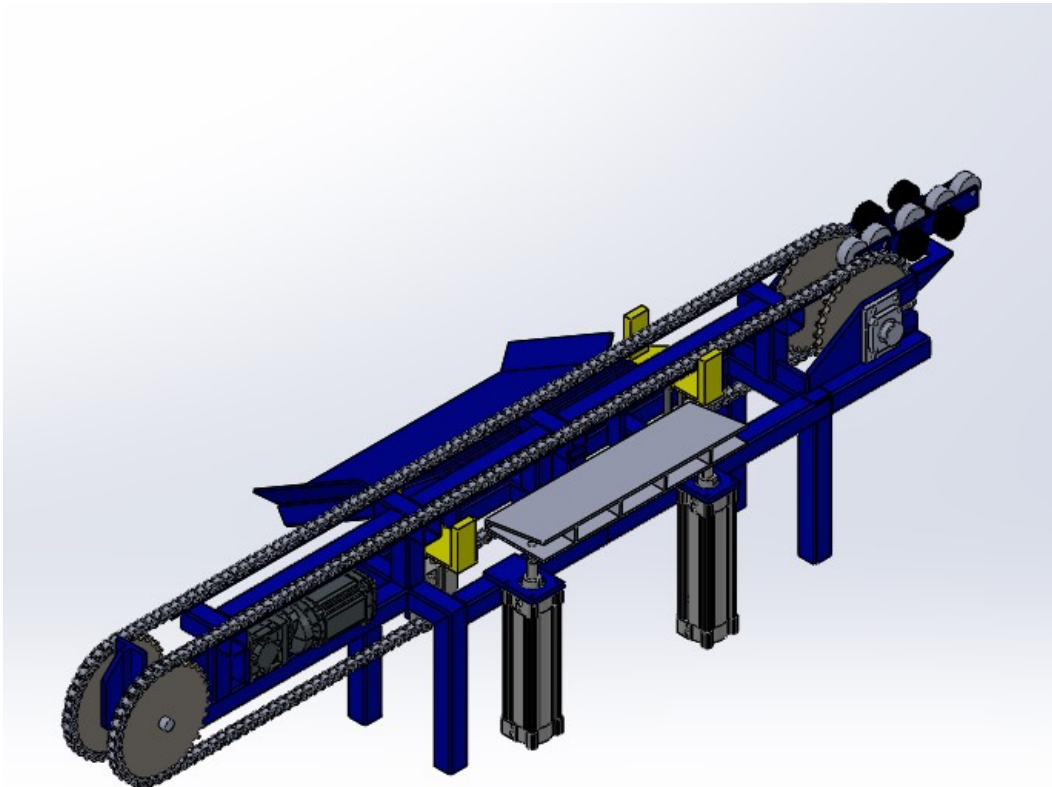
Jäähdytyskuljettimen jatkokuljetin suunnittelu aloitettiin miettimällä, miten harkon siirto toteutetaan jäähdytyskuljettimelta jatkokuljettimelle. Se suunniteltiin aluksi toimimaan laakeroiduilla rullilla, mutta se arvioitiin epävarmaksi, sillä harkon liukuva pinta ei aina ole tasainen ja mahdollinen epämuodostuma aiheuttaisi harkon putoamisen kuljettimelta. Tämän jatkon toteuttaminen jätettiin yksityiskohtaiseen suunnitteluun, sillä sen suunnittelu on tehtävä huolellisesti, koska sen toimintavarmuus on tärkeä osa koko kuljetinkokonaisuuden toimivuutta ajatellen.

Jäähdytyskuljettimen jatkokuljettimelle tarvittiin myös huonojen harkkojen poistaminen. Tämä suunniteltiin tapahtuvan neljän harkon erissä, jotta harkot pysyvät järjestyksessä. Tämä toiminto suunniteltiin toimimaan pneumatiikalla. Toiminnossa käytettiin neljää pneumatiikka sylinteriä, jossa kaksi sylinteriä toimivat harkon pysähdytyksessä ja kaksi poistossa. Harkkojen pysähdytys suunniteltiin toimivan kuljettimen alapuolelta ja kahdella stopparilla.

Ensimmäinen stoppari nousee ylös huonon harkon saavuttua hylkäysalueelle ja toinen stoppari nousee, kun hylkäysalueella on neljä harkkoa. Kun neljä harkkoa on poistettu alueelta, laskee toinen tai molemmat stopparit alas riippuen huonojen harkkojen määrästä. Poistetut harkot ohjautuvat levyä pitkin hylättyjen harkkojen kuupaan.

Jatkokuljettimen voimansiirrossa päätettiin käyttää vaihdemoottoria ja hammasratas-ketjuyhdistelmää, sillä moottori piti sijoittaa harkkojen nostopisteeseen. Tällä tavoin ketjun veto tapahtuu kuljettimen yläpuolella, jossa kuljetettava massa on ja ketjun löysä puoli jää alapuolelle. Moottoria ei voinut sijoittaa suoraa kuljettimen pätyyn, sillä kuljettimen päädyssä on oltava tilaa harkkojen nostoa varten.

Kuljettimen lopussa ei ole rungossa tukijalkoja, koska harkkojen nosto tapahtuu sen alapuolelta. Kuljettimen lopussa on stoppari, joka pysähdyttää harkot, etteivät ne lennä lattialle. (Kuva 10.)



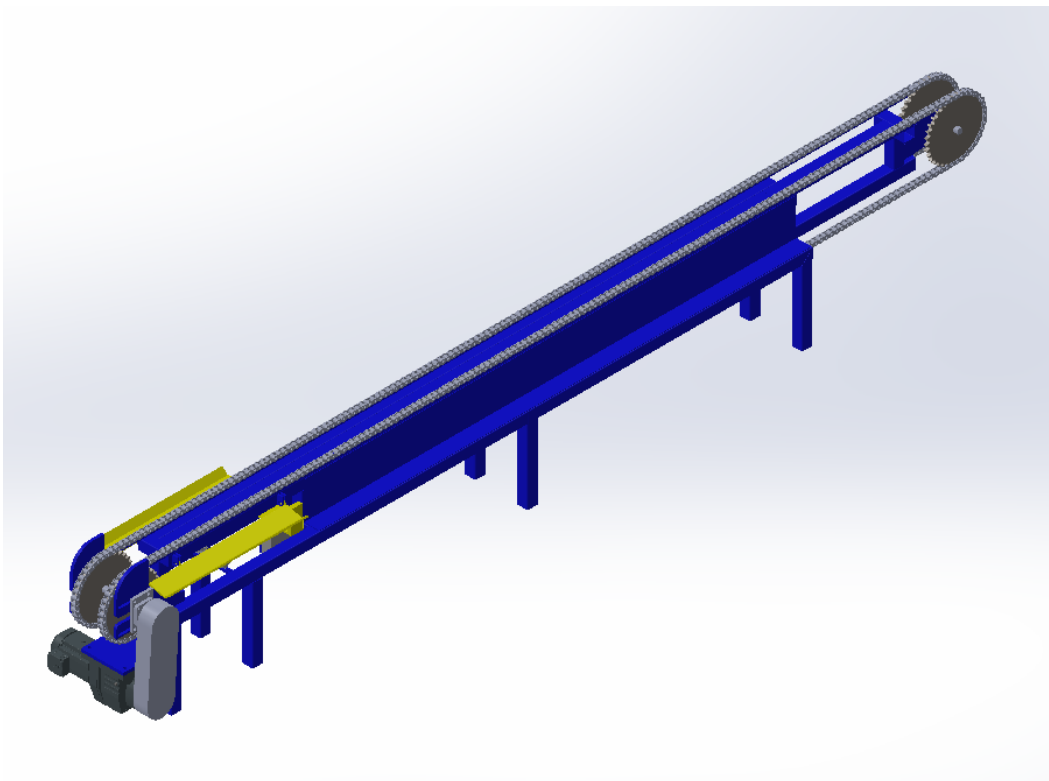
KUVA 10. Jäähdytyskuljettimen jatkokuljetin

7.1.2 Varastokuljetin 6500

Varastokuljetin 6500 suunniteltiin vastaanottamaan harkkoja ongelmatilanteen sattuessa. Ongelma sattuessa kuljettimen on lajiteltava harkot neljän kappaleen eriin niin, että robotti voi poimia ne ongelmitta kuljettimen poistopisteeltä. Harkkojen neljän eriin erittely suunniteltiin toimivan kuljettimen ohjauksella. Kun on tuotu neljä harkkoa, kuljetin kuljettaa ne pois laskemispisteeltä ja pysähtyy. Tämä toimenpide toistuu, kunnes kuljetin on täynnä tai ongelma on poistettu. Näin sadaan pieni väli neljän kappaleen erien väliin.

Varastokuljettimen loppuun suunniteltiin harkkojen tasaaja, jotta robotti voi poimia harkot. Ilman tasaajaa harkot voisivat olla eri kohdissa ja pahimmassa tapauksessa robotti painaisi harkkoja alas poimittaessa niitä, eikä tartunta onnistuisi. Tasaus suunniteltiin toteutumaan pneumatiikalla ja nivelliitoksella.

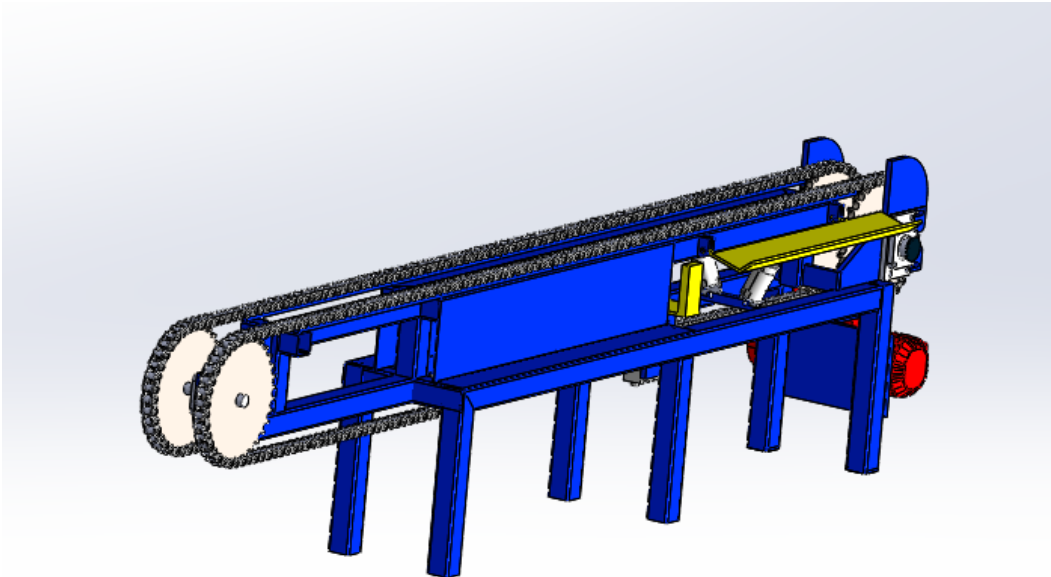
Varastokuljettimen voimansiirto suunniteltiin toteutettavaksi vaihdemoottorilla. Moottori sijoitettiin kuljettimen vetopäähän. (Kuva 11.)



KUVA 11. Varastokuljetin 6500

7.1.3 Varastokuljetin 4000

Varastokuljetin 4000 suunniteltiin samantapaisesti kuin varastokuljetin 6500. Varastokuljetin 4000 toiminta erottuu edeltäjästä kuitenkin toiminnaltaan, sillä sen tehtävänä ei ole varastoida, vaan kuljettaa jatkuvasti harkkoja robotille. Varastokuljetin 4000 sisältää samat ominaisuudet kuin 6500, mutta on vain lyhyempi. (Kuva 12.)

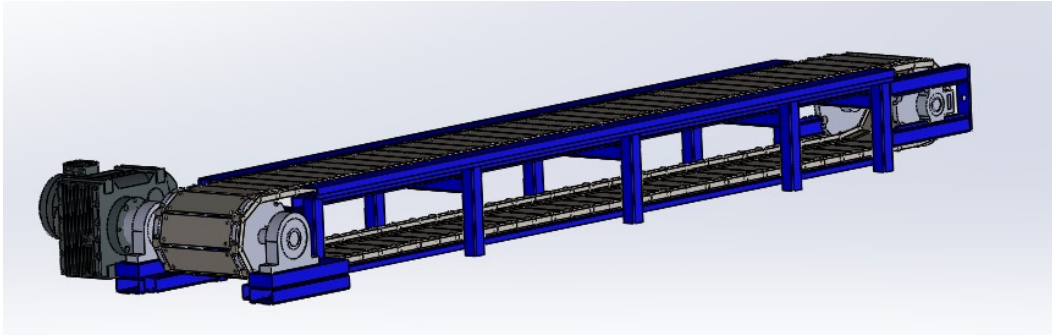


KUVA 12. Varastokuljetin 4000

7.1.4 Lamellikuljetin

Lamellikuljettimen tehtävänä on kuljettaa robotin kokoamia harkkonippuja nippupuristimelle, merkkaukselle ja haarukkanostimelle. Lamellikuljettimen on kannatettava ja kuljetettava neljä nippua.

Lamellikuljetin oli aluksi tarkoituksena hyödyntään Bolidenin nykyisestä lamellikuljettimesta, mutta sen rakennetta tutkittua huomasi ajan tuoman kulumisen, joten lamellikuljetin täytyy suunnitella uudestaan ja rakentaa paranneltu versio nykyisestä versiosta. Uusi lamellikuljetin suunniteltiin lyhyemmäksi ja voimansiirtoa päivitettiin vanhaan lamellikuljettimeen verrattuna. (Kuva 13.)



KUVA 13. Lamellikuljetin

7.1.5 Varastokuljettimien sähkömoottorin valinta

Varastokuljettimien sähkömoottoreiden valintaan tärkein ominaisuus oli vääntömomentti. Vääntömomentilla tarkoitetaan moottorin akselille välittämää vääntövoimaa. Vääntömomentin laskemiseen tarvitaan tässä tapauksessa ketjun ja sen päällä oleva massa kitka-alueella sekä kitkakerroin ja ketjupyörän halkaisija. Taulukossa 5 on esitetty laskennassa käytetyt lähtötiedot.

TAULUKKO 5. Lähtötiedot

Lähtötiedot	
Harkon paino	25 kg
Harkon leveys	237 mm
Harkkonipun paino	1000 kg
Valuvauhti	25 t/h
Ketjukuljettimen ketjun massa	6,7 kg/m
Ketjukuljettimen ketjun jako	38,1 mm
Hammasrattaan hammasluku	31
Lamellikuljettimen lamellin massa	100 kg/m
Lamellikuljettimen lamellin jako	200 mm
Hammasrattaan hammasluku	8
Arvioitu kitkakerroin	0,2

Vääntömomentin laskemiseen on selvitettävä ketjupyörän halkaisija. Se lasketaan käänteisellä ympyrän piirin kaavalla 1 (20, s. 18.)

$$D = \frac{p \cdot n}{\pi} \quad \text{KAAVA 1}$$

p = ketjun nousu (mm)

n = ketjupyörän hammasluku

Seuraavaksi selvitetään liukupintojen välinen kitkavoima kaavalla 2 (20, s. 163.)

$$F = m_k + m \cdot g \cdot \mu \quad \text{KAAVA 2}$$

m = ketjun päällä oleva massa (kg)

m_k = ketjun massa kitka-alueella (kg/m)

g = painovoiman kiihtyvyys (m/s²)

μ = liukupintojen välinen kitkakerroin

Lopuksi selvitetään vääntömomentti aiemmin laskettujen arvojen avulla kaavalla 3 (20, s. 174.)

$$M = F \cdot L \quad \text{KAAVA 3}$$

F = kitkavoima (N)

L = voiman varsi (m)

Lisäksi selvitetään moottorin toisionopeus kaavalla 4 (20, s. 167.)

$$n = \frac{V}{D \cdot \pi} \quad \text{KAAVA 4}$$

V = haluttu kuljetusnopeus (m/s)

D = ketjupyörän halkaisija (m)

Näiden arvoje avulla saatiin suuntaa antavat moottorit valittua ketjukuljettimille ja lamellikuljettimelle. Taulukossa 6 on esitetty lasketut arvot ketjukuljetin 4000:lle.

TAULUKKO 6. Varastokuljetin 4000:n lasketut arvot

Ketjukuljetin 4000		
Max nopeus	0,27	m/s
Min nopeus	0,07	m/s
pituus	4	m
Ketjupyörän halkaisija	375,9558	mm
Ketju + harkot massa	448,7409	kg
Voiman varsi	187,9779	mm
Kitkavoima	880,4297	N
Vääntömomentti	165,5013	Nm
Toisionopeus max	13,71603	1/min
Toisionopeus min	3,556007	1/min

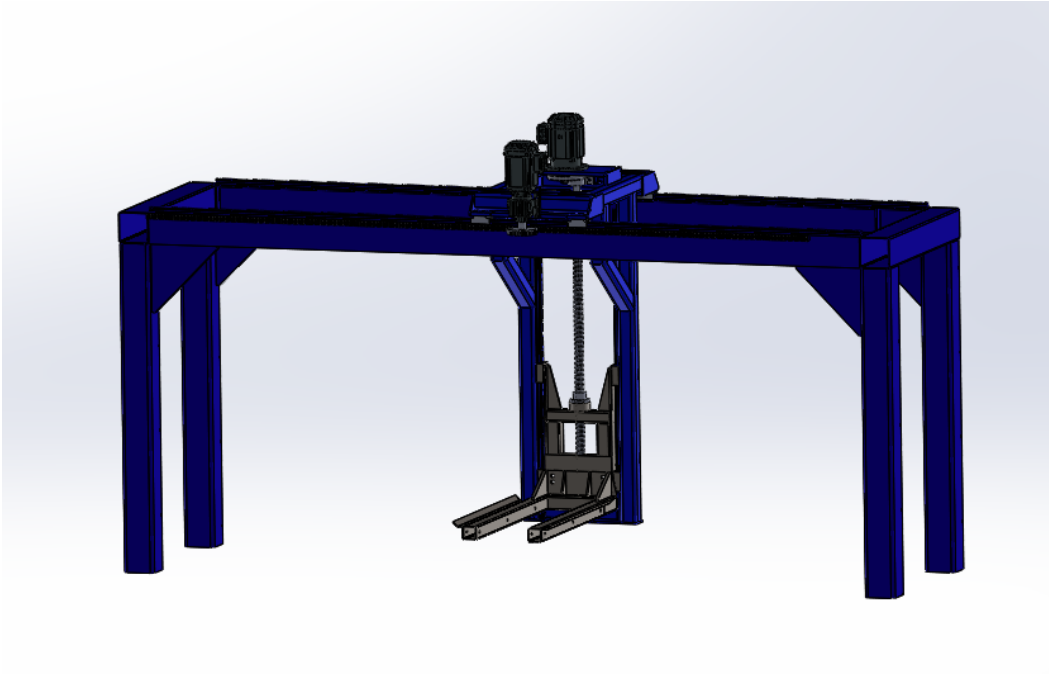
Moottorin valinnassa käytettiin laskettuja arvoja ja moottori valittiin maksimi- ja miniminopeuden arvojen mukaan riippuen saatavista vaihtoehdoista. Kaikki mitoituslaskut on esitetty liitteessä 1.

7.2 Noukkija

Noukkijan tehtävänä on kuljettaa harkkoja jäähdytyskuljettimelta varastokuljettimille neljän kappaleen erissä. Noukkija toimii x- ja z-suuntaisten liikkeiden avulla.

Noukkija on suunniteltu rakennettavan putkipalkista ja sen liikkeet on toteutettu lineaarijohteita pitkin käyttäen hammastanko-hammasratasmenetelmää ja kuularuuvia. Niiden pyörittämiseen suunniteltiin käytettävän sähkömoottoreita.

Noukkijan nosto tapahtuu kuvassa 14 näkyvän ulokkeen avulla. Harkot tulevat ulokkeen yläpuolelle ja kuljettimen runko menee kuvassa näkyvän ulokkeen palkkien välistä. Noukkija kulkee kuljettimien yläpuolella, kun sen hallussa on neljä harkkoa. Kun noukkija on tyhjillään, se kulkee kuljettimien alapuolella.



KUVA 14. Noukkija

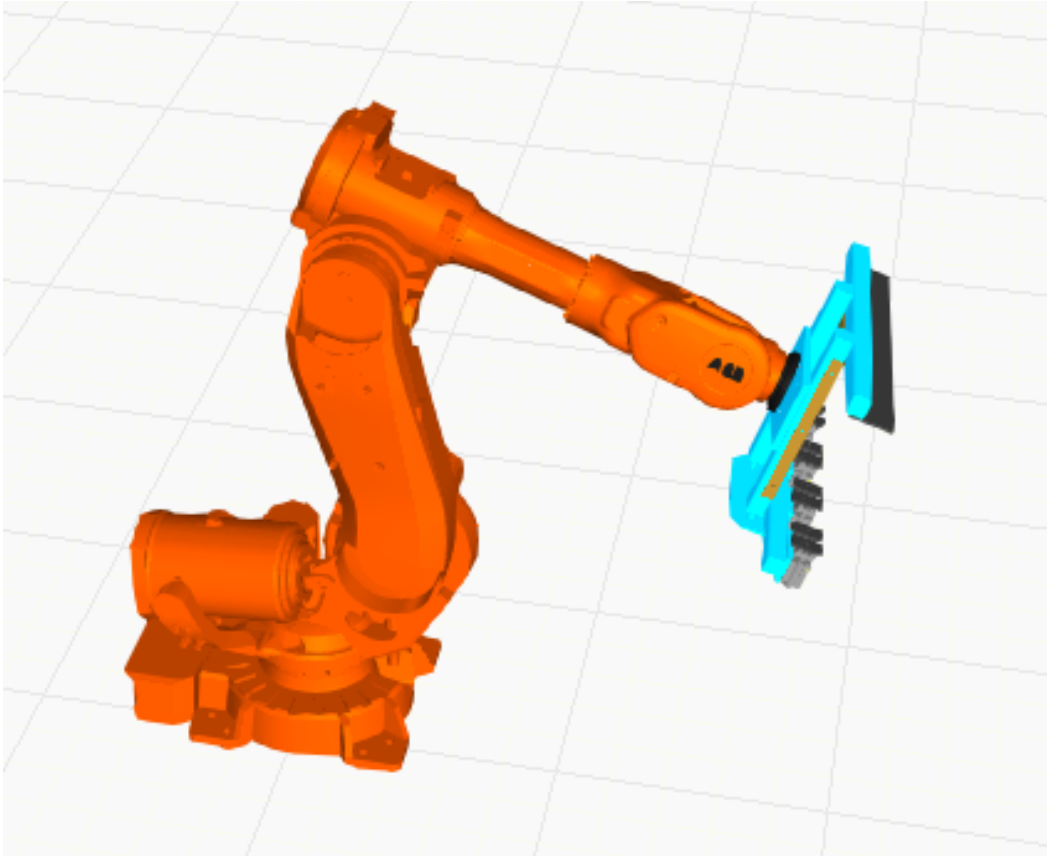
7.3 Robotit

Varastokuljetinkokonaisuuteen kuuluu kaksi nivelrobotia ja molemmat ovat ABB:n valmistamia. Ladontarobotti on kuitenkin vanha ja käyttöikänsä lopussa, joten se vaihdetaan uuteen. Merkitärobotti taas hyödynnetään vanhasta järjestelmästä.

7.3.1 Ladontarobotti

Ladontarobotin tehtävänä on niputtaa harkoista nippuja. Robotti poimii harkot varastokuljettimelta ja kokoaa nipun lamellikuljettimelle. Nippu sisältää 40 harkkoa. Yksi harkko painaa noin 25 kg, joten ladontarobotin pitää jaksaa nostaa yli 100 kg painavaa taakkaa toistuvasti.

Ladontarobotiksi valittiin alustavasti ABB:n IRB6640-235/2.55-mallin, koska sen nostokapasiteetti oli 235 kg ja ylettyvyys 2,55 m. Tämä malli ylittäisi nostamaan harkot jokaiselta kuljettimelta ja niputtamaan ne lamellikuljettimelle. Kuvassa 15 on esitetty ABB IRB6640-235/2.55 ja siinä käytettävä tarttuja.



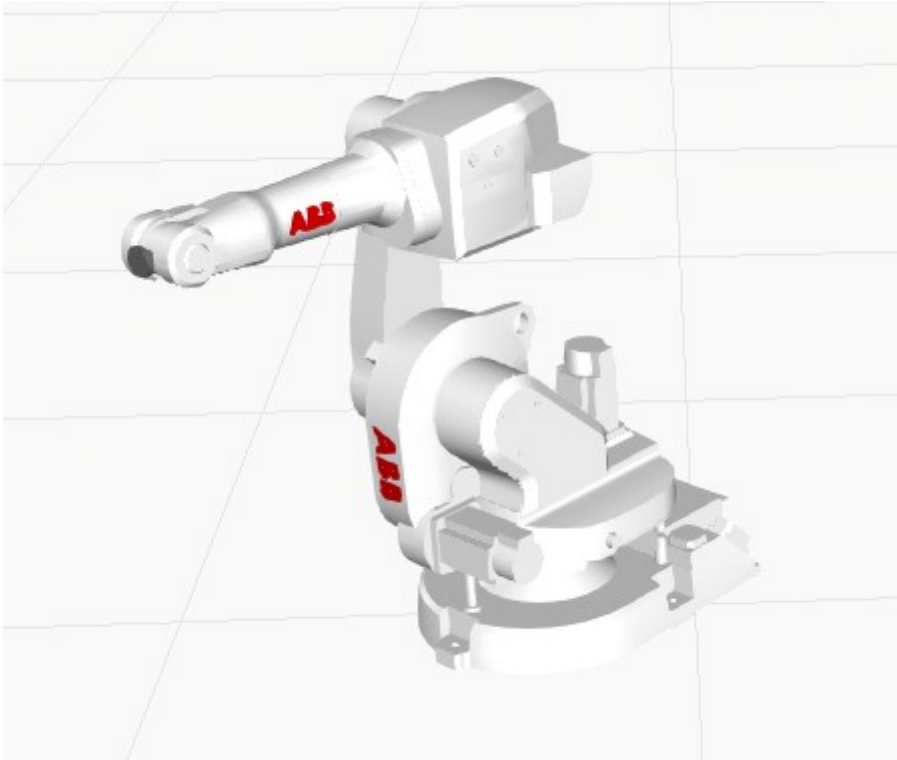
KUVA 15. ABB IRB6640-235/2.55 ja tarttuja

7.3.2 Merkkausrobotti

Merkkausrobotin tehtävänä on merkitä niput. Merkintä tapahtuu robottiin kiinnitetyllä merkintälaitteella.

Merkkausrobotia ei vaihdeta uuteen, koska se voidaan hyödyntää vanhasta varastokuljettimesta. Robotti ei ole kovalla rasituksella, joten sillä on vielä paljon elinaikaa jäljellä. Robottina käytetään ABB:n IRB1600-mallia, sillä merkintälaitte ei ole painava. Merkintäpiste vaihtelee harkkonipun mukaan, joten robotin on pystyttävä merkitsemään erilaisissa asennoissa.

Merkkausrobotin kiinnikkeet ovat nippupuristimen kanssa samassa rungossa. Tämä runko hyödynnetään uuteen kokonaisuuteen, koska sillä säästetään suunnittelussa ja sen on todettu toimivan hyvin. (Kuva 16.)



KUVA 16. ABB IRB1600

7.4 Nippupuristin

Nippupuristimena hyödynnetään vanhaa puristin mallia, sillä sen on todettu toimivan hyvin. Vanha puristin käyttää hydraulikkaa puristamisessa, mutta hydraulikka komponentit on sijoitettu hyvin, sillä vuodon sattuessa ne eivät ole harkkojen yläpuolella. Nippupuristin rungossa on myös samalla kiinnikkeet ja anturit merkkaukselle, joten sen hyödyntäminen vähentää suunnittelua. Nippupuristimesta ei ollut 3D-mallia valmiina, joten layout kuvaan rakennettiin vain tilan varauksen kyseiselle laitteistolle.

7.5 Nipun sidonta

Nipun sidonta jätettiin mahdolliseksi toteutukseksi, mutta se sijoitettiin myös layout kuvaan, sillä toimeksiantaja halusi tietää, onko se mahdollista sijoittaa kyseiseen kokonaisuuteen. Nipun sidonnan lisäämisen johdosta nippupöytää joutui lyhentämään ja varaamaan lisää tilaa sidonnassa käytettäville keloille.

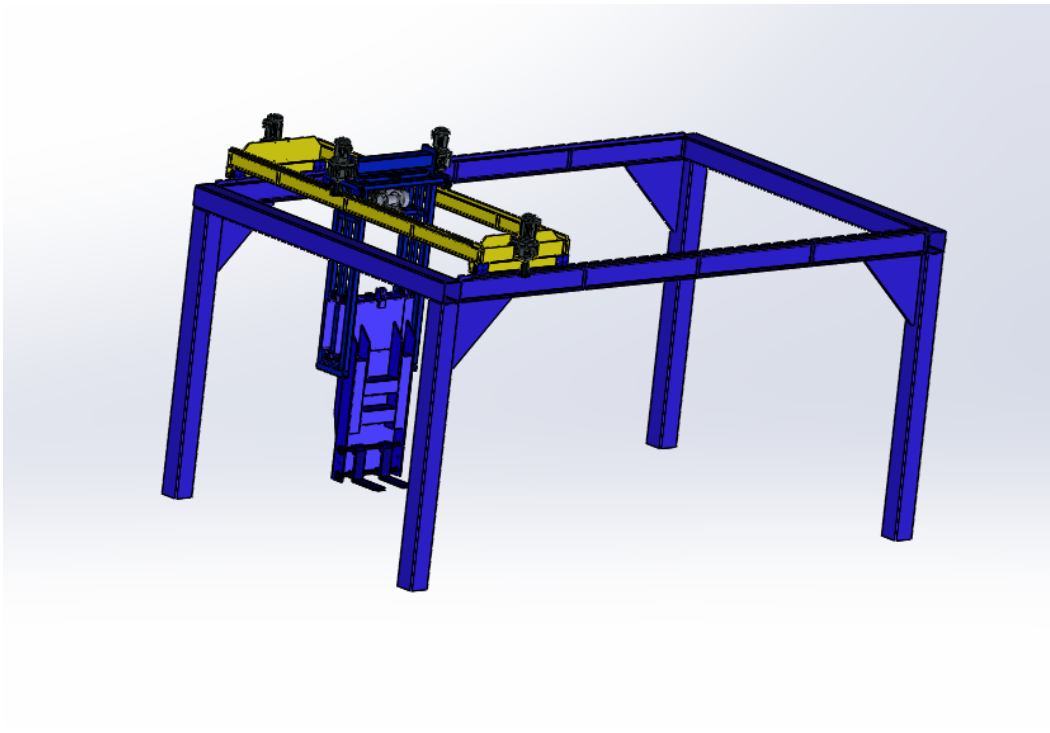
Nipun sidontalaitteisto on käytössä Bolidenin tehtaalla, mutta ei valimon puolella. Nipun sidonta jo valimolla auttaisi kuljetuksessa ja vähentäisi nippujen ylimääräistä kuljettamista.

7.6 Haarukkanostin

Haarukkanostin on siltanosturin tapainen laite, jonka tehtävänä on kuljettaa harkkonippuja. Haarukkanostin toimii x-, y- ja z-suunnassa. Haarukkanostin nostaa pääasiassa harkkoniput lamellikuljettimelta ja nipun sidonnalta.

Haarukkanostin suunniteltiin alustavasti toimimaan hammastanko-hammasratasmenetelmällä ja junakisko periaatteella, sillä laitteella ei jahdata mikrometrejä vaan senttejä. Haarukkanostimen z-suuntaisessa liikkeessä käytetään vinssiä nostamiseen ja ohjainrullia pitämään nostaja paikoillaan.

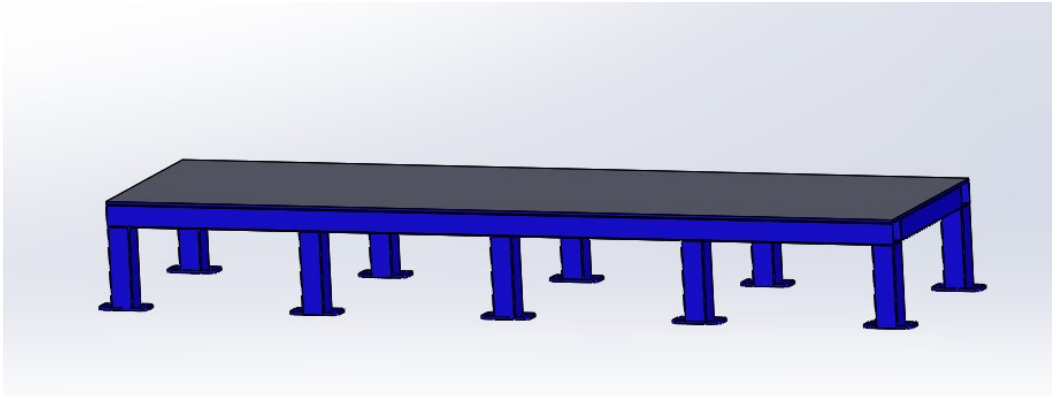
Haarukkanostimen nipun nosto kuvassa 17 olevien trukkiپیکیں avulla. Jos nipun alla laskettaessa on jotain estämässä, ei laite paina itseään ylös kuten hydraulisessa ratkaisussa, vaan vinssin vaijerit löystyvät ja niiden löystymiseen on tarvittaessa saatavissa tunnistus ominaisuus, että laite tietää pysähtyä.



KUVA 17. Haarukkanostin

7.7 Nippupöytä

Nippupöytä on täysin kiinteä putkipalkista suunniteltu pöytä, jonka tehtävänä on varastoida valmiita ja huonoja nippuja. Nippupöydälle suunniteltiin asetettavan kaksi nippua peräkkäin ja kahteen kerrokseen. Nippuja tulisi koko pöydälle neljä riviä valmiita nippuja ja yksi rivi varataan huonoille nipuille. Yhdelle riville mahtuisi neljä nippua ja koko pöydälle 20 nippua. Kuvassa 18 on esitetty nippupöytä.

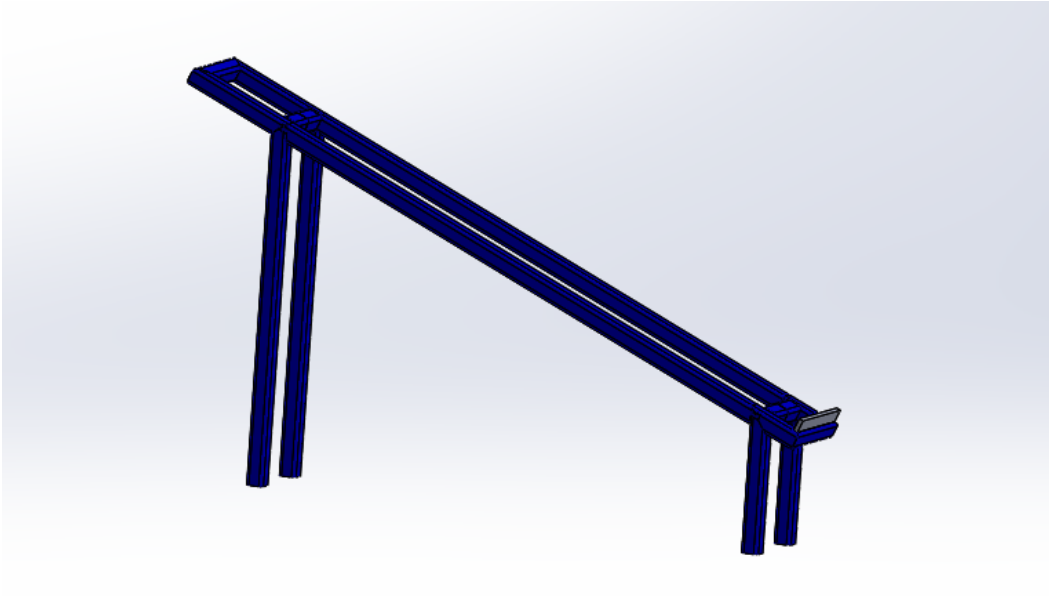


KUVA 18. Nippupöytä

7.8 Varaharkkoteline

Varaharkkotelineen tehtävänä on varastoida jalkaharkkoja mahdollisen jalkaharkko puutteen ehkäisemiseksi. Jos yksikin jalkaharkko on huono, nippua ei voida koota, sillä nippu vaatii neljä jalkaharkkoja nipun pohjakerrokseen.

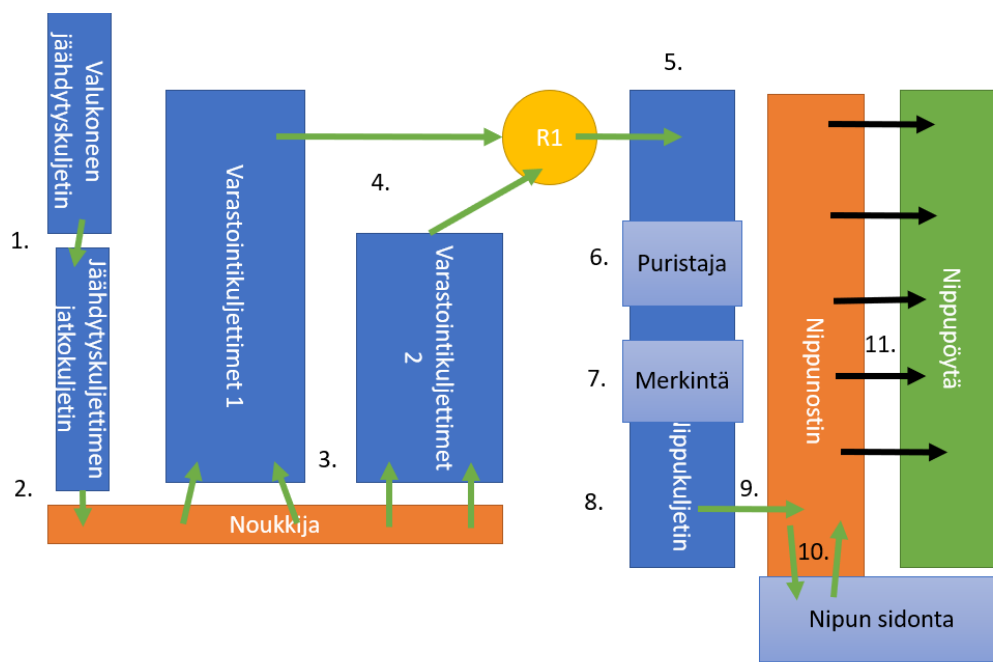
Varaharkkoteline päätettiin hyödyntää vanhasta varastokuljettimesta, sillä se on todettu toimivaksi ja helppokäyttöiseksi. Varaharkkoteline on täysin kiinteä huonekaluputkesta rakennettu teline.



KUVA 19. Varaharkkoteline

8 VARASTOKULJETTIMEN TOIMINTAPERIAATE

Varastokuljettimen toimintaperiaate on samantapainen kuin aiemmin mainitussa versiossa 2. Kuvassa 20 on esitetty varastokuljettimen päätoiminnot numeroituna.



KUVA 20. Varastokuljettimen toimintaperiaate

Harkot tulevat valukoneen jäähdytyskuljettimelta tasaisessa tahdissa jonossa. Jäähdytyskuljettimen jatkokuljetin ottaa harkot vastaan (kuva 20, kohta 1) ja kuljettaa ne kuljettimen päädyn asti. Jos valukone tekee huonoja harkkoja, jatkokuljetin poistaa ne neljän kappaleen erissä poistopisteessä.

Kun neljä harkkoa on kuljettimen päädysssä, noukkija ottaa ne haltuunsa nostamalla (kuva 20, kohta 2). Noukkija kuljettaa harkkoja ensisijaisesti varastokuljettimille 2 (kuva 20, kohta 3). Varastokuljettimet 1 tulevat käyttöön, kun tapahtuu ongelmatilanne harkkojen ladonnassa ja varastointikuljettimet 2 ovat täyttyneet harkoista. Jos kaikki kuljettimet ovat täynnä harkkoja, valukone sammuu. Mahdollisesti valukone voisi hiljentää valuvauhtia jumi tilanteen sattuessa, mutta tämä vaatisi paljon säätämistä valulaadun toteutumiseksi.

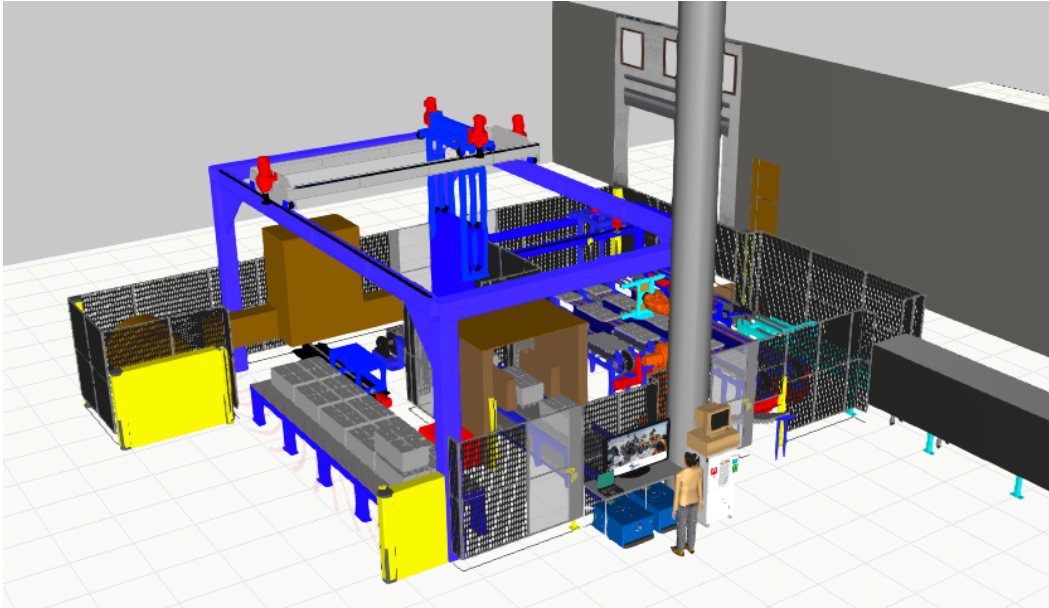
Kun varastointikuljettimen päädyssä on neljä harkkoa, poimii ladontarobotti harkot ja rakentaa niistä nipun lamellikuljettimelle (kuva 20, kohta 5). Kun nippu on valmis, lamellikuljetin siirtää nipun nippupuristajalle ja nippu tasataan puristamalla (kuva 20, kohta 6). Niput siirtyvät lamellikuljettimella jonossa, jolloin puristus, merkintä ja nipun poisto tapahtuvat vaiheittain.

Kun nippu on käynyt läpi kaikki vaiheet lamellikuljettimella, nippu siirretään nipun sidontaan haarukkanostimella. Jos nippu on huonolaatuinen, sitä ei sidota, vaan se siirretään suoraan hylkäyspisteelle, joka sijaitsee nippupöydällä. Nipun sidonnan valmistuttua nippu siirretään nippupöydälle haarukkanostimella. Kun nippuja on pöydällä yhdessä rivissä neljä nippua, trukki hakee niput pois pöydältä.

8.1 3D-malli

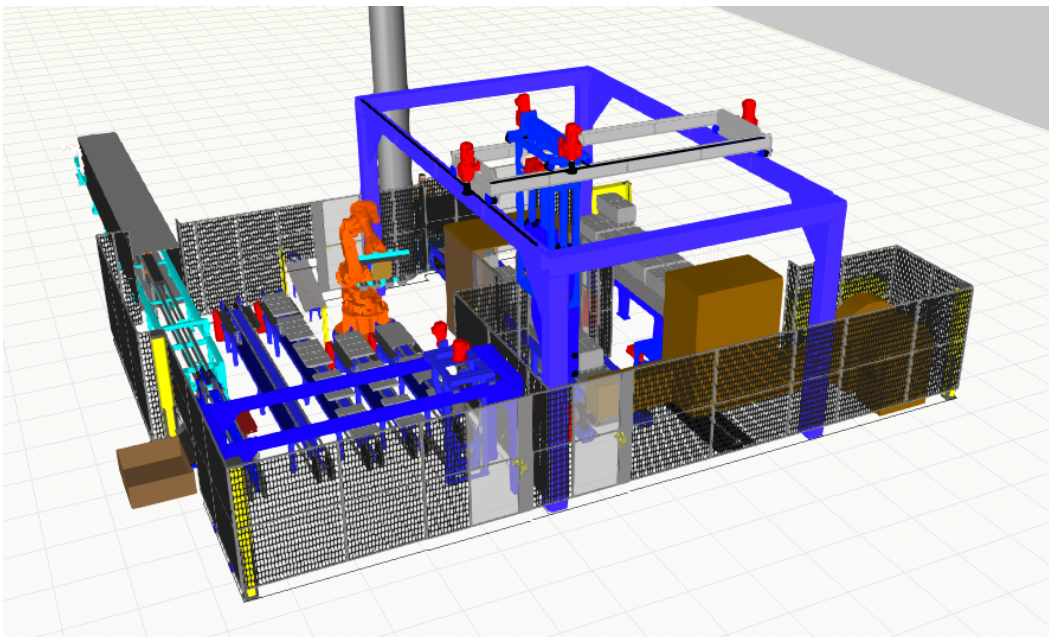
3D-mallin rakentamisessa käytettiin VisualComponents-ohjelmistoa. 3D-malli sijoitettiin osan tehtaan rakenteiden mukaan. Tämä helpotti visuaalisen tilanviennin hahmottamista ja sai realistisemmän näkökulman varastokuljetinkokonaisuudesta.

3D-suunnittelussa kiintopisteinä käytettiin tehtaassa sijaitsevaa tukipylvästä ja tehtaan ulkoseiniä. Tämän avulla sai sijoitettua harkkovalukoneen jäähdytyskuljettimen tarkasti ja arvioitua tilanvientiä realistisesta näkökulmasta. Tukipylvään sekä seinien tarkat mitat sai tehtaan 2D-layout-kuvasta. Kuvassa 21 on esitetty varastokuljetinkokonaisuuden 3D-malli.



KUVA 21. Varastokuljetinkokonaisuus

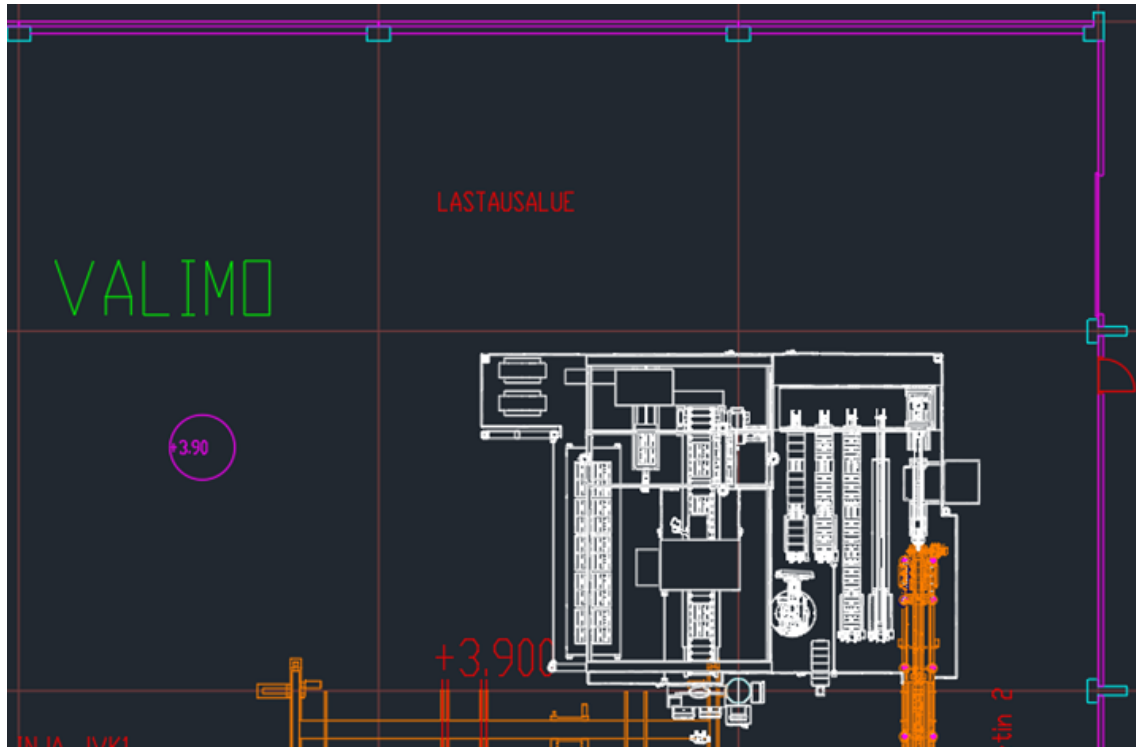
3D-mallin rakentamisessa huomioitiin tilantarvetta kunnossapidolle, huollolle ja käytölle. Laitteita ei voinut asettaa vierekkäin, vaan oli jätettävä tilaa noin ihmisen mentävä väli. Myös trukkien oli päästävä kulkemaan ja hakemaan esimerkiksi huonojen harkkojen kuupan jäähdytyskuljettimen vierestä (kuvassa 22 vasemmalla oleva laatikko). 3D-malliin sijoitettiin myös mahdolliset koneikot, robotin ohjainlaitteisto, käyttölaitteisto ja turvalaitteet.



KUVA 22. Varastokuljetinkokonaisuus

8.2 2D-malli

2D-malli rakennettiin 3D-mallin pohjalta. 2D-mallissa ei nähty tarvetta rakentaa yksityiskohtaista mallia, sillä riittäisi sellainen 2D-kuva, josta näkee päämitat ja tilanviennin. Kyseessä on kuitenkin konseptitason suunnitelma, joten mitat eivät ole vielä tarkat ja tulevat muuttumaan, jos kyseinen laitteisto rakennetaan.



KUVA 23. Varastokuljetinkokonaisuuden 2D-layout

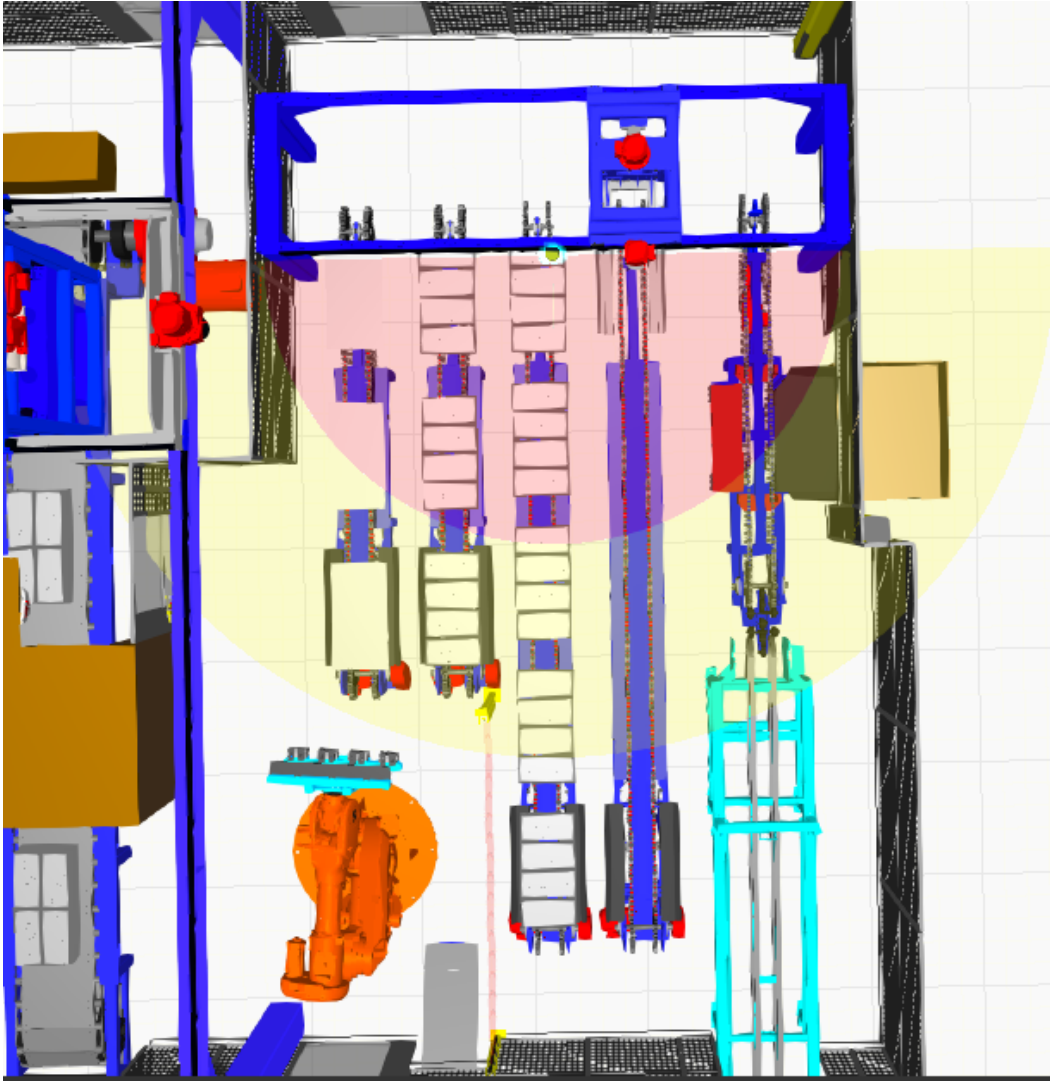
9 VARASTOKULJETINKOKONAISUUDEN RISKIANALYYSI

Varastokuljetinkokonaisuudesta tehtiin karkea riskianalyysi, jossa tarkkailtiin mahdollisia riskitekijöitä ihmiselle ja ratkaisuja niiden ehkäisemiseksi. Riskianalyyssissä tarkkailtiin vain murto-osa riskeistä, sillä suunnitelma on vasta konseptitasolla, joten riskien aiheuttajat ja laite ratkaisut tulevat muuttumaan.

Varastokuljetinkokonaisuuden riskianalysointi alkoi tutkimalla toimintaperiaatetta ja miettimällä, miten voitaisiin ehkäistä monia riskejä muuttamalla pelkästä toimintaperiaatetta. Lisäksi tarkkailtiin, minne ihmisen on mahdollista päästä ilman tiedostamista vaarasta. Moni riski voidaan estää jo pelkällä turva-aidalla tai turvaovella.

Ensimmäisenä tutkittiin varastokuljetin aluetta ja sinne suunniteltiin asennettavan valotutka, valoverho ja turvaovet. Näillä toimilla voitaisiin estää ihmisen pääsyn varastokuljettimille. Jos ihmisen on mentävä alueelle, oven aukaisu laukaisee turvatoimenpiteen, jossa robotti, molemmat lyhyemmät varastokuljettimet, lamellikuljetin ja lamellikuljettimesta eteenpäin olevat laitteet pysähtyvät. Pidemmät kuljettimet ottavat harkkoja vastaan noukkijalta, kunnes ovi on suljettu ja turva-alue kuitattu. Näin estetään robotin ja kuljettimien aiheuttamat vaarat. Turvatoimenpiteen ollessa päällä valoverho ja valotutka tarkkailevat aluetta.

Valotutka ohjelmoidaan kahteen turva-alueeseen ensimmäinen alue on varoittava ja toinen alue on pysähdyttävä (kuvassa 24 keltainen varoittava ja punainen pysähdyttävä). Valoverho asetettiin estämään ihmisen pääsyä pidemmille kuljettimille (kuvassa 24 robotin oikealla puolella punainen viiva). Jos ihminen menee valotutkan pysähdyttävälle alueelle tai peittää valoverhon, varastokuljetinkokonaisuus pysähtyy. Kuvassa 24 yläpuolella oleva turvaovi pysähdyttää koko laitteiston, sillä se johtaa kriittiselle alueelle, jota ei voi turvallisesti poistaa käytöstä ilman valukoneen pysähdyttämistä.

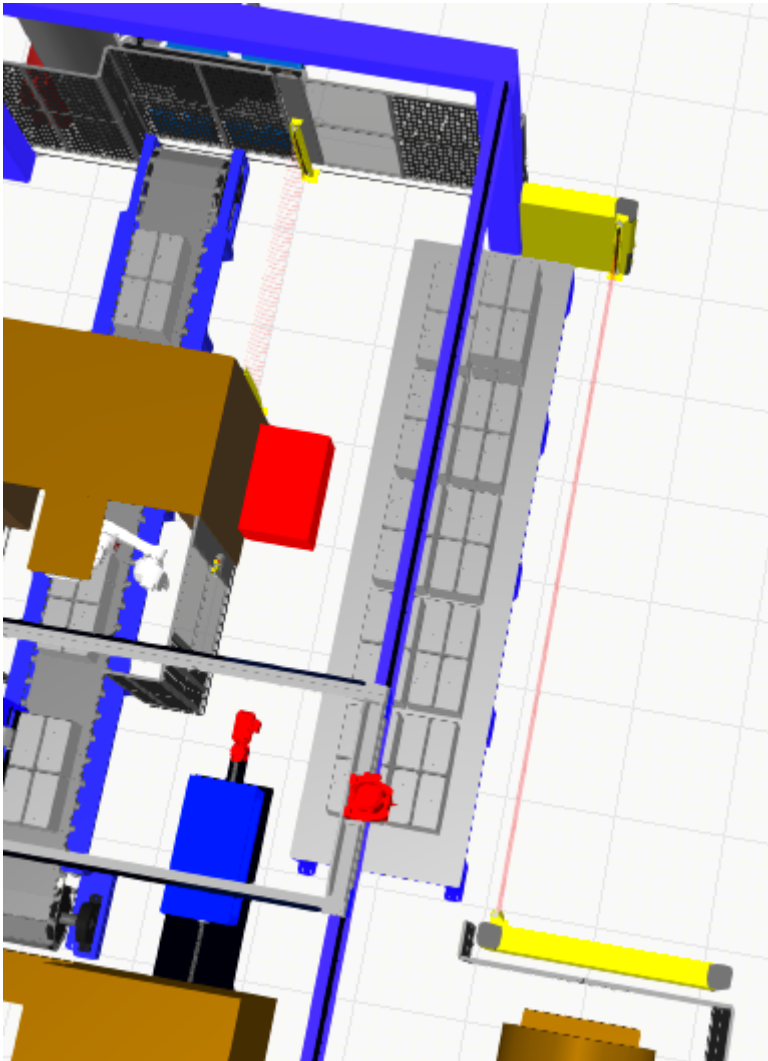


KUVA 24. Varastokuljetin osuuden turva-alueet

Toisena analysoitiin haarukkanostimen alapuolella olevaa aluetta. Tälle alueelle päätettiin käyttää kahta valoverhoa ja turvaovea. Näillä voidaan estää mahdolliset vaarat haarukkanostimen alapuolella.

Kun turvaovi avataan haarukkanostimen alapuolella olevat laitteet pysähtyvät. Robotti rakentaa nippua niin kauan kunnes se on valmis. Valoverholla on estetty ihmisen pääsyä robotin niputtamispisteelle (kuva 25). Jos tämä valoverho ylitetään, tapahtuu samanlainen toimenpide, kun avattaisiin turvaovi robotin puoleiselta turva-alueelta. Jos nippu on valmis ja turvaovi avattuna, ei lamellikuljetin voi siirtää nippua pois niputtamispisteestä, sillä tämä aiheuttaisi vaaratilanteen ihmisen ollessa lamellikuljettimen läheisyydessä (kuva 25).

Toinen valoverho tarkkailee trukin ja mahdollisen muun liikenteen liikkumista nippupöydällä. Tämän valoverhon ylittäminen aiheuttaa samanlaisen toimenpiteen mitä turvaoven avaaminen haarukkanostimen alapuolella. Trukkiin on mahdollista asentaa tunnistin, joka poistaa valoverhon käytöstä trukin ylittäessä valoverhon. Näin turva-alueen tarkkailu vastuu siirtyy trukin käyttäjälle ja nippujen nouto ei aiheuta ylimääräistä pysähdyttämistä.



KUVA 25. Haarukkanostin osuuden turva-alueet

10 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä tehtiin alustava suunnitelma uudesta varastokuljetinkokonaisuudesta. Työn tavoitteena oli kehittää vanhan varastokuljettimen toiminnallisuutta, mutta heti alussa suunnitelma päättyi uuden varastokuljetinkokonaisuuden suunnitteluun. Päätös oli hyvä, sillä vanha varastokuljetin koostui vanhoista ja kuluneista osista, joten uudelle kuljetinkokonaisuudelle olisi tarvetta myös tulevaisuudessa.

Uudelle kuljetinkokonaisuudelle suunniteltiin uusia ominaisuuksia ja paranneltiin tilan käyttöä. Uusi kuljetinkokonaisuus varastoisi harkkoja, poistaisi huonot harkot automaattisesti, mahdollisesti sitoisi niput ja nostaisi valmiiden nippujen kapasiteettia. Näitä ominaisuuksia ei vielä vanhassa kuljettimessa ollut.

Aikataulu oli opinnäytetyöllä tiukka, sillä työ oli tarkoituksena saada valmiiksi kolmessa kuukaudessa. Työn aikataulutusta oli vaikeaa, sillä suunnittelun alussa ei ollut tietoa, minkälaisia ratkaisuja aletaan kehittää. Eniten aikaa kului 3D-mallintamisessa ja mahdollisia ratkaisuja etsiessä. Kokonaisaikataulussa pysyttiin, mutta osa aikataulutuksesta myöhästyi. Ne saatiin korjattua tehostamalla työskentelyä.

Suunnittelu onnistui yllättävän hyvin, sillä VisualComponents-ohjelman avulla sai sijoiteltua laitteet kätevästi. VisualComponents toimi hyvin yhteen Solidworks- ja AutoCad-ohjelmien kanssa, sillä Solidworksin osa- ja assembly-tiedostot sai ladattua VisualComponents-ohjelman 3D-suunnitelmaan. Lisäksi VisualComponents-ohjelman avulla pystyi luomaan 3D-suunnitelmasta 2D-layout-kuvia, joita voitiin muokata AutoCad-ohjelmalla.

Työ oli haastava ja mielenkiintoinen, sillä se sisälsi monenlaista suunnittelua ja tutkimista. Työn aikana oppi paljon uutta monenlaisista asioista, kuten kuljettimista, roboteista ja suunnittelusta. Lisäksi Solidworks-, AutoCad- ja VisualComponents-ohjelmat tulivat tutuiksi.

LÄHTEET

1. Boliden Group. 2020. Boliden. Saatavissa: <https://www.boliden.com/fi/operations/smelters/boliden-kokkola> Hakupäivä 14.10.2020.
2. Jokinen, Tapani. 2010. Tuotekehitys. Helsinki: Aalto-yliopisto. Saatavissa: <http://lib.tkk.fi/Reports/2010/isbn9789526033204.pdf> Hakupäivä 15.12.2020.
3. Tuotekehitys. 2015. Wikipedia. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Tuotekehitys> Hakupäivä 11.11.2020.
4. What is product development. 2020. ProductPlan. Saatavissa: <https://www.productplan.com/what-is-product-development/> Hakupäivä 14.10.2020.
5. Product design & development. 2020. Rqriley. Saatavissa: <https://rqriley.com/product-design-development/> Hakupäivä 4.11.2020.
6. The 5 stages of the product development process. 2020. Brex, Inc. Saatavissa: <https://www.brex.com/blog/product-development-process/> Hakupäivä 11.11.2020.
7. Korpilahti, Teemu 2017. Mitä konseptointi tarkoittaa käytännössä? Crasmanin blogi. Digitaalisen menestyksen rakennuspalikoita. Crasman. Saatavissa: <https://www.crasman.fi/blogi/mita-on-konseptointi> Hakupäivä 18.11.2020.
8. Kontio, Esa 2019. Tuotekehitys TK00BP60-3001 Tuotekehitystoiminta 10 op. Opintojakson luennot syksyllä 2019. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, konetekniikan tutkinto-ohjelma.
9. Layoutin suunnittelu on perusta tehokkaalle tilankäytölle. 2015. EP-logistics Oy. Saatavissa: <https://ep.fi/fi/logistiikan-suunnittelu-ja-konsultointi/layoutin-suunnittelu/> Hakupäivä 6.11.2020.

10. Monroy, Carolina 2020. What is conveyor system? River Systems, Inc.
Saatavissa: <https://6river.com/what-is-a-conveyor-system/> Hakupäivä 6.11.2020.
11. Chain conveyor. 2020. Wikipedia. Saatavissa:
https://en.wikipedia.org/wiki/Chain_conveyor Hakupäivä 06.11.2020.
12. What is chain conveyor? 2020. Ultimation Saatavissa:
<https://www.ultimationinc.com/products-conveyor-systems/chain-conveyor/>
Hakupäivä 18.11.2020.
13. Slat chain conveyor. 2017. Bipsun. Saatavissa:
<https://bipsun.com/products/slat-chain-conveyor/> Hakupäivä 06.11.2020
14. Chain conveyors. 2020. RTM industry. Saatavissa:
<http://ritmindustry.com/catalog/chain-conveyors/slat-chain-conveyor-horizontal-handling-loading/> Hakupäivä 18.11.2020.
15. Moravec, Hans Peter 2020. The future. Encyclopædia Britannica, Inc.
Saatavissa: <https://www.britannica.com/technology/robot-technology/The-future> Hakupäivä 6.11.2020.
16. Robotics. 2019. Built in. Saatavissa: <https://builtin.com/robotics> Hakupäivä 6.11.2020.
17. What are robotic arms? 2020. Rs. Saatavissa: <https://ie.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=ideas-and-advice/robotic-arms-guide> Hakupäivä 6.11.2020.
18. What is "Robot"? 2020. Yaskawa Global. Saatavissa: <https://www.yaskawa-global.com/product/robotics/about> Hakupäivä 6.11.2020.
19. Collins, Danielle 2018. What is cartesian robot? WTWH Media LLC.
Saatavissa: <https://www.linearmotiontips.com/what-is-a-cartesian-robot/>
Hakupäivä 11.11.2020.
20. Tekniikan taulukkokirja. 2019. Mikkeli: Genesis-Kirjat Oy

