

Alexi Kaarela

**KULJETINJÄRJESTELMÄN MALLINTAMINEN TUOTANNON
LAADUNTARKKAILUUN**

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Tuotantotalouden koulutusohjelma
Kesäkuu 2018**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Kesäkuu 2018	Tekijä/tekijät Aleksi Kaarela
Koulutusohjelma Tuotantotalous		
Työn nimi KULJETINJÄRJESTELMÄN MALLINTAMINEN TUOTANNON LAADUNTARKKAILUUN		
Työn ohjaaja Jari Kaarela, Sakari Pieskä		Sivumäärä 28+5
Työelämäohjaaja Raimo Siipo		
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja mallintaa asiakasyritykselle kuljetinjärjestelmä, johon sisältyy kamerajärjestelmä. Kuljetinjärjestelmään sisältyvän kamerajärjestelmän tehtävänä on tarkastaa höylältä tulevien puusäleiden kunto ja sopivuus jatkojalostukseen. Työ rajoittui kuljetinjärjestelmän loppupään suunnitteluun ja mallintamiseen.</p> <p>Suunnittelu ja mallintaminen suoritettiin asiakasyrityksen antamien lähtötietojen ja SolidWorks -ohjelman avulla. Työn lopputuloksena oli kamerajärjestelmän testaamista varten valmiiksi mallinnettu kuljetinjärjestelmä, johon sisältyy puusäleen kuntoa tarkastava kamerajärjestelmä.</p>		
Asiasanat 3D-suunnittelu, konenäkö, laatu, puutuoteteollisuus		

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date June 2018	Author Aleksi Kaarela
Degree programme Industrial Management		
Name of thesis MODELLING OF A CONVEYOR SYSTEM FOR THE PRODUCTION QUALITY INSPECTION		
Instructor Jari Kaarela, Sakari Pieskä	Pages 28+5	
Supervisor Raimo Siipo		
<p>The main objective of this thesis was to design and model a conveyor system for a client company that includes a camera system. The task of the camera system included in the conveyor is to check the condition and suitability of the wooden slats for further processing. The thesis was limited to designing and modeling the end part of the conveyor system.</p> <p>Design and modeling was carried out using the initial data provided by the client company and the SolidWorks program. Result of the thesis was a modeled conveyor system for testing the camera system, including a camera system for checking the condition of the wooden slats.</p>		
Key words 3D Design, machine vision, quality, wood products industry		

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

3D-suunnittelu

Mallien suunnittelu kolmiulotteisesti tietokoneohjelmaa käyttäen.

3D-tulostus

Virtuaalisen mallin tuotteistaminen fyysiseksi esineeksi materiaalia lisäävällä tekniikalla, 3D-tulostimella.

Digitointi

Tässä opinnäytetyössä digitoinnilla tarkoitetaan kappaleen 3D-mallin luomista tietokoneelle.

Konenäköjärjestelmä

Järjestelmä, jonka avulla tietokonenäköä sovelletaan teolliseen tarkoitukseen.

Lisätty todellisuus

Augmented Reality, AR, teknologia, jossa tietokoneella tuotettua tietoa lisätään todellista ympäristöä ja sen esineitä kuvaavaan näkymään.

Virtuaalitodellisuus

Virtual Reality, VR, keinotekoisien todellisuuden tuominen aistien kautta ihmisen koettavaksi.

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 PUUTUOTETEOLLISUUS	2
2.1 Puutuoteteollisuuden tilastoja	2
2.2 Puutuoteteollisuuden automaatio	4
2.3 Puulevytuotanto.....	5
2.4 Tulevaisuuden haasteet ja visio.....	5
3 LAATU PUUTUOTETEOLLISUUDESSA	7
3.1 Laadun merkitys ja seuranta	7
3.2 Konenäkö saha- ja puutuoteteollisuudessa	8
4 3D-SUUNNITTELU	10
4.1 3D-tulostus	11
4.2 VR- ja AR-tekniikka suunnittelussa.....	11
5 KULJETINJÄRJESTELMÄN MALLINTAMINEN	13
5.1 Runko	13
5.2 Kuljetinjärjestelmän ensimmäinen osa	14
5.2.1 Puusälenippua työntävä sylinteri.....	15
5.2.2 Puusäleen liikkeen tuottava ketjukäyttö.....	16
5.3 Kuljetinjärjestelmän toinen osa.....	17
5.3.1 Hihnakäytön alikokoonpano	18
5.3.2 Toisen hihnakäytön sijaintia säättävän sylinterin alikokoonpano	19
5.4 Kamerajärjestelmä	20
5.4.1 Kamerajärjestelmässä käytettävät puusäleen tarkastuslaitteet	20
5.4.2 Kamerajärjestelmän alikokoonpano	22
5.5 Puusäleen jokaista sivua tukeva alikokoonpano	23
5.6 Kuljetinjärjestelmän neljäs osa	24
5.7 Kuljetinjärjestelmä kokonaisuudessaan	25
6 YHTEENVETO	26
LÄHTEET	27
LIITTEET	
KUVAT	
KUVA 1. Kuljetinjärjestelmän runko	14
KUVA 2. Kuljetinjärjestelmän ensimmäinen osa	15
KUVA 3. Puusäleitä sivulevyä vasten painavan sylinterin alikokoonpano	16
KUVA 4. Ketjukäytön alikokoonpano.....	17
KUVA 5. Kuljetinjärjestelmän toinen osa	18
KUVA 6. Hihnakäytön kokoonpano.....	19
KUVA 7. Hihnakäyttöä sylinterin avulla säättävän ”kelkan” alikokoonpano	20

KUVA 8. Cognex In-Sight 7400 -väriälykamera	21
KUVA 9. Cognex In-Sight Profiler 3D -järjestelmä.....	21
KUVA 10. Kamerajärjestelmän alikokoonpano	22
KUVA 11. Puusälettä tukeva alikokoonpano	23
KUVA 12. Kuljetinjärjestelmän neljäs osa.....	24
KUVA 13. Kuljetinjärjestelmä kokonaisuudessaan.....	25

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Yrityksien, henkilöstön ja liikevaihdon määrä vuonna 2015 (Loukasmäki 2016)	3
TAULUKKO 2. Vienti ja tuonti, milj. € (Loukasmäki 2016)	4

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä suunnitellun 3D-mallin tilaaja oli yksi Suomen suurimmista toimijoista puunjalostuksessa. Mallinnus suoritettiin Kalajoella sijaitsevassa, yksilöllisiä tuotantoautomaattioratkaisuja tuottavassa yrityksessä harjoittelun aikana. Yrityksen valmistamat tuotantoautomaattioratkaisut ovat ammattitaidolla ja pitkän kokemuksen avulla tuotettavia mitä erikoisimpia kokonaisuuksia. Tuotantoautomaattioratkaisujen vaatimat osat ja komponentit hankitaan suurimmaksi osaksi alihankkijoilta, mutta myös osa niistä on yrityksen itse tuottamia. Lisäksi kokonaisuuksiin sisältyy myös joissain määrin robotteja, jotka tilataan toimittajilta sellaisinaan. Opinnäytetyössä suunniteltu ja mallinnettu kuljetinjärjestelmä oli jo yli vuoden takainen asiakastilaus. Kuljetinjärjestelmän kokonaisuuden monimutkaisuudesta johtuen tämä opinnäytetyö päätettiin rajata sen loppupään mallintamiseen. Kuljetinjärjestelmän loppupään rakentamisen avulla oli myös tarkoitus testata käyttöön otettavien kameroiden toimivuutta kyseisessä kuljetinjärjestelmässä.

Työn tavoitteena oli saada suunniteltua ja mallinnettua vaatimukset täyttävä kuljetinjärjestelmä, johon sisältyy puusäleiden liikuttaminen tarpeeksi nopealla vauhdilla sekä puusäleiden ulkomuotoja tarkasteleva kamerajärjestelmä. Suunnitteluun ja mallintamiseen käytettiin asiakasyrityksen antamia lähtötietoja sekä 3D-mallin luomiseen SolidWorks -ohjelmaa. Opinnäytetyön suurimpana haasteena voidaan pitää kuljetinjärjestelmän vaatimukseen liittyvää nopeutta. Höylältä tulevasta puusälenipusta jokainen puusäle pitää saada kulkemaan kamerajärjestelmän läpi yksitellen. Tästä johtuen kuljetinjärjestelmän tulee olla huomattavan nopea. Suuren vaadittavan nopeuden lisäksi yksittäisen puusäleen täytyy pysyä täysin tuettuna sen kulkiessa kamerajärjestelmän läpi.

2 PUUTUOTETEOLLISUUS

Suomessa metsävarojen teollinen jalostaminen sahatavaraksi ja paperituotteiksi alkoi 1800-luvun loppupuolella. Metsäteollisuutta voidaan pitää keskeisenä hyvinvoinnin tuojana Suomessa ja se tuo yli 20 % Suomen vientituloista. Vuonna 2016 Suomessa käytettiin raakapuuta lähes 77 miljoonaa kuutiometriä. Suurimpia toimialoja raakapuun käytössä ovat selluntuotanto ja sahateollisuus. Nykypäivän sellu- ja paperitehtaat ovat toimineet jo pitkään integroituina tuotantolaitoksina, joissa päätuotteen rinnalla syntyviä jakeita on ohjattu sähkön ja lämmön tuotantoon. (Maa- ja metsätalousministeriö 2017.)

Maapallon pinta-alasta vajaa kolmasosa on metsää ja maapallolla arvioidaan kasvavan jopa 60 000 eri puulajia. Metsien pahimpina uhkina voidaan pitää väestön ja taloudellisen kasvun myötä tapahtuvaa viljelysmaan lisääntymistä sekä metsien kestäväntöytä hyötykäyttöä. Puun tärkein käyttömuoto on polttopuu ja se kattaa yli puolet maapallon kokonaispuumäärästä. Suomi on yksi Euroopan metsäisimmistä maista; Suomen maa-alasta 86 % on metsämaata. Vuonna 2009 Suomen metsät kasvoivat yhteensä noin 100 miljoonaa kuutiometriä puuta ja puuta hakataan noin 56 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Suomen teollisuuden tarve on ollut noin 75 miljoonaa kuutiometriä, joten puuta on tuotu myös muualta, pääosin Venäjältä. (Voutilainen 2010.)

2.1 Puutuoteteollisuuden tilastoja

Puutuoteala on sidoksissa voimakkaasti rakentamiseen; esimerkiksi sahatavaran kulutuksesta noin 80 % käytetään rakentamiseen ja rakennuspuusepäntuotteista yli 70 % menee asuntorakentamiseen. Huonekalujen valmistus kytkeytyy suurimmaksi osaksi huonekalukauppaan ja raaka-aineostojen osalta maa-hantuojiin, sillä muun muassa heloja, tekstiilejä ja alan koneita ei valmisteta juuri ollenkaan Suomessa. Vuoden 2015 tilastotietojen perusteella sahatavaran ja puutuotteiden valmistus on 5 % ja henkilöstön määrä 6,2 % koko Suomen teollisuudesta. Vuosi 2007 oli puutuoteteollisuuden ennätysvuosi, jonka jälkeen yritysten, toimipaikkojen ja henkilöstön määrät ovat laskeneet. Taulukossa 1 on kuvattu vuoden 2015 sahatavaran ja puutuotteiden- ja huonekalujen valmistuksen sekä niiden alatoimialaluokkien yritysten, henkilöstön ja liikevaihdon määrät. Taulukossa 1 ja 2 on tietoa useammasta puutuotealan toimialasta ja ne ovat Tilastokeskuksen TOL 2008 –toimialaluokituksen mukaisia toimialoja. (Loukasmäki 2016.)

TAULUKKO 1. Yrityksien, henkilöstön ja liikevaihdon määrä vuonna 2015 (Loukasmäki 2016)

Toimiala	TOL	Yritykset	Henkilöstö	Liikevaihto (Milj €)
Teollisuus	C	20 632	298 088	123 806
Sahatavaran ja puutuotteiden valmistus	16	1 833	18 333	6 201
Puun sahaus, höyläys ja kyllästys	161	717	7 537	3 990
Vaneriviilun ja puupaneelien valmistus	1621	24	2 576	683
Asennettavien parkettilevyjen valmistus	1622	6	95	17
Puutalojen valmistus	16231	169	1 938	427
Muu rakennuspuusepäntuotteiden valmistus	16239	495	4 911	875
Puupakkausten valmistus	1624	112	850	155
Muiden puutuotteiden valmistus	1629	310	425	54
Huonekalujen valmistus	31	912	5 964	1 046
Konttori- ja myymäläkalusteiden valmistus	3101	161	1 478	276
Keittiökalusteiden valmistus	3102	253	1 994	350
Patjojen valmistus	3103	14	269	74
Muiden huonekalujen valmistus	3109	484	2 223	347

Sahatavara on jo pitkään ollut puutuotealan merkittävin vientituote. Muun muassa Pohjois-Afrikka ja Japani ovat merkittäviä vientikohteita ja lisäksi Aasiassa Kiina on potentiaalinen markkina-alue suomalaisille sahatavaran tuottajille. Sahatavaran vienti ylläpitää kotimaista metsätaloutta ja koko ketjun tuomaa merkittävää kotimaisen työn osuutta. Taulukossa 2 on kuvattu viennin ja tuonnin kehitystä vuosina 2008 – 2015. Vuonna 2015 huonekalujen vienti oli 110 milj. euroa ja tuonti 497 milj. euroa eli tuonti oli lähes viisinkertainen vientiin nähden. Saha- ja höylätavaran vienti vuonna 2015 oli 1,6 mrd. euroa ja tuonti 196 milj. euroa. (Loukasmäki 2016.)

TAULUKKO 2. Vienti ja tuonti, milj. € (Loukasmäki 2016.)

Toimiala	TOL	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Tuonti (milj. €)									
Puutavara, sahattu ja höylätty	161	323	216	290	277	257	233	206	196
Rakennuspuusepäntuotteet	16231	40	31	41	42	43	47	40	48
Huonekalut	310	490	375	420	443	475	468	483	497
Vienti (milj. €)									
Puutavara, sahattu ja höylätty	161	1237	961	1238	1248	1305	1487	1595	1606
Rakennuspuusepäntuotteet	16231	174	143	161	166	158	168	152	161
Huonekalut	310	235	124	117	115	106	101	113	110

2.2 Puutuoteteollisuuden automaatio

Teollisuuden uusien teknologioiden käyttö on tullut maltillisesti laajempaan käyttöön. Joka tapauksessa viime vuosina puutuoteteollisuudessa laitteistotekniikka ja automaatio ovat nopeasti lähentyneet toisiaan. Puutuoteteollisuudessa toimilaitteiden ohjaus on muuttunut käyttäjäystävällisemmäksi mikroprosessien sekä pneumaattisten, hydraulisten ja sähköisten ohjausjärjestelmien avulla. Automaation tärkeimmiksi tavoitteiksi puutuoteteollisuudessa voidaan laskea työturvallisuus, tuotannon tehostaminen, laadun parantaminen sekä kilpailukykyyn säilyttäminen. (Voutilainen 2004.)

Pneumatiikalla tarkoitetaan puutuoteteollisuudessa paineilmajärjestelmää sekä siihen kuuluvia työkaluja. Puutuoteteollisuudessa käytettäviä pneumaattisia ratkaisuja ovat sylinteripneumatiikka, pyörivän liikkeen tuottaminen sekä paineilman suora käyttö. Sylinteripneumatiikalla voidaan kappaleita nostaa, siirtää, kiinnittää tai puristaa. Pyörivän liikkeen avulla porataan, hiotaan ja ruuvataan. Suoraa paineilmaa käytetään esimerkiksi hiekkapuhalluksessa, ruiskumaalauksessa ja puhdistamisessa. Lisäksi puutuoteteollisuudessa paineilmaventtiilien avulla voidaan ohjata ja säätää järjestelmän komponentteja. Paineilmasylinterien avulla saadaan tuotettua lineaariliike, joita voidaan ohjata ohjelmoitavien järjestelmien avulla. (Voutilainen 2004.)

Pneumatiikan ohella puutuoteteollisuudessa suuria voimia ja tehoja tarvittaessa käytetään hydraulisia toimilaitteita. Hydraulijärjestelmän avulla tuotetaan jokin liike, esimerkiksi prässin puristusliike. Lisäksi puutuoteteollisuudessa yksi automaatiotekniikan ratkaisu on digitointi. Sen avulla saadaan tuotettua kappaleesta 3D-malli tietokoneelle luomalla pistepilvi. Laserdigitointi ja digitointi nivelvarsimittauskoneen avulla

ovat yleisimpiä pistepilven luomisessa käytettäviä tapoja puutuoteteollisuudessa. Yleisimpiä digitoinnin käyttökohteita puutuoteteollisuudessa ovat laadunvalvonta, tuotemallinnus ja tuotekuvien valmistus. Lisäksi puutuoteteollisuudessa konenäkö on ollut pitkään käytössä laadun arvioinnissa. (Voutilainen 2004.)

2.3 Puulevytuotanto

Puulevyjen tuotevalikoima on melko laaja aina massiivipuisista liimapuulevyistä vanereihin sekä lastu- ja kuitulevyihin. Eri puulevyjen ero on partikkeleiden koko. Vanerissa on melko vähäinen määrä viiluja ja puun luonnollisen rakenteen ja ulkonäön voi havaita selvästi. Puulevyntuotannolle on tyypillistä, että puuraaka-aine määrää tuotteen lopullisen laadun ja eri valmistusmenetelmiä on suhteellisen vähän. Lisäksi puulevyjen jalostaminen on pääsääntöisesti sarjatuotantoa ja puuraaka-aine muodostaa merkittävän osan valmistuskustannuksista. Puulevytuotannossa tuotteet jaetaan vakio- ja erikoistuotteisiin, joista vakiotuotteet ovat standardin mukaisia, kun taas erikoistuotteita valmistetaan asiakkaan vaatimusten mukaisesti. Erilaisten puulevytuotteiden valmistus ja markkinointi on maailmanlaajuista ja Suomen puulevytuotannosta suurin osa valmistettavista tuotteista menee vientiin. (Isomäki, Koponen & Sarasoja 2004.)

Vakiolevytuotteita voidaan jalostaa esimerkiksi pinnoittamalla ja työstämällä sekä kehittämällä valmistusprosessia vakiotuotteista poikkeavalla tavalla. Esimerkiksi valmistettavien tuotteiden rakennetta voidaan muuttaa tai kehittää niin sanottuja yhdistelmätuotteita useasta vakio- tai erikoislevytuotteesta. Muun muassa erilaisten puulevy pohjaisten rakennuselementtien jalostus tapahtuu kehittämällä yhdistelmätuotteita. Yleisin puulevyjen jalostuksen muoto on puulevyjen pinnoitus maalaamalla tai erilaisilla kalvoilla. (Isomäki ym. 2004.)

2.4 Tulevaisuuden haasteet ja visio

Suurimpana huolenaiheena saha- ja puutuoteteollisuudessa voidaan pitää sahojen välttävän kannattavuuden tarpeellisuus. Ennusteiden mukaan kuitenkin puun saatavuus ja sahatavaran kysyntä ovat kasvussa, joten myös saha- ja puutuoteteollisuuden kasvu Suomessa on todennäköistä. Suomessa kuitenkin kasvua voi hidastaa pula osaavasta henkilökunnasta. Digitalisaatio etenee voimakkaasti kaikilla elämäntilanteilla ja vaikuttaa monen teollisuudenalan tulevaisuuteen. Saha- ja puutuoteteollisuudessa kehittyvä

kameratekniikka on johtanut laatulajittelun automatisoitumiseen. Kamera- ja röntgenteknologia sekä muu mittaus- ja kuvantamisteknologia ja niitä hyödyntävät ohjelmistot kehittyvät nopeasti. Nykyään yhä suurempi osa puuraaka-aineesta pystytään ohjaamaan jo metsästä optimaaliseen loppukäyttöön ja prosessitiedon keruu sekä hyödyntäminen korostuvat etenkin uusien erikoistuotteiden tuotannossa. (Varis 2017.)

Suomalaisessa sahateollisuudessa viimeisen 35 vuoden aikana työn tuottavuus henkilöä kohti on kasvanut yli kaksinkertaiseksi tuotantomäärän pysyessä kyseisen ajan samalla tasolla. Tämän kehityksen on mahdollistanut teollisuusprosessien voimakas automatisoituminen. Saha- ja puutuoteteollisuudessa henkilöstön osaamistarpeiden kirjo on laaja. Aloilla tarvitaan sekä moniosaajia että erikoistuneita asiantuntijoita. Lisäksi aloilla työtehtävät ovat jo pääasiallisesti valvontatehtäviä ja myös niiden hoitaminen vaatii osaamista monessa asiassa. Tulevaisuuden uhkakuvana pahimmillaan voi olla, että alalla on vaikeuksia ylläpitää ja kehittää osaavaa henkilöstöä. (Varis 2017.)

Kotimaisen rakentamisen elpymisestä johtuen on muilla puutuoteteollisuuden aloilla havaittua kasvua. Puutuotteiden etuna koko niiden elinkaaren ajan on alhainen energiantarve. Valtaosa puutuoteteollisuuden valmistamista tuotteista päättyy rakentamiseen. Toistaiseksi Suomessa on keskitytty rakennuskannan energiatehokkuuden parantamiseen ja päästöjen vähentämiseen. Rakentamisen ohjauksessa tarkasteluun on otettu rakennuksen elinkaaren alku- ja loppupää eli rakennusmateriaalin valmistus, rakentaminen, rakennusjätteen synnyn ehkäisy ja kierrätys. Uusien teknologioiden ja digitaalisuuden avulla yritysten kilpailukykyä sekä asiakaslähtöisyyttä saadaan parannettua kustannustehokkaasti. (Turtia 2018)

Puun mahdollisuudet mekaanisessa puunjalostuksessa eivät rajoitu sahojen prosessiin ja sahatavaran ominaisuuksien kehittämiseen. Erilaiset liimatut ratkaisut tarjoavat stabiileja ja homogeenisiä raaka-aineita rakennuspuusepän-, rakennus- ja huonekaluteollisuudelle. Erikoistuminen ja prosessien automatisointi tulevat sahatavaran jalostuksessa lisäämään alan kustannuskilpailukykyä, ja yhä enenevässä määrin käsityövaiheita ja kuljettimiin perustuvia ratkaisuja korvataan roboteilla. Sahatavaran tärkeimpänä ajurina voidaan pitää rakennussektoria. Arvion mukaan yli 70 % sahatavarasta käytetään suoraan rakentamiseen ja loput lähinnä pakkaus- ja huonekaluteollisuuteen. On odotettavissa, että puu tulee korvaamaan tietyissä loppukäyttökohteissa muita materiaaleja kestävän kehityksen periaatteita noudattavan sääntelyn ansiosta. Erilaiset sahatavarasta valmistettavat insinöörituotteet ja hybridiratkaisut kasvattavat sahatavaran käyttömahdollisuuksia ja kysyntää globaalisti. (Varis 2017.)

3 LAATU PUUTUOTETEOLLISUUDESSA

Tuotetta tai palvelua voidaan pitää laadukkaana, mikäli ostaja on tyytyväinen ja toteaa saaneensa haluamansa. Kuluttajan kannalta laadun määrittelyssä on aina kyse siitä, vastaako tuote kuluttajan odotuksia. Tuotteiden ja palveluiden laatuvaatimukset ovat aikojen kuluessa muuttuneet paljon ja eri kulttuureissa laatuvaatimukset ovat hyvin erilaisia. Puutuotteen laatu muodostuu raaka-aineista, suunnittelusta ja työstä. Käytettävälle puulle asetettuja vaatimuksia ovat muun muassa puun kosteus ja tiheys. Nykypäivänä laatu tarkoittaa entistä vaikeammin ymmärrettäviä asioita. Kuitenkaan ei ole vaikea ymmärtää, mitä laatu tarkoittaa esimerkiksi tuotantolinjalla, sillä mikäli tuote ei läpäise laadulle asetettuja vaatimuksia, tulee tuote poistaa. (Voutilainen 2004.)

3.1 Laadun merkitys ja seuranta

Niin kuin kaikilla muillakin aloilla, myös puutuoteteollisuudessa tuotteiden laadulla on suuri merkitys. Liiketoiminnan kannattavuuden perusedellytyksenä voidaan pitää sitä, että asiakkaat ovat tyytyväisiä. Myös puutuoteteollisuudessa tuotteiden ja palvelujen on täytettävä asiakkaan odotukset, jotta voidaan saavuttaa pitkäaikaisia asiakassuhteita. Tiedossa olevia laatukskustannuksia kaikilla yrityksillä on noin kuusi prosenttia liikevaihdosta, mutta on mahdollista, että laatukskustannukset ovat jopa 20 – 25 % yrityksen liikevaihdosta. Tuotteiden ja palveluiden tuottaminen kerralla oikein on tärkeää, mikäli haluaa laatukskustannusten olevan mahdollisimman alhaisia. On mahdotonta estää kokonaan laatukskustannusten syntyminen, mutta oikeilla toimenpiteillä niiden määrään voidaan vaikuttaa huomattavasti. Lisäksi yrityksen toiminnassa on kuitenkin tärkeää muistaa pitää laatukskavoitteet realistisina. (Logistiikan maailma 2018.)

Nykypäivänä monella yrityksellä on käytössään laadunhallintajärjestelmä. Laadunhallintajärjestelmät on kehitetty asiakastytyväisyyden varmistamista ja yrityksen tehokkuuden parantamista varten. Jokaisen yrityksen tulisi rakentaa omakohtainen ja yrityksen toiminnan asettamien tarpeiden mukainen laadunhallintajärjestelmä. Toimivan laadunhallintajärjestelmän avulla voidaan taata asiakastytyväisyyden paraneminen, ja asiakkaiden luottamus yritystä kohtaan kasvaa. Yksi tehokas kehittämistyökalu laatukskvoitöössä on laatukskvoitöointi. Auditointi on prosessi, jonka avulla saadaan objektiivista ja hyödyllistä tietoa

laadun kehittämiseen ja sillä selvitetään muun muassa laadunhallintaan liittyvien vaatimuksenmukaisuuskriteerien täyttymistä. Lisäksi muun muassa puutuoteteollisuudessa tuotteiden laadun seurannassa käytössä on paljon konenäkötekniikkaan liittyviä ratkaisuja. (Honkavaara 2018.)

3.2 Konenäkö saha- ja puutuoteteollisuudessa

Konenäkö on nykyaikainen tapa tulkita kuvasta halutut tiedot kameraa, tietokonetta tai kuvankäsittelyohjelmaa käyttämällä. Konenäköjärjestelmät ovat käyttökelpoisia useassa eri tehtävässä ja niiden pääasiallisiin ennalta ohjelmoituihin tehtäviin kuuluvat muun muassa kappaleiden laskenta liukuhihnalla, sarjanumeroiden lukeminen tai pintavikojen etsiminen. Konenäköjärjestelmiä käytetään pääosin tehtävissä, joissa vaaditaan nopeaa, tarkkaa, ympärivuorokautista ja toistettavaa optista tarkastusta. Konenäön merkittävimpiin tehtäviin kuuluu aallonpituuksia apuna käyttäen ihmisen näkökyvylle mahdottomien pintavikojen löytäminen. (Metropolia Wiki 2014.)

Konenäköjärjestelmien käyttö on viime aikoina yleistynyt paljon teollisuuden eri aloilla ja niiden sovellusalueet löytyvät yleisesti erilaisten prosessien automatisoinnista. Erilaiset laadunvalvontatehtävät kuuluvat konenäköjärjestelmien laajimpiin ja tärkeimpiin sovellusalueisiin. Muihin konenäköjärjestelmien sovellusalueisiin kuuluvat muun muassa pakkausprosessissa pullojen täyttöasteen tarkkailu, tukkien sahaustavan optimoiminen ja liikkuvan laitteen kuten lastausrobotin ohjaaminen. Robotin ohjaamisessa konenäkösovelluksien merkittävin käyttökohde on kappaleiden paikan tai orientaation vaihtuessa uusien toimintapisteiden opettaminen. (Metropolia Wiki 2009.)

Puutuoteteollisuudessa konenäköä on käytetty jo kauan sahatavaran ja vanerin laadun arvioinnissa. Näiden valmistuksessa yksi merkittävin tuotantovaihe on laadun mukainen lajittelu, johon kuuluu erilaisten oksien, reikien ja halkeamien tunnistaminen sekä tärkeiden pituuksien mittaaminen. Konenäön avulla saadaan tuotantokapasiteetti nostettua korkeammalle, mutta voidaan silti suorittaa tarkkaa mittaamista ja laadun arviointia. Puun luonnollisten ominaisuuksien lisäksi tuotteen loppukäyttäjät asettaa vaatimuksia tuotteen tekniselle soveltuvuudelle. Viime vuosien aikana konenäön käyttö onkin lisääntynyt voimakkaasti jalostettujen puutuotteiden teknisen soveltuvuuden tarkastamisessa. Tuotteen laadun tarkastamisen lisäksi älykkäät konenäkölaitteet kykenevät suorittamaan tuotantolaitteistossa korjaavia toimenpiteitä. (Voutilainen 2004.)

Puutuoteteollisuudessa konenäköjärjestelmän toiminnan peruseriaatteena voidaan pitää näkyvän valon aallonpituudella tapahtuvien ilmiöiden kuvaamista. Konenäköjärjestelmään peruskomponentteihin ja –toimintoihin voidaan laskea kamera, kuvankäsittely, valaistus, mittausohjelmisto, ohjausjärjestelmä sekä käyttöliittymä. Kameran tehtävä on kuvata mitattavana olevaa tuotetta ja se sisältää optiikan, jonka avulla tuotteesta heijastuva valo siirtyy valoherkälle kennolle. Kameran ja siitä saatavan kuvan tarkkuus määräytyvät kennolla sijaitsevien varausyksiköiden eli pikseleiden määrän perusteella. (Voutilainen 2004.)

Tärkein edellytys kuvattavan tuotteen virheettömien mittaustulosten aikaansaamiseksi on oikea valaistus. Valaistusta valittaessa tulee huomioida tarkkaan mittaamisen vaatimukset ja olosuhteet. Erilaisiin valaistustapoihin kuuluvat loisteputki- tai halogeenivalaistus, puolijohdevalaisimet, strobovalo, kuituvalaistus sekä laservalistus. Konenäköjärjestelmän suorittamassa mittaamisessa oikeanlaisen valaistuksen luomista pidetään sen käytössä haasteellisimpana osana. Loppujen konenäköjärjestelmään sisältyvien komponenttien ja toimintojen tehtäviin kuuluvat matemaattisten laskutoimitusten suorittaminen, mittaustulosten käyttäminen päätösten tekemisessä ja laitteiston hallinta. (Voutilainen 2004.)

4 3D-SUUNNITTELU

Kolmiulotteinen tuote on 3D-malli, joka vastaa ominaisuuksiltaan ja ulkonäöltään lopullista fyysistä tuotetta. Pääsääntöisesti edelleen 3D-mallien luomisen pohjimmaisena tarkoituksena on saada aikaan 2D-piirustus. Jotta 3D-mallinnus on tehokasta, vaatii se suunnittelijalta eri mallinnusmenetelmien ja oman ohjelmiston hyödyntämistä niin, että lopputulos saavutetaan mahdollisimman vaivattomasti. 3D-mallintaminen on viime vuosien aikana kasvattanut merkittävästi osuuttaan suunnittelun työvälineenä ja tulevaisuudessa siirrytään yhä enenevässä määrin 3D-mallinnusohjelmien käyttöön. Siirtymällä 3D-mallinnukseen voidaan pitkällä aikavälillä säästää huomattavia kustannuksia muun muassa uusia tuotteita suunniteltaessa ja prototyyppejä valmistettaessa. (Tuhola & Viitanen 2008.)

Suunnittelijan näkökulmasta tuotteiden suunnittelu kolmiulotteisesti tarkoittaa sitä, että kappaleet, osat ja kokoonpanot näyttävät oikeilta ja niille annetaan kaikki ne fyysiset sekä mekaaniset ominaisuudet, jotka valmistettava tuote todellisuudessaakin vaatii. Karkean määritelmän mukaan ennen mallinnusta suunnittelijalla on idea, valmis luonnos tai jopa valmis tuote tai toimeksianto, jota hän alkaa työstää. Seuraavaksi suunnittelija tekee toimeksiannon pohjalta karkean luonnoksen, josta luodaan malli. Tätä toistetaan niin kauan, kunnes tuote on kokonaisuudessaan mallinnettu eli on tehty osamallit. Osamalleista luodaan kokoonpano, jolloin saadaan valmis mallinnus tuotteesta kokonaisuudessaan. (Tuhola & Viitanen 2008.)

Mikäli kyseessä on monimutkainen rakenne tai suuri kokoonpano, 3D-mallinnus on työkaluna ylivoimainen 2D-piirtämiseen verrattuna. 3D-ympäristön avulla osien yhteensopivuus voidaan tarkastaa kinemaattisten tarkastelujen avulla reaaliaikaisesti tuotetta suunniteltaessa eikä vasta sitten, kun tuotteesta rakennetaan ensimmäinen prototyyppi. 3D-mallin käyttötarkoitus voidaan määritellä neljällä eri tavalla: mallia voidaan käyttää tilavaraukseen ja tiedon keruuseen, varsinaista mallinnustyötä varten, mainosmateriaalin tuottamiseen tai tuotantomateriaalin tuottamiseen. (Tuhola & Viitanen 2008.)

3D-mallintamista tullaan tulevaisuudessa hyödyntämään huomattavasti enemmän kaikilla aloilla. Tulevaisuudessa 3D-osaamista tullaan hyödyntämään jokapäiväisessä toiminnassa; tavaroita ei enää siirretä paikasta toiseen fyysisesti vaan datana. Tulevaisuudennäkymät 3D-mallintamisen kohdalla ovat rajattomat. Jo lähitulevaisuudessa muun muassa 3D-tulostuksen hyödyntäminen eri osien tuottamisessa yleisty nopeasti. Lisäksi 3D-teknologiaa tullaan hyödyntämään muun muassa terveys- ja vaatealalla. (Pitkänen 2016.)

4.1 3D-tulostus

Kolmiulotteinen tulostaminen tai 3D-tulostus ei ole kovin uusi keksintö. Ensimmäiset teollisuuteen soveltuvat mallit otettiin käyttöön jo 1980-luvun alussa. Korkean hinnan ja saatavuuden vuoksi vain isoilla yrityksillä oli varaa sekä hankkia että ylläpitää 3D-tulostimia. Vuonna 1990 julkaistiin ensimmäiset kuluttajakäyttöön soveltuvat 3D-tulostimet, mutta vasta viime vuosina ne ovat saavuttaneet suosiota kuluttajien keskuudessa. Kolmiulotteisella tulostuksella tarkoitetaan kiinteän objektin luomista digitaalisen tiedoston pohjalta. Tietokoneen avulla valmistetun virtuaalisen piirroksen pohjalta 3D-tulostin rakentaa valmiin kolmiulotteisen mallin halutusta materiaalista. Kehitys kyseisellä alalla on viime vuosina ollut nopeaa, mutta vielä on paljon opittavaa ja kehitettävää ennen kuin 3D-tulostuksen tarjoamat mahdollisuudet voidaan hyödyntää täysin. Sekä lääketieteessä että rakennusalalla on tapahtunut viime aikoina paljon edistystä; nykyään on jo olemassa eläviä soluja tulostava laite ja omakotitaloja rakennetaan 3D-tulostimilla. (HDboksi 2013.)

4.2 VR- ja AR-tekniikka suunnittelussa

Virtuaalitodellisuus (Virtuaali Reality, VR) on yleensä tietokoneella toteutetun virtuaalisen todellisuuden tuomista aistien kautta ihmisen koettavaksi. Keinotekoinen todellisuus pyritään toteuttamaan niin, että ihmisen olisi mahdollisimman helppo uppoutua siihen. Virtuaalitodellisuus on tehnyt tuloaan aina 1990-luvulta lähtien. Virtuaalitodellisuus ja tietokonepelimaailma ovat kulkeneet käsi kädessä alusta asti. Kummallakin on sama päämäärä: käyttäjän uppoutuminen mahdollisimman realistisesti luotuun virtuaalimaailmaan. Peliteollisuudessa näytönohjaimilta vaaditaan lisää tehoa ja muistia, josta taas VR-ala hyötyy. VR-alalla puolestaan pyritään kehittämään uusia keinoja käyttäjä-tietokone-rajapintaan, josta peliteollisuus hyötyy. Tärkeimmät teknologia-alueet virtuaalitodellisuudessa ovat 3D-tietokonegrafiikka sekä uudenlaiset käyttöliittymät. Virtuaalitodellisuusteknologiaa voidaan soveltaa ja sovelletaan monella osa-alueella kuten arkkitehtuurissa, yhdyskuntasuunnittelussa, tehdassuunnittelussa, simuloinnissa, rakennustekniikassa, lääketieteessä, tähtitieteessä sekä viihdealalla. (Hellman 2014.)

Lisätty todellisuus (Augmented Reality, AR) kehitettiin jo 1990-luvulla virtuaalitodellisuuden sisarteknologiana. AR:n voi määritellä niin, että käyttäjän näkökentästä suodatetaan pois jotakin todellisessa ympäristössä olevaa. Jokaisessa AR-järjestelmässä yhdistetään digitaalisia tai virtuaalisia objekteja käyttäjän näkemään kuvaan todellisesta maailmasta. AR on otettu teollisissa sovelluksissa käyttöön

muun muassa teollisessa muotoilussa, rakennusteollisuudessa ja sisustussuunnittelussa (VTT 2009). Lisättyä todellisuutta tarkastellaan yleensä älypuhelimien, tabletin tai lisätyn todellisuuden lasien avulla. Lisätty todellisuus ei ole täysin paikkasidonnaista, vaan sitä voidaan hyödyntää missä ja milloin vain. Siitä johtuen lisätty todellisuus on luonut suuria odotuksia ja monet suuret yritykset ovat investoineet paljon lisätyn todellisuuden teknologioita kehittäviin yrityksiin. (Digi-Capital 2017.)

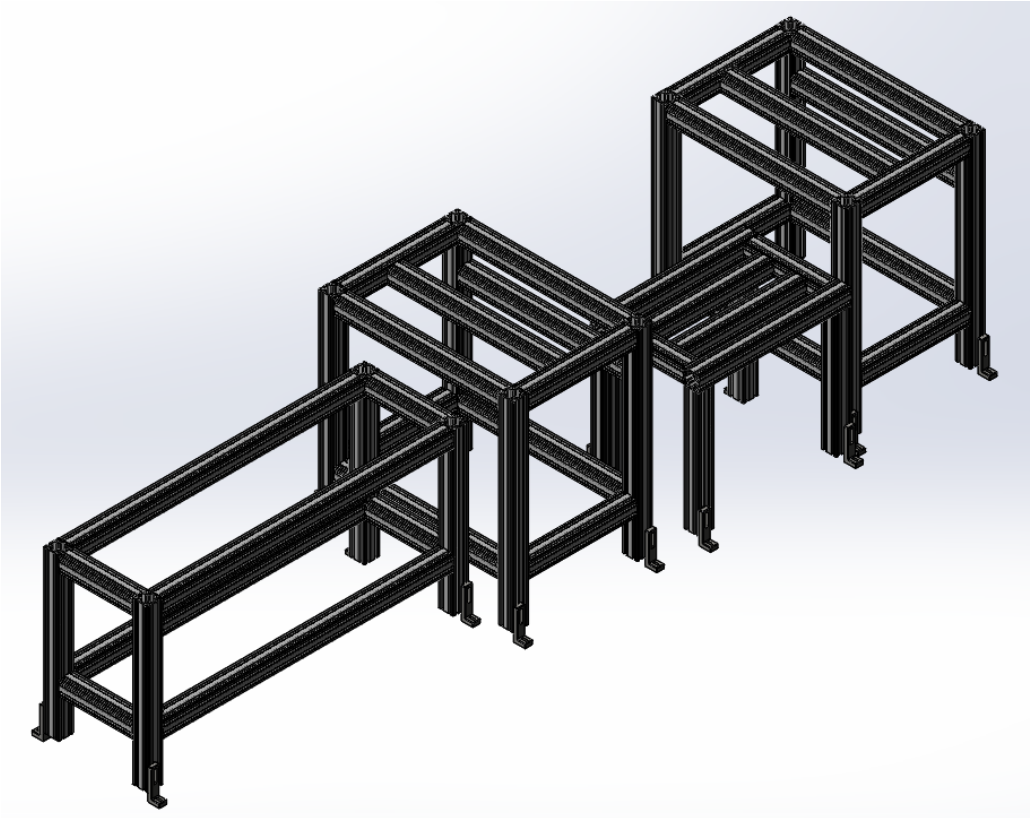
Sekä virtuaalitodellisuuden että lisätyn todellisuuden avulla voi tulevaisuudessa tarve valmistaa fyysisiä pienoismalleja vähentyä. Virtuaalitodellisuuden avulla CAD-ohjelmistoilla tuotettujen 3D-mallien ja -piirustusten hahmottaminen on entistä realistisempaa. Esimerkiksi laivanrakennusyhtiöt käyttävät virtuaalitodellisuutta monimutkaisten konehuonejärjestelyjen suunnittelun apuna. Lisäksi suuret yritykset ovat testanneet AR-lasien käyttöä huoltotoiminnoissa, jolloin huoltomies voi saada AR-laseihinsa ohjeita etänä maalla olevilta asiantuntijoilta. Caterpillar-niminen yritys käyttää hyödyksi uppoutuvaa 3D-ympäristöä tuotteidensa suunnittelussa, testaamisessa ja simuloinneissa. Virtuaalista kokoonpanolinjaa tutkiessa voidaan ongelmakohdat havaita jo ennen tuotteiden fyysistä kokoamista. Kaikki teollisuus on tällä hetkellä tilanteessa, jossa kannattaa panostaa suunnitteluun, ergonomiaan, liikkumiseen ja muuntamiseen. Panostuksen tulisi olla huomattavaa, sillä pitkällä aikavälillä se tulee maksamaan itsensä takaisin moninkertaisesti. (Segercrantz 2016.)

5 KULJETINJÄRJESTELMÄN MALLINTAMINEN

Työn alkuperäisenä tavoitteena oli saada mallinnettua kuljetinjärjestelmän loppupää, johon sisältyy höylältä tulevien puusäleiden kulkeminen kamerajärjestelmän läpi. Kuljetinjärjestelmän loppupään mallintaminen onnistui ja 3D-mallista tehtiin tarvittavat piirustukset kokoamista varten. Työ mallinnettiin SolidWorks-ohjelmistolla ja apuna käytettiin asiakasyrityksen antamia lähtötietoja sekä 3D-tiedostoja kuljetinjärjestelmän tulevasta ympäristöstä. Kuljetinjärjestelmään sisältyy paljon eri vaatimuksia ja sen takia suunnitteluun ja mallintamiseen kului paljon aikaa. Liitteissä on esitelty esimerkki projektissa tehdyistä piirustuksista niiden ulkonäön havainnollistamiseksi.

5.1 Runko

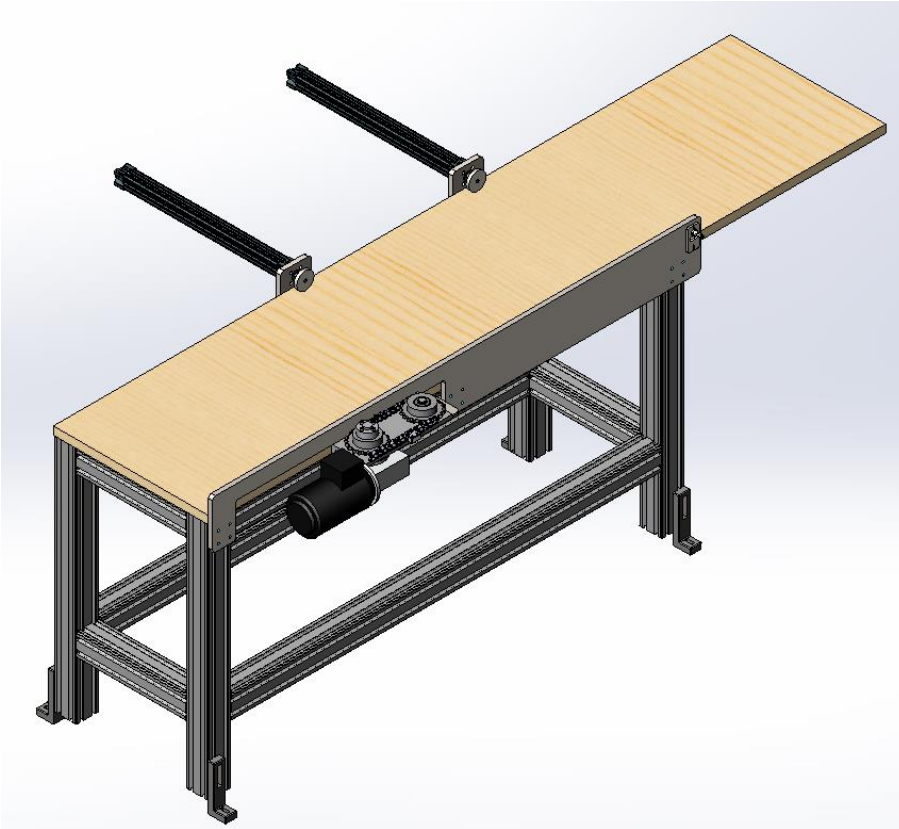
Kuljetinjärjestelmän ensimmäinen tehtävä on testata käytettävien kameroiden vaatimusten täyttyminen. Tästä johtuen alkuosan rungon korkeudeksi määräytyi 900 mm lattiasta, jotta testaamisessa työskentelykorkeus olisi työergonomian kannalta mahdollisimman hyvä. Runko koostuu eripituisista 80x80 mm:n kokoisista alumiiniprofiileista ja yhteensä neljästä pienemmästä alikokoonpanosta (KUVA 1). Rungon pienempiin kokoonpanoihin kuuluu alussa sijaitseva taso, jossa puusäleet painetaan sivulevyä vasten sylintereillä. Runkoon sisältyy myös kaksi samanlaista pienempää kokoonpanoa, joissa on säleitä eteenpäin liikuttavat hihnat, ja niiden välissä oleva kamerajärjestelmän vaatima runko kameratelineineen. Kokonaisuudessaan rungon pituus on 4080 mm ja kuljetinjärjestelmän vaatima leveys on 1058 mm. Korkein pystyprofiili on 1033 mm pitkä. Jokaisen pystyprofiilin alaosaan kuuluu l-jalka. Niiden avulla voidaan säätää hieman rungon korkeutta ja oletuksena l-jalat ovat pystyprofiilin alareunaa 40 mm alempana.



KUVA 1. Kuljetinjärjestelmän runko

5.2 Kuljetinjärjestelmän ensimmäinen osa

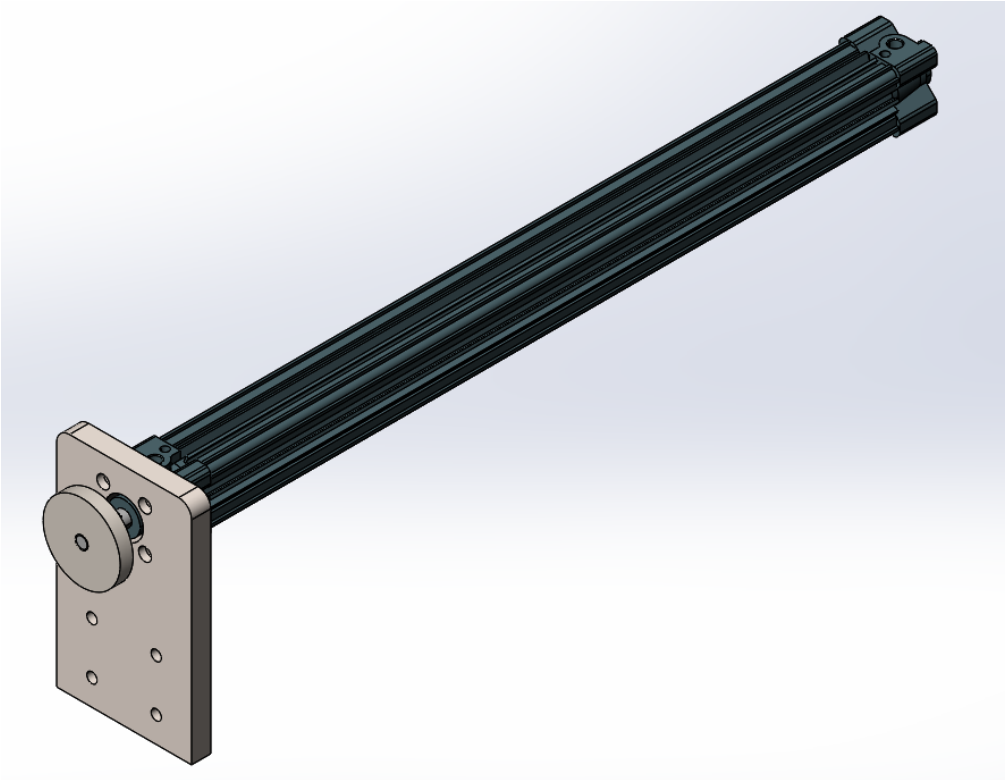
Kuljetinjärjestelmän alkuosaan kuuluu ensimmäinen rungon osuus, vaneri ja sivulevy. Lisäksi alikoonpanoina alkuosaan sisältyvät kaksi toisella sivulla sijaitsevaa sylinteriä ja vastakkaisella sivulla sijaitseva ketjukäyttö (KUVA 2). Kahden sylinterin avulla useamman puusäleen muodostamaa ”lauttaa” painatetaan toisella sivulla sijaitsevaa sivulevyä vasten ja ketjukäytön avulla yksittäinen puusäle saateetaan liikkeeseen kamerajärjestelmää kohti. Alkuosan sivulevyn toisessa päässä on myös pieni lasertunnistin, jonka avulla ketjukäyttö saa tietoon, milloin edellinen puusäle on ohittanut lasertunnistimen ja seuraava puusäle voidaan laittaa liikkeelle. Vanerin yläpinta maasta on mitoitettu ihanteellisen työasennon takaamiseksi 900 mm:n korkeuteen. Rungon pituus on 1660 mm ja sekä vanerin että rungon leveys on 540 mm. Alkuosaan kuuluva vaneri ulottuu myös seuraavaan runkoon.



KUVA 2. Kuljetinjärjestelmän ensimmäinen osa

5.2.1 Puusälenippua työntävä sylinteri

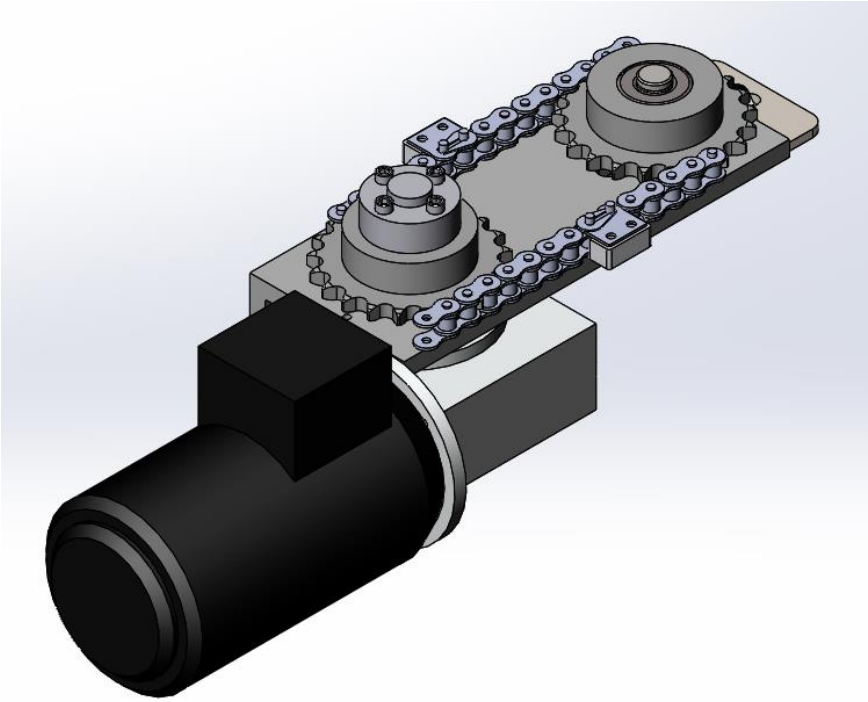
Alkuosaan kuuluva, puusäleitä sivulevyyn painava sylinteri kiinnitetään rungon alumiiniprofiiliin yksinkertaisesti rautalevyllä (KUVA 3). Sylinterin isku on 500 mm ja sen päähän tulee raudasta valmistettu pyöreä laippa, joka painaa puusälelautan toista reunaa. Sylintereiden tehtävä yksinkertaisesti on painaa puusälelauttaa toisella puolella olevaa sivulevyä vasten niin, että puusäleet pysyvät tiiviisti kiinni toisisaan ja toisella reunalla oleva puusäle osuu koko ajan sivulevyyn.



KUVA 3. Puusäleitä sivulevyä vasten painavan sylinterin alikokoonpano

5.2.2 Puusäleen liikkeen tuottava ketjikäyttö

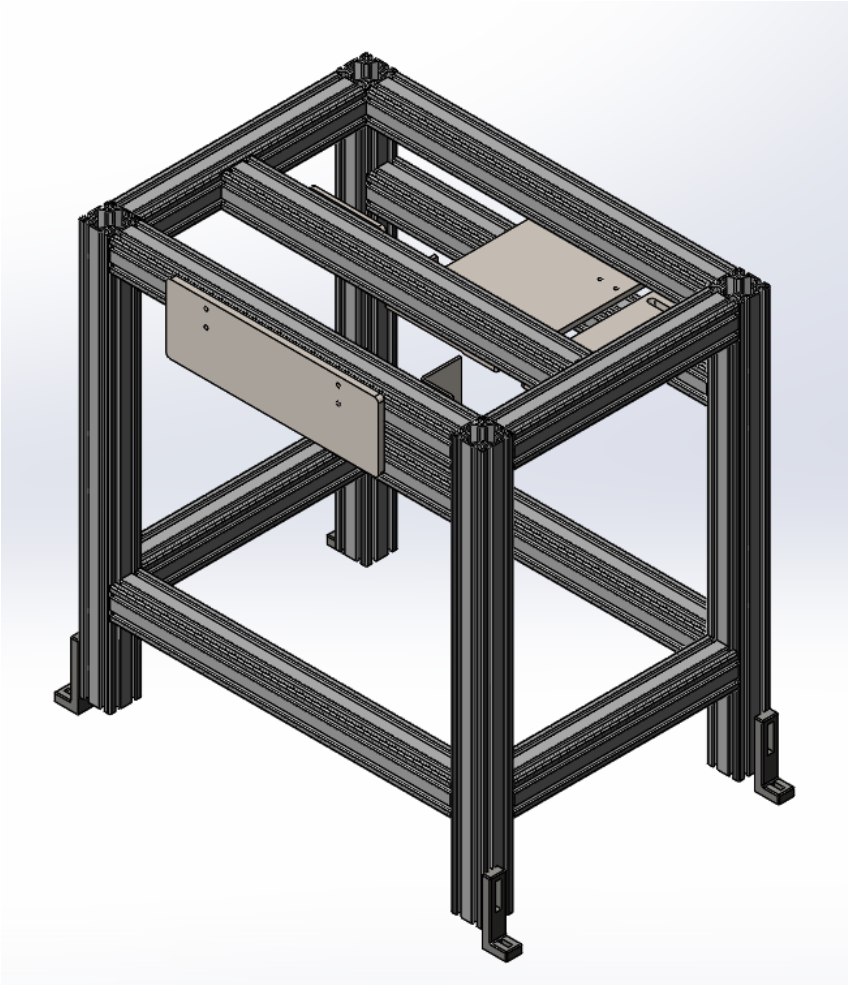
Ketjikäytön tehtävänä on yksittäisen puusäleen liikkeen tuottaminen ja lyhyen matkan saattaminen eri suuntaan mitä aiemmin mainittu sylinteri pääsäleitä painaa. Ketjikäytön kokoonpanoon sisältyy l-rauta, moottori, vaihde, kaksi hammasratasta, toista hammasratasta pyörittävä akseli, ketju ja ketjussa olevat haitat (KUVA 4). Lisäksi toiseen päähän l-rautaa kiinnitetään lasertunnistin, jonka avulla moottorin käyttö saadaan toimimaan niin, että ketjussa olevat haitat ovat oikeassa kohdassa oikeaan aikaan. Ketjikäyttö sijoitetaan kuljetinjärjestelmän alkuosaan sylintereiden vastakkaiselle puolelle profiiliin kiinni niin, että ketjussa olevat haitat ”nappaavat” yksittäisen puusäleen. Ketjikäytön hammasrattaat ovat 21 hammasta sisältäviä teräksisiä hammasrattaita ja hampaiden ulkoreunojen halkaisija on 122 mm. Hammasrattaiden väli on säädettävissä l-raudassa olevan reiän avulla ja säätövara on 40 mm.



KUVA 4. Ketjuskäytön alikokoonpano

5.3 Kuljetinjärjestelmän toinen osa

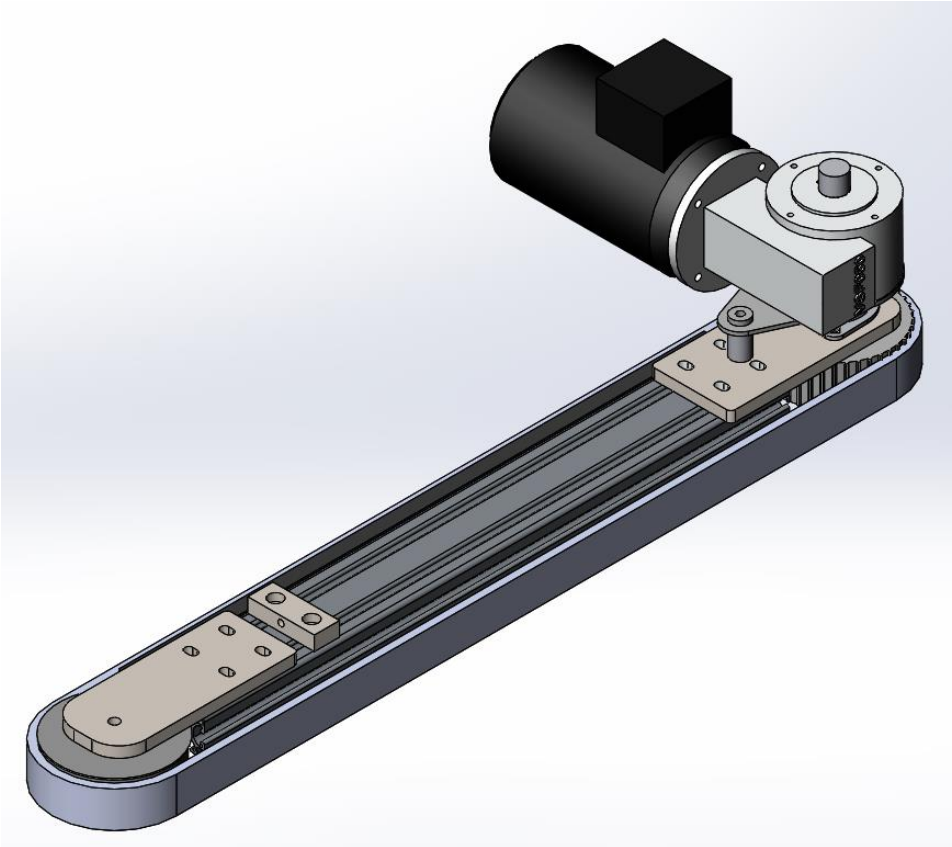
Kuljetinjärjestelmän toisen osan tarkoituksena on pitää yksittäinen puusäle tarpeeksi nopeassa liikkeessä hihnakäyttöjen avulla (KUVA 5). Kyseisten osien kokoonpanoon kuuluu kaksi hihnakäyttöä, toisen hihnakäytön paikkaa säättävä sylinteri, puusäleen pystysuuntaista liikettä estävä I-rauta, vastinlevy sekä kaikkien osien ja alikokoonpanojen kiinnitykseen vaadittavat osat. Rungon pituus on 720 mm, leveys 1010 mm ja korkeus maasta 1073 mm. Yläosassa olevan poikittaisen profiilin sijainti määräytyy hihnan kiinnityksen ja johteiden sijoittumisen perusteella. Vastinlevyn tarkoituksena on estää vanerin päällä olevien säleiden liikkuminen kamerajärjestelmää kohti ennen sivulevyille ja ketjuskäytölle saapumista. Toista hihnakäyttöä pitää sylinterin avulla myös painaa lähemmäksi toista hihnakäyttöä, jotta niiden välistä kulkeutuva puusäle puristuu tarpeeksi hihnojen väliin. Sylinterin avulla säädetään myös hihnakäyttöjen välimatkaa eri levyisten puusäleiden takia.



KUVA 5. Kuljetinjärjestelmän toinen osa

5.3.1 Hihnäkäytön alikokoonpano

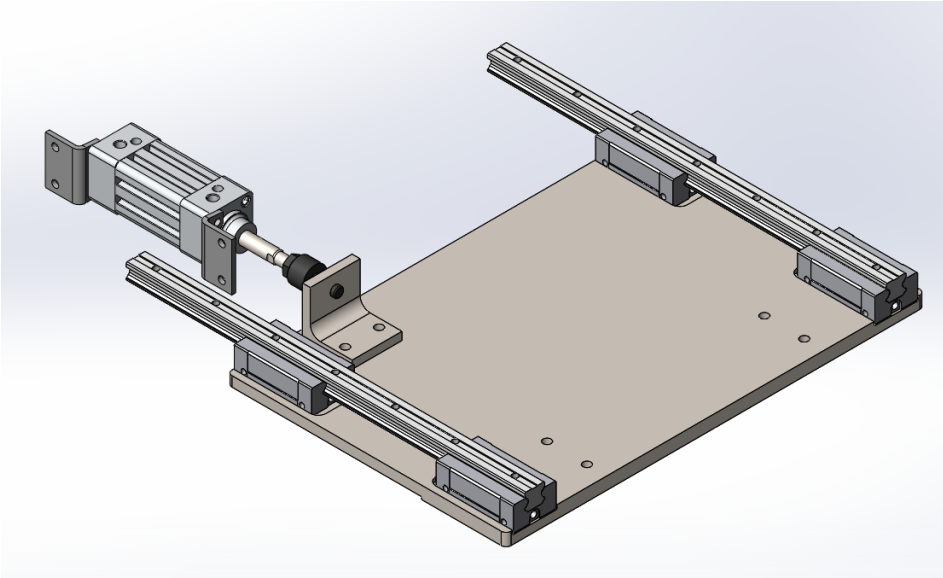
Kuljetinjärjestelmä sisältää yhteensä neljä samankokoista hihnäkäyttöä. Kaikkien hihnäkäyttöjen tehtävänä on saada yksittäinen puusäle kulkeutumaan kamerajärjestelmän läpi tarpeeksi nopeasti. Puusäle voi minimissään olla yhden metrin pituinen, joten kyseisten hihnäkäyttöjen pitää olla tarpeeksi lähellä toisiaan, jotta puusäleen liike jatkuu myös kamerajärjestelmän toisella puolella. Hihnäkäytön kokoonpanoon sisältyvät yleisesti käytettävien hihnäkäyttöjen osat. Siihen sisältyvät muun muassa hammaspyörä ja sileäpyörä, hihna, moottori ja 40x80 mm:n kokoinen, 650 mm pitkä, alumiiniprofiili (KUVA 6). Hihnäkäyttöihin sisältyy sama moottori ja vaihde kuin aiemmin esiteltyyn ketjukäyttöön. Hihnan leveys on 40 mm, paksuus 8 mm ja pyörien akselien väli eli hihnan tasaisen alueen pituus on 800 mm. Kyseisen hihnäkäytön hihnan tulee pyöriä tarpeeksi nopeasti, jotta niiden välistä kulkeutuva puusäle ehtii seuraavan puusäleen alta pois.



KUVA 6. Hihnäkäytön kokoonpano

5.3.2 Toisen hihnäkäytön sijaintia säättävän sylinterin alikokoonpano

Kuljetinjärjestelmän toisessa ja neljännessä rungon alikokoonpanossa on myös toisen hihnäkäytön sijaintia säättävä sylinteri. Toinen hihnäkäyttö kiinnittyy ”kelkkaan”, joka liikkuu johteilla, ja sitä liikutetaan sylinterillä (KUVA 7). Lisäksi sylinterin avulla toista hihnäkäyttöä painetaan pienellä paineella hihnojen välissä kulkeutuvaa puusäleä vasten, jotta puusäleen sivujen ja hihnojen välinen kitka on tarpeeksi suuri. Kuitenkin sylinteri joustaa, jotta puusäle mahtuu hihnäkäyttöjen väliin mutta on hyvin puristettuna kummaltakin sivulta. Sylinterin isku on 25 mm ja kuvassa näkyvän rautalevyn koko on 420x280 mm. Toista hihnäkäyttöä säättävä ja joustavasti painava sylinteri kiinnittyy runkoon rautalevyn ja sylinteriin kiinnittyvien I-rautojen avulla. Johteet kiinnitetään suoraan rungon profiiliin ja itse hihnäkäyttö tulee kiinni johteilla liikkuvaan rautalevyyn.



KUVA 7. Hihnäkäyttöä sylinterin avulla säätävän ”kelkan” alikoonpano

5.4 Kamerajärjestelmä

Kamerajärjestelmä sisältää yhteensä 6 kameraa: 2 vasenta ja oikeaa puusäleen kylkeä kuvaavaa Cognex Insight 7400 -väriälykameraa sekä 4 jokaista kylkeä kuvaavaa Insight Profiler 3D -järjestelmää. Kamerajärjestelmän kuuluvat kamerat kiinnitetään putkien ja kiinnikkeiden avulla rungon ympärille niin, että kamerat sijaitsevat sopivalla etäisyydellä puusäleestä ja niitä voidaan tarpeen vaatiessa liikuttaa eri kohtaan. Kamerajärjestelmän kokoonpanoon sisältyy myös alikokoonpano, johon kuuluu neljä tukipistettä, joissa jokaisessa on neljä puusäleen jokaista kylkeä tukevaa rullaa. Kyseinen alikokoonpano kiinnittyy kulmakiinnikkeiden avulla runkoon.

5.4.1 Kamerajärjestelmässä käytettävät puusäleen tarkastuslaitteet

Kamerajärjestelmässä puusäleen tarkastelussa käytetään kahta Cognex Insight 7400 -väriälykameraa (KUVA 8) sekä neljää Insight Profiler 3D -järjestelmää (KUVA 9). Tarkastelulaitteiden testaamisvaiheessa kumpaakin laitetta oli käytössä ainoastaan yksi, sillä on mahdollista, että kyseiset laitteet eivät sovellu puusäleen pintojen tarkistamiseen nopean vauhdin takia.

Cognex In-Sight 7000 -sarjaan kuuluu väriälykameran, jotka soveltuvat nopeisiin ja tarkkoihin tarkastuksiin kaikilla teollisuudenaloilla. Tässä automaatiojärjestelmässä väriälykameroiden tehtävänä on tarkistaa puusäleistä jatkojalostuksen kannalta oleellisimpien sivujen kunto. In-Sight -laserprofiilijärjestelmät suorittavat tarkkoja mittauksia ja analysoivat tulokset. Lisäksi HTML-pohjaisen käyttöliittymän avulla tuotantolinjan toimintaa ja järjestelmästä saatavia tuloksia voi seurata mistä tahansa kannettavalla tietokoneella, tabletilla, älypuhelimella tai jollain muulla mobiililaitteella. Tässä kuljetinjärjestelmässä näiden järjestelmien avulla saadaan tietoon tarkasti puusäleen jokaisen sivun kunto.



KUVA 8. Cognex In-Sight 7400 -väriälykamera (Visionlink)

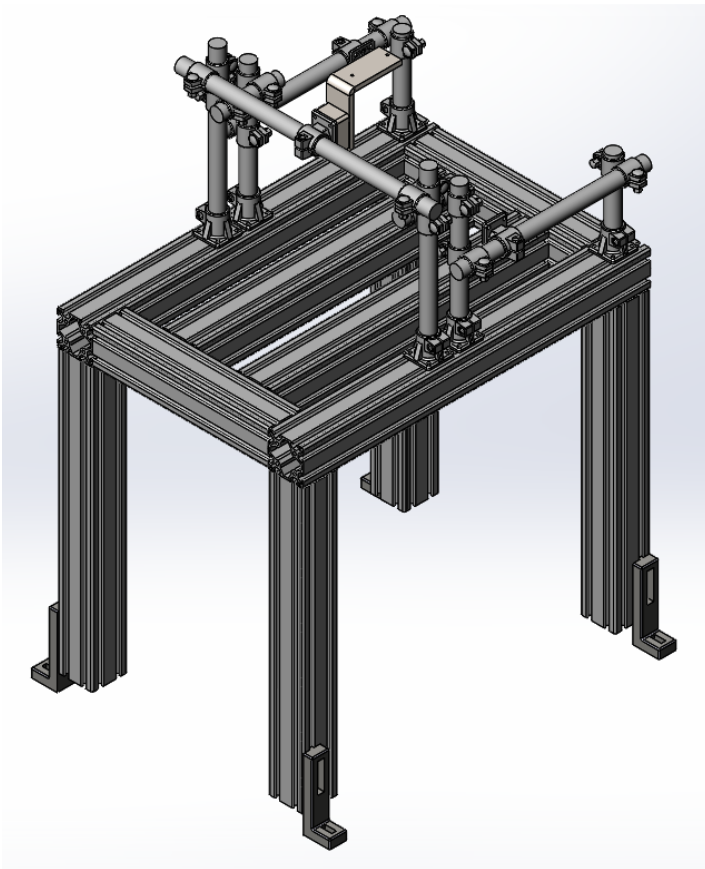


KUVA 9. Cognex In-Sight Profiler -3D -järjestelmä (Visionlink)

5.4.2 Kamerajärjestelmän alikokoonpano

Kamerajärjestelmän rungosta muotoutui hyvin avoin ja selkeä kokonaisuus (KUVA 10). Rungon kokoonpanoon sisältyy ”item” -profiileista koostuva pöytätason kaltainen kokonaisuus, jonka yläpuolelle tulee kiinnikkeiden ja putkien koostama kehikko kameroille. Kiinnikkeiden ja putkien muodostamaan kehikkoon kiinnittyy yhteensä kolme Insight Profiler 3D -järjestelmää, kaksi sivuille ja yksi yläpuolelle. Neljäs Insight Profiler 3D -järjestelmä kiinnitetään rautalevyn avulla runkoon.

Putkissa olevien kiinnikkeiden avulla voidaan sekä kyseisten järjestelmien kulmaa että sivusuuntaista sijoittumista tarpeen vaatiessa säätää. Rautalevyllä runkoon kiinnittyvää järjestelmää voidaan säätää ainoastaan sivusuunnassa. Lisäksi koko kehikon sijoittumista voidaan profiileihin kiinnittyvien jalusta-kiinnikkeiden avulla säätää puusäleen kulkusuunnassa. Kamerajärjestelmän rungon pituus on 790 mm ja leveys 560 mm. Kamerajärjestelmän rungon kokonaisuus ja kiinnikkeiden sijainti määräytyvät käytettävien kameroiden ja kamerajärjestelmien ominaisuuksien mukaan niin, että tarkastettava puusäle on oikean välimatkan päässä. Tarkastettavien puusäleiden etäisyys väriälykamerasta pitää olla noin 200 mm ja kamerajärjestelmistä noin 140-150 mm.

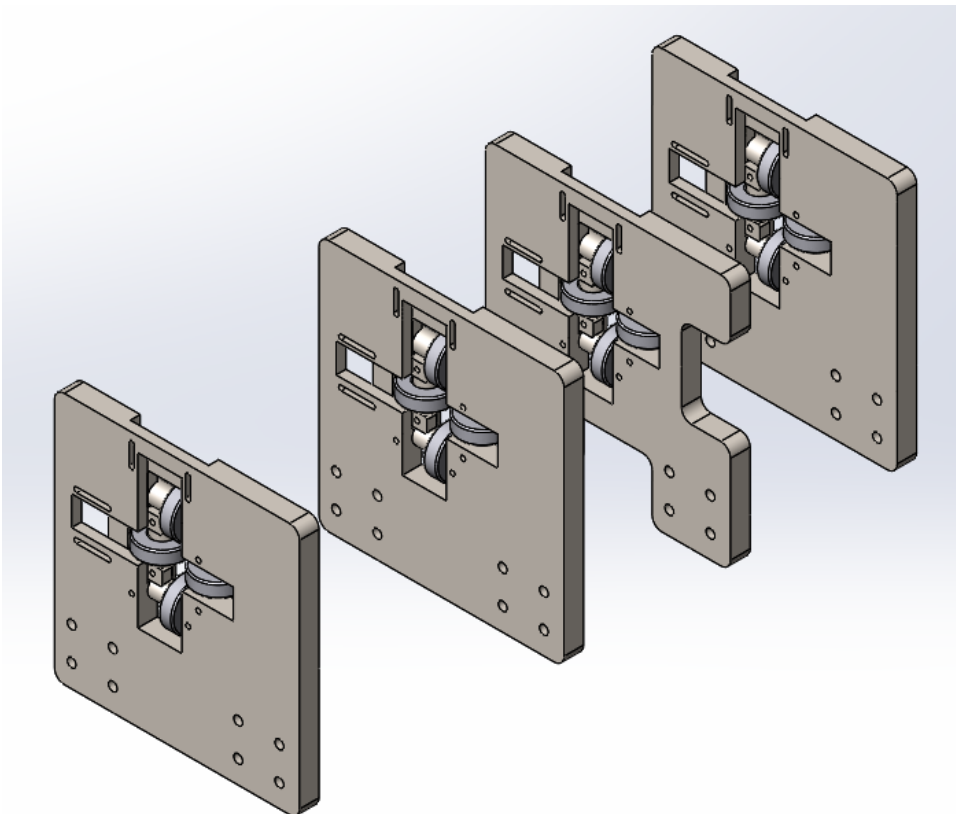


KUVA 10. Kamerajärjestelmän alikokoonpano

5.5 Puusäleen jokaista sivua tukeva alikokoonpano

Puusälettä tukevan alikokoonpanon tehtävänä on pitää puusäle tuettuna jokaiselta sivulta sen matkan ajan, kun puusäle kulkeutuu kameroiden ohi. Alikokoonpanoon sisältyy neljä teräslevyä, joissa kaikissa on yhteensä neljä rullaa tukemassa puusälettä (KUVA 11). Rullista kahta pystyy säätämään puusäleen koon vaihtuessa. Yksi teräslevy on erilainen, jotta kahdella kamerajärjestelmällä on vaadittava näkyvyys puusäleeseen. Kaikkien teräslevyjen ja rullien tulee pysyä hyvin tuettuna puusäleen nopeasta vauhdista huolimatta, sillä kameroiden antamien tulosten tarkkuuteen vaikuttaa pienikin puusäleen tärähdys.

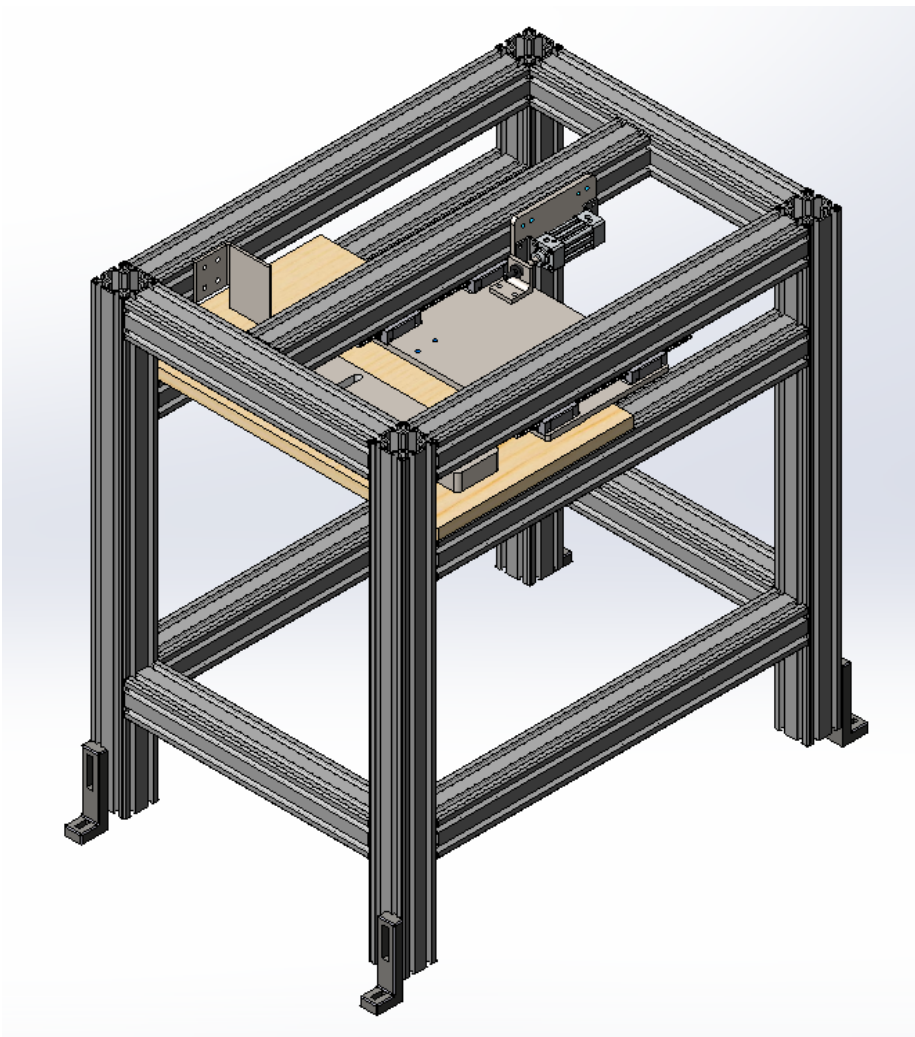
Ensimmäinen teräslevyjen väli on kahta muuta väliä isompi, koska Cognex Insight 7400 -väriälykamerat vaativat pidemmän tarkastelualueen. Kahdessa muussa välissä on kummassakin kaksi Insight Profiler 3D -järjestelmää tarkastelemassa samaa väliä, sillä muuten kamerajärjestelmän pituus olisi liian suuri eivätkä hihnäkäytöt olisi tarpeeksi lähellä toisiaan. Kahden ensimmäisen teräslevyn väli on 250 mm ja kaksi seuraavaa väliä ovat 150 mm. Jokaisen teräslevyn ulkoreunojen mitat ovat 250x257,5 mm.



KUVA 11. Puusälettä tukeva alikokoonpano

5.6 Kuljetinjärjestelmän neljäs osa

Kuljetinjärjestelmän neljäs osa on lähestulkoon samanlainen kuin kuljetinjärjestelmän toinen osa (KUVA 12). Neljännestä rungon osasta etupuolella oleva vastinlevy puuttuu. Lisäksi neljännessä osassa on oma pieni vaneri puusäleiden putoamisen estämiseksi. Myös rungon neljännellä osalla on tärkeä tehtävä puusäleen vauhdin ylläpitämiseksi. Siihen sisältyvien hihnakäyttöjen vaatimuksiin sisältyy tarpeeksi nopea, mahdollisesti jopa toisen rungon osaan sisältyviä hihnoja nopeampi vauhti. Seuraavaksi kuljetinjärjestelmän neljännessä osan kokoonpanon kuva eri kuvakulmasta kuin toisen osan kokoonpanon kuva.

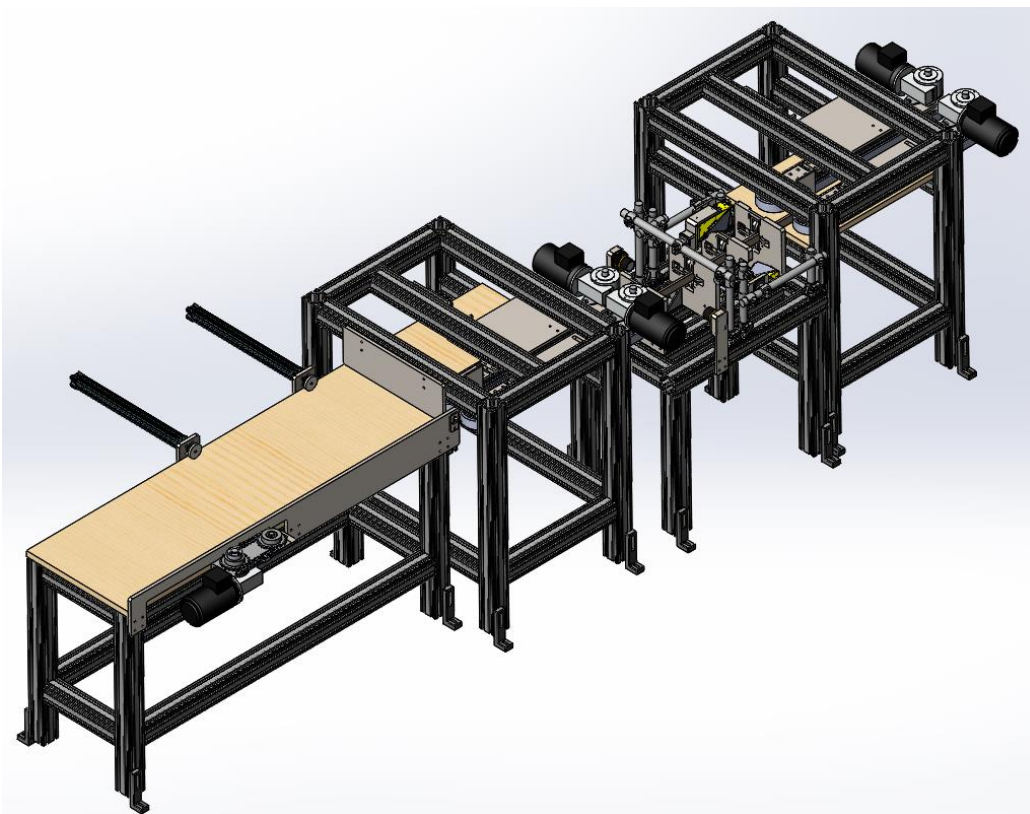


KUVA 12. Kuljetinjärjestelmän neljäs osa

5.7 Kuljetinjärjestelmä kokonaisuudessaan

Kokonaisuudessaan koko kuljetinjärjestelmä on monimutkainen kokonaisuus ja siihen sisältyy paljon tarkkoja ja tärkeitä yksityiskohtia (KUVA 13). Kuitenkin tärkein ja suunnittelussa vaativin osuus kuljetinjärjestelmää oli kamerajärjestelmä. Kamerajärjestelmän suunnitteleminen veikin eniten aikaa ja siihen joutui tekemään paljon muutoksia matkan varrella. Vaikein ja tärkein vaatimus kuljetinjärjestelmän suunnittelemisessa kuitenkin oli siltä vaadittava nopeus. Kuljetinjärjestelmän vaatima leveys sivulle kiinnittyvien sylintereiden ja toiseen reunaan tulevien hihnakäyttöihin sisältyvien moottoreiden takia tulee olemaan 1505 mm.

Kyseistä kuljetinjärjestelmää voidaan hyödyntää lopullisessa kuljetinjärjestelmässä ainakin suurimmaksi osaksi, vaikka tämän kuljetinjärjestelmän tarkoituksena onkin vain selvittää väriälykameroiden ja kamerajärjestelmien soveltuvuus kyseiseen tehtävään. Lopulliseen kuljetinjärjestelmään täytyy kuitenkin suunnitella alkuosa, jota ei tässä mallinnuksessa ole otettu huomioon. Kuljetinjärjestelmään tulevat puusäleet joudutaan siirtämään sivuttain sivulevyä vasten 3-5 puusäleen nipuissa pois seuraavan nipun edestä. Lisäksi kuljetinjärjestelmän pituus tulee olemaan loppuosassa olevien hihnakäyttöjen seurauksena noin 4320 mm.



KUVA 13. Kuljetinjärjestelmä kokonaisuudessaan

6 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin ja mallinnettiin asiakasyritykselle kuljetinjärjestelmä, johon sisältyy puusäleiden pintoja tarkasteleva kamerajärjestelmä. Kyseinen kuljetinjärjestelmä on kokonaisen kuljetinjärjestelmän loppuosa. Ennen kyseistä osaa kuljetinjärjestelmästä höylältä tulevat puusäleet pitää saada seuraavien puusäleiden edestä pois ja niiden liike täytyy muuttua poikittaissuuntaiseksi. Työssä tehdystä 3D-mallista rakennettavan kuljetinjärjestelmän tarkoituksena on selvittää kameroiden ja järjestelmien sopivuus kyseiseen tehtävään. Mikäli kuljetinjärjestelmän ja laitteiden testaamisen perusteella voidaan todeta, että se soveltuu asiakkaan tuotantoon kaikki vaatimukset täyttäen, tullaan sitä käyttämään lopullisessa kuljetinjärjestelmässä.

Lopulliseen kuljetinjärjestelmän loppupään 3D-malliin sisältyi kokonaisuudessaan paljon tärkeitä yksityiskohtia, joiden suunnitteleminen vei suurimman osan ajasta. Suunnittelun ja mallintamisen alkuvaiheessa kaikkia tärkeimpiä yksityiskohtia ei edes ymmärtänyt ja sen takia kokonaisuutta joutui muuttamaan moneen otteeseen. Kamerajärjestelmän suunnitteleminen ja mallintaminen vei eniten aikaa. Siinä haasteellisin ja aikaa vievin vaihe oli kameroiden kiinnittämisen ja yksittäisen puusäleen jokaiselta sivulta tukevan kokonaisuuden suunnitteleminen.

Työn lopputuloksena oli tarpeet täyttävä sekä tarpeeksi selkeäksi suunniteltu ja mallinnettu kuljetinjärjestelmä, jonka saa tuotettua helposti. Omasta mielestäni työ onnistui hyvin ja lopputulos vastaa sitä, mitä sen pitikin. Aikaisempi henkilökohtainen työkokemus tällaisesta työstä huomioon ottaen onnistuin työssä mielestäni todella hyvin. Kokemuksena tämä suunnittelu- ja mallinnusprojekti oli mielenkiintoinen, sopivasti haastava ja hyvin opettavainen.

Opinnäytetyön aikana opin henkilökohtaisesti paljon uutta suunnittelijana työskentelystä ja SolidWorks-ohjelman käyttämisestä. Työn suorittamisen aikana opin myös paljon yrityksen tuottamista tuotantoautomaatioratkaisusta ja niiden monimutkaisuudesta. 3D-suunnittelun ja -mallintamisen osalta työn aikana perehdyin SolidWorks-ohjelman osalta moniin uusiin ominaisuuksiin sekä työskentelyä helpottaviin ja nopeuttaviin konsteihin. Lisäksi täysin uutena ominaisuutena opin SolidWorks-ohjelmassa käyttämään työpaikan sisäisessä verkossa toimivaa lisäosaa, jonka avulla voi käyttää ajan säästämiseksi omassa työssään jo aiemmin mallinnettuja osia tai kokoonpanoja.

LÄHTEET

- Digi-Capital. 2017. AR/VR investment hits \$1.1 billion already in 2016. Saatavissa: <http://www.digi-capital.com/news/2016/03/arvr-investment-hits-1-1-billion-already-in2016/#.WRRHNPnyjIU>. Viitattu 22.5.2018.
- HDboksi. 2013. Tietoa 3D-tulostuksesta. Saatavissa: <http://www.hdboksi.fi/tietoa-3d-tulostuksesta/>. Viitattu: 16.5.2018.
- Hellman, T. 2014. Virtuaalitodellisuus ja 3D-mallinnustekniikat opetuksen aallonharjalla. Saatavissa: http://www.edimensio.fi/opetusvinkit_ja_linkit/virtuaalitodellisuus. Viitattu: 16.5.2018.
- Honkavaara, T. 2018. Laadunhallinnan merkitys yrityksen menestymisessä. Saatavissa: <http://www.qreform.com/blogi/laadunhallinnan-merkitys+>. Viitattu: 15.5.2018.
- Isomäki, O., Koponen, H. & Sarasoja, L. 2004. Puutuoteteollisuus, ensijalostus. Saatavilla: <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/ensijalostus/index.html>. Viitattu 15.5.2018.
- Logistiikan maailma. 2018. Laatu yrityksissä. Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/laatu/laatu-yrityksissa/>. Viitattu: 16.5.2018.
- Loukasmäki, P. 2016. Puutuoteteollisuus. Toimialaraportti. Saatavissa: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79840/Puutuoteteollisuus_net_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y%27. Viitattu: 3.5.2018.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2017. Metsäteollisuus Suomessa. Saatavissa: <http://mmm.fi/metsat/puun-kaytto/metsateollisuus-suomessa>. Viitattu 30.4.2018.
- Metropolia Wiki. 2009. Konenäkö, sovellusalueita. Saatavissa: <https://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/Sovellusalueita>. Viitattu 3.5.2018.
- Metropolia Wiki. 2014. Konenäkö. Saatavissa: <https://wiki.metropolia.fi/pages/viewpage.action?pageId=11637671>. Viitattu: 3.5.2018.
- Pitkänen, M. 2016. 3D-teknologiaa halutaan hyödyntää yhä enemmän terveys- ja vaatealalla. Saatavissa: <https://www.ksmi.fi/talous/3D-teknologiaa-halutaan-hy%C3%B6dynt%C3%A4%C3%A4-yh%C3%A4-enemm%C3%A4n-terveys-ja-vaatealalla/853746>. Viitattu: 16.5.2018.
- Seegercrantz, H. 2016. Virtuaalitodellisuus tuo todellista lisäarvoa. Saatavissa: <https://www.theoutcomemagazine.fi/virtuaalitodellisuus-tuo-todellista-lisearvoa/>. Viitattu 15.5.2018.
- Tuhola, T. & Viitanen K. 2008. 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Turtia, P. 2018. Pk-toimialaraportti: Puutuoteteollisuus, kevät 2018. Katsaus. Saatavissa: <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/160699>. Viitattu 22.5.2018.
- Varis, R. 2017. Sahateollisuus. Saarijärvi: Saarijärven Offset.

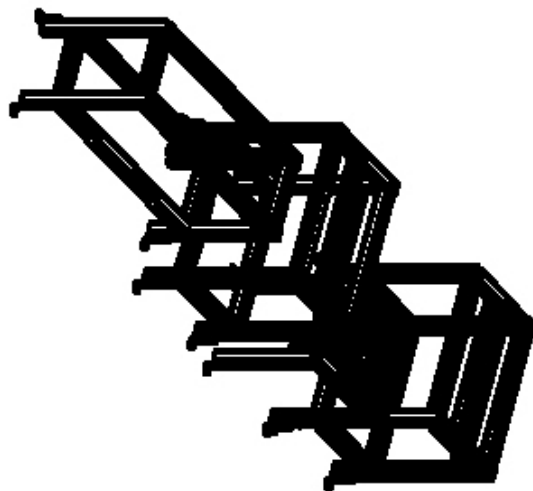
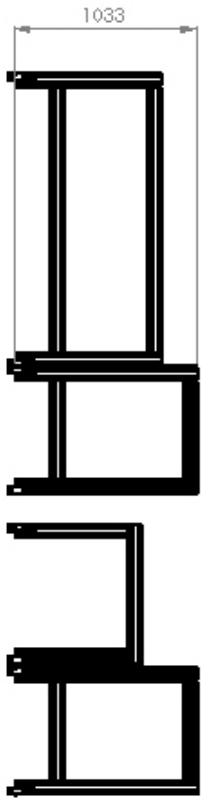
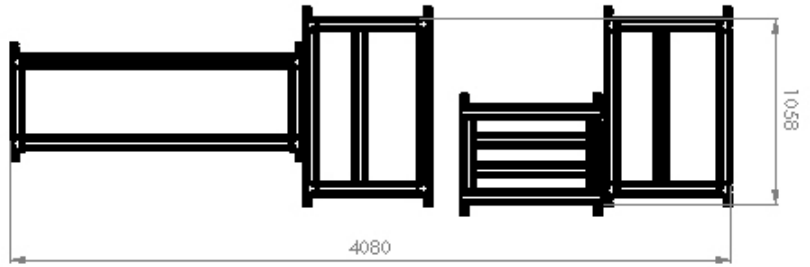
<https://visionlink.it/it/sistemi-sensori-di-visione/2373-in-sight-7400.html>. Viitattu: 30.5.2018.

<https://visionlink.it/it/sistemi-sensori-di-visione/1046-ds1050.html>. Viitattu: 30.5.2018.

Voutilainen, M., Holmberg, K., Lavikainen, P., Riihimäki, M., Saimovaara, J. & Törmä, M. 2010. Puuteollisuuden Abc, Tuotetietous. Tampere: Tammerprint Oy.

Voutilainen, P. 2004. Puutuoteteollisuus, automaatio. Saatavissa: <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/automaatio/index.html>. Viitattu 15.5.2018.

VTT. 2009. Ohjaava kokoonpano. Loppuraportti. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2009/W138.pdf>. Viitattu: 16.5.2018.

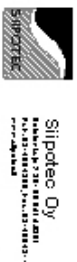


REV

PVM

TEKUR

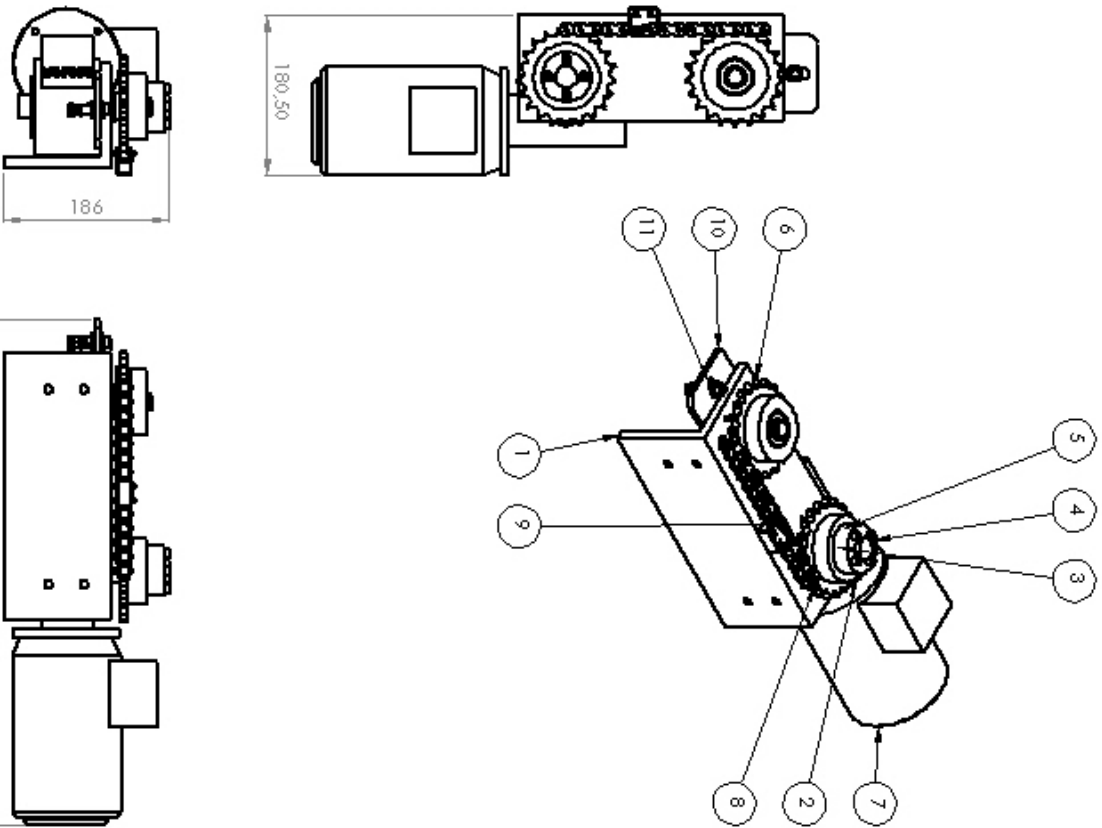
SUUNNIT.	MATERIAALI	PAINO	MÄÄRÄ	SUUNN. PVM	SUHDE
PINTAKÄSITTELY			VÄRI	6.4.2018	125



74465375


TÄMÄ DOKUMENTTI ON SIPOTEC OY:N OMISTAMILLA ETÄÄ SIVETÄÄ LUOVUTTAA KOHDEKOHTEILLE OSAKORITTELE
 THIS DOCUMENT IS THE CONFIDENTIAL PROPERTY OF SIPOTEC LTD AND MUST NOT BE USED WITHOUT THEIR WRITTEN PERMISSION

Tehnyt PVM, 22.5.2018



OSANRO	PIIRUSTUSNR	KUVAUS	TOIMITTAJA	MITTA	MÄÄRÄ
1	74464937	KULMA RAUTA			1
2	74464909	VSF 050	TAMMOTOR		1
3	D25hp DIN 668	VEIOAKSELI		170	1
4	74464907	KIRISTYSHOLKKI 25			1
5	74464940	5/8 Z21			1
6	74464943	5/8 Z21			1
7	74464911	ZAABOMOK	TAMMOTOR		1
8	74464908				5
9	74464915				1
10	74465001				1
11	74465017				1

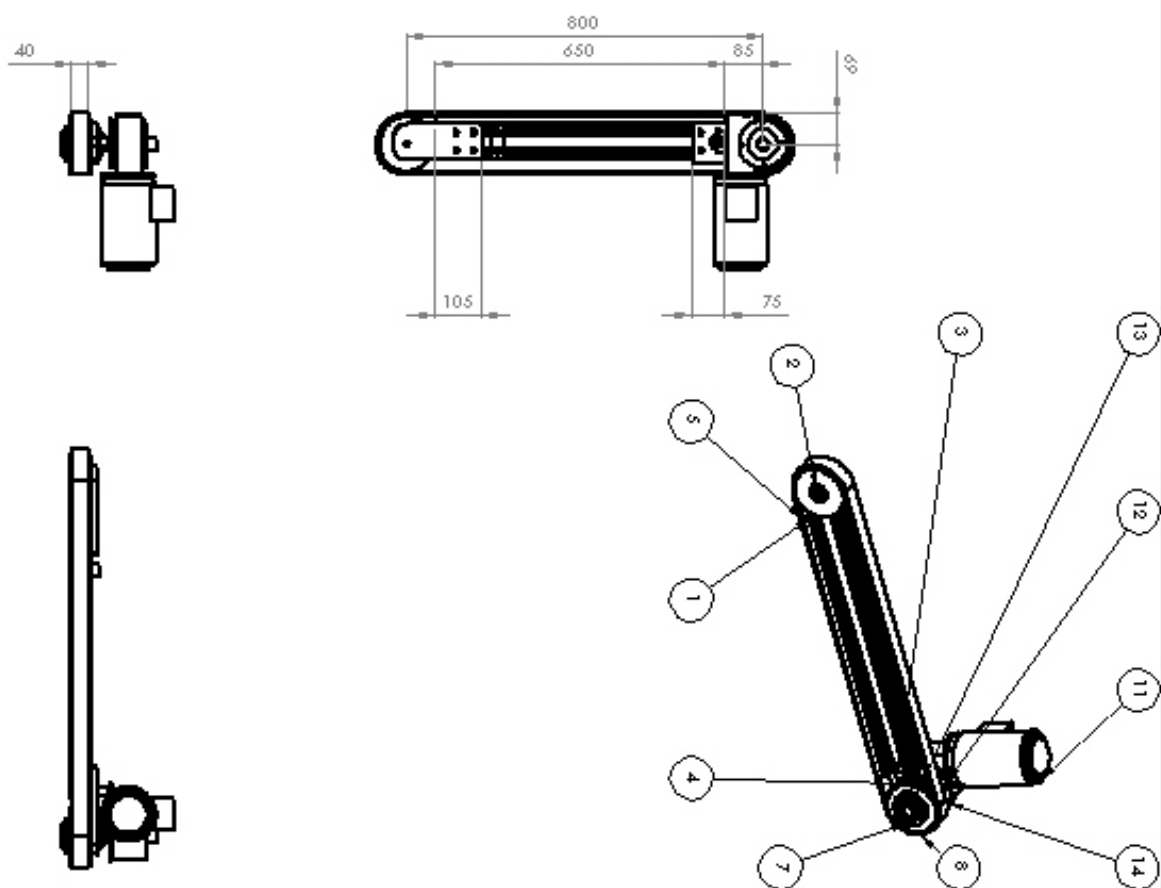
SUUNNIT.	MATERIAALI	PAINO	MÄÄRÄ	SUUNN. PVM	SUOHE
PINTAKÄSITTELY					
VÄRI					


Sipotec Oy
 Puh: +358 20 322 8111
 Faks: +358 20 322 8110
 www.sipotec.fi

74464944

THIS DOCUMENT OR SIMILAR ONE ORIGINATES FROM THE SITE AND INFORMATION CONTAINED HEREIN IS CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY.
 THIS DOCUMENT IS THE CONFIDENTIAL PROPERTY OF SIPOTEC LTD AND MUST NOT BE USED WITHOUT THEIR WRITTEN PERMISSION.
 Tiedon om. 22.5.2018

REV PVM TEKIJÄ



OSANRO	PIIRUSTUSNR	KUVAUS	TOIMITAJA	MITTA	MÄÄRÄ
1	74403174	HEM P R OFIILI 40x80	HEM	650	1
2	74403173	TAITOPYÖRÄ LAAKEROTU			1
3	74403176	TAITOLAAPPU		12	1
4	74403186	HAMMASHINNAPYÖRÄ			1
5	74403178	LUUKKUSKO	ETRA	650	1
6	74403179	PELTIKAPPAALAKERI			1
7	74403185	KIRITYSHOLKKI25			1
8	74403181	HINNÄ			1
9	74403182	KIRITIN			1
10	74403188	SÄÄTÖLAAPPU			1
11	74403978	ZAA800MOK	TAMMOTOR		1
12	74403979	V5 F 050	TAMMOTOR		1
13	D25H D.H. 608	VETOAKSELI		210	1
14	74403991				1
15	74463176				1

SUUNNIT.	MATERIAALI	PAINO	MÄÄRÄ	SUUNN. PVM	SUOJE
PIHTIKÄSITTELY			1	19.1.2018	1:10

Hihnakujieth



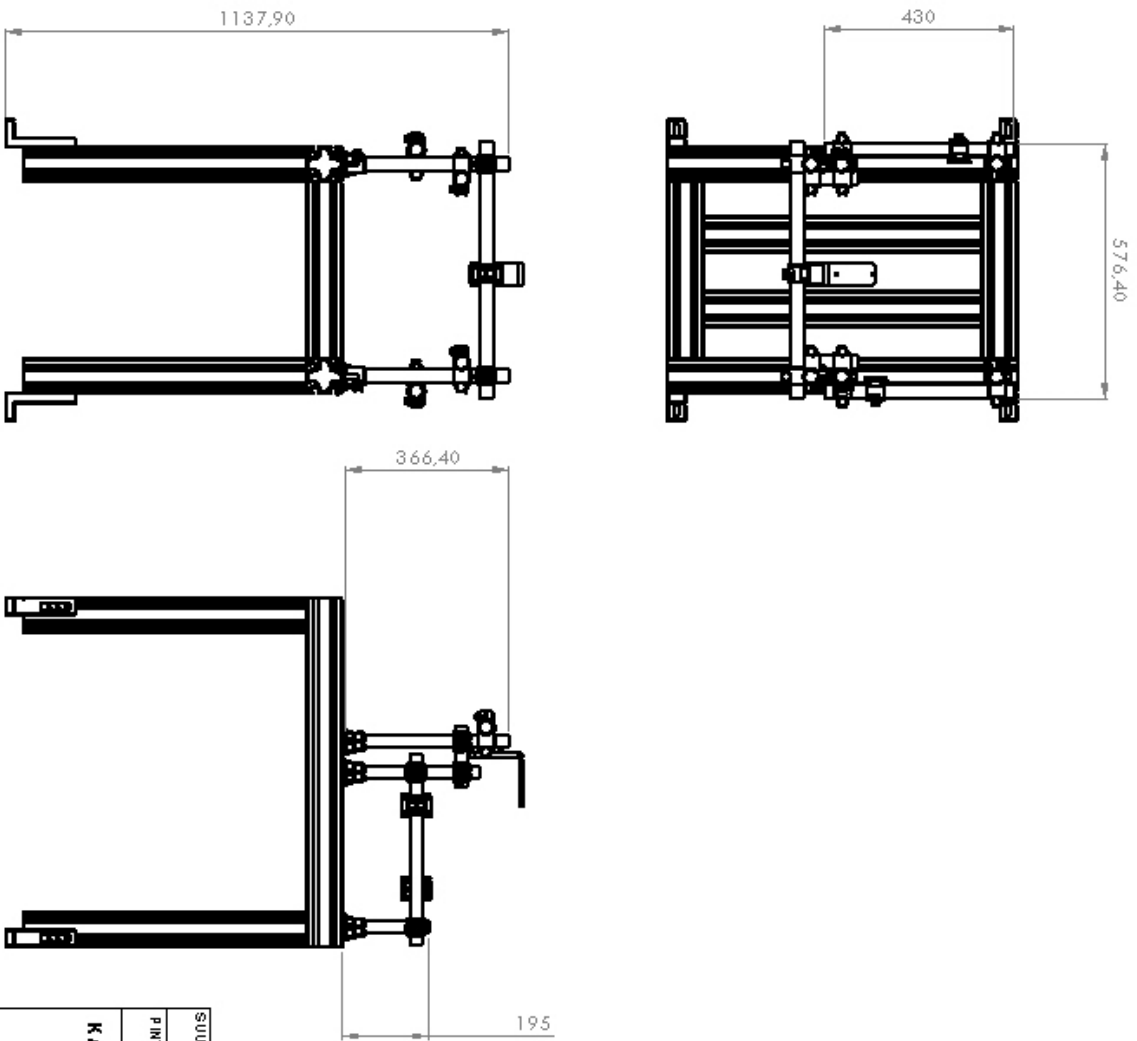
Slipote Oyj
 Keskustie 20
 01500 Vammala
 Puh. 09 25311111
 www.slipote.fi

74463173

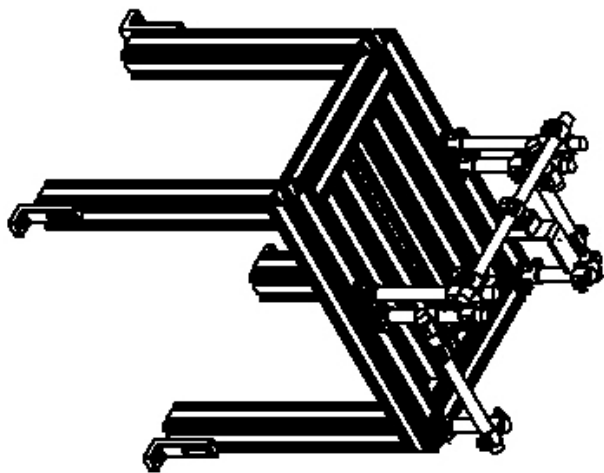
1. VÄRSÄKÄSITTELYN SUUNNITTELU, 2. OVI- JA IKKUNAN SUUNNITTELU, 3. KÄSITTELYN SUUNNITTELU, 4. KÄSITTELYN SUUNNITTELU, 5. KÄSITTELYN SUUNNITTELU, 6. KÄSITTELYN SUUNNITTELU, 7. KÄSITTELYN SUUNNITTELU, 8. KÄSITTELYN SUUNNITTELU, 9. KÄSITTELYN SUUNNITTELU, 10. KÄSITTELYN SUUNNITTELU, 11. KÄSITTELYN SUUNNITTELU, 12. KÄSITTELYN SUUNNITTELU, 13. KÄSITTELYN SUUNNITTELU, 14. KÄSITTELYN SUUNNITTELU, 15. KÄSITTELYN SUUNNITTELU


1. VÄRSÄKÄSITTELYN SUUNNITTELU, 2. OVI- JA IKKUNAN SUUNNITTELU, 3. KÄSITTELYN SUUNNITTELU, 4. KÄSITTELYN SUUNNITTELU, 5. KÄSITTELYN SUUNNITTELU, 6. KÄSITTELYN SUUNNITTELU, 7. KÄSITTELYN SUUNNITTELU, 8. KÄSITTELYN SUUNNITTELU, 9. KÄSITTELYN SUUNNITTELU, 10. KÄSITTELYN SUUNNITTELU, 11. KÄSITTELYN SUUNNITTELU, 12. KÄSITTELYN SUUNNITTELU, 13. KÄSITTELYN SUUNNITTELU, 14. KÄSITTELYN SUUNNITTELU, 15. KÄSITTELYN SUUNNITTELU

22.5.2018



REV		PVM	TEKUR
-----	--	-----	-------



SUUNNIT.	MATERIAALI	PAINO	MÄÄRÄ	SUUNN. PVM	SUHDE
PINTAKÄSITTELY			VÄRI	29.3.2018	1:10
KAMERAJÄRJESTELMÄ			 Sipotec Oy Keskustie 10 00500 Helsinki Puh. +358 9 2522000 www.sipotec.fi		

THIS DOCUMENT OR SIPOTEC OY'S QUALITY IS THE PROPERTY OF SIPOTEC LTD AND MUST NOT BE USED WITHOUT THEIR WRITTEN PERMISSION

