

Janne Haataja

**PAKKAUSJÄRJESTELMÄ- JA VARASTOALUEEN SUUNNITTELU
JANNPUU OY:LLE**

Insinöörityö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikka ja liikenne
Kone- ja tuotantotekniikka
Kevät 2009



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**

OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala.	Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tekijä(t) Janne Haataja	
Työn nimi Pakkausjärjestelmä- ja varastoalueen suunnittelu Jannpuu Oy:lle	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot	Ohjaaja(t) Jarmo Happonen
	Toimeksiantaja Jannpuu Oy
Aika Kevät 2009	Sivumäärä ja liitteet 34 + 23
<p>Tämän insinöörityön tavoitteena oli suunnitella Jannpuu Oy:lle pakkausjärjestelmä- ja varastointialue. Järjestelmän tuli toimia yhden työntekijän voimin ja tarjota mahdollisimman mukavat ja turvalliset työskentelytilat.</p> <p>Varastoalueen pohjaratkaisun mukaisesti suunniteltiin niin monta pakkausjärjestelmä- ja varastointialueversiota kuin oli mahdollista. Suunnitelmia tuli kuusi, joista Jannpuu Oy:n kanssa valittiin paras. Valintaprosessissa otettiin huomioon logistiikan kannalta järkevin ja joustavin ratkaisu, työntekijän työskentelytilat, varastopaikkojen ja ase- mien suurin mahdollinen määrä, trukille mahdollisimman tilavat ja esteettömät kulkureitit ja valmiiden pakettien nopea siirto lastausovelle.</p> <p>Hankkeen toteutti Jannpuu Oy suunnitelman layout-piirustuksia apuna käyttäen.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	3D-suunnittelu
Säilytyspaikka	<input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Kaktus-tietokanta <input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Mechanical and Production Engineering
Author(s)	
Title Designing the packing system and warehouse area for Jannpuu Oy	
Optional Professional Studies	Instructor(s) Jarmo Happonen
	Commissioned by Jannpuu Oy
Date Spring 2009	Total Number of Pages and Appendices 34 + 23
<p>The purpose of this bachelor`s thesis was to design an packing system and warehouse area for Jannpuu Oy. The system was supposed to work with only one employee and offer as comfortable and secure working conditions as possible.</p> <p>On the basis of the warehouse floor plan was designed as many different packing system and warehouse areas as possible. There were six designs of which were chosen the best with Jannpuu Oy. Choosing was based on following aspects: the most sensible and flexible solution considering the logistics, working conditions of the employee, the great amount of storage and stations, as spacious and free access for forklift truck as possible and fast transfer of finished packages to loading door.</p> <p>Jannpuu Oy will carry out the plan on the ground of the layout drawings.</p>	
Language of Thesis	finnish
Keywords	3D-desingn
Deposited at	<input checked="" type="checkbox"/> Kaktus Database at Kajaani University of Applied Sciences <input checked="" type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 TILAUSOHJATTU LOGISTIIKKA	2
2.1 Logistiikka	2
2.2 Varastointi	3
2.2.1 Varastojen merkitys	4
2.2.2 Varastolayout	5
2.2.3 Varastonohjaus	8
2.3 Tilausohjaus toimintatapana	10
2.3.1 Tilausohjauksen perusmuodot	10
2.3.2 Tilausohjaus kilpailukeinona	13
2.3.3 Tilausohjauksen ja varasto-ohjauksen vertailua	14
3 PAKKAUSJÄRJESTELMÄ- JA VARASTOINTIALUE	17
3.1 Pakkausjärjestelmä- ja varastointialueen lähtökohdat	17
3.2 Yleistä Inventor 3D -suunnitteluohjelmasta	18
3.3 Pakkausjärjestelmä- ja varastointialue	19
3.4 Lähtökohdat, suunnittelu ja toteutus	20
3.5 Vanteituskaveri	28
3.6 Pakkausjärjestelmän toimintaperiaate	30
4 YHTEENVETO	33
LÄHTEET	34
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Jannpuu Oy on vuonna 1992 perustettu perheyritys Kainuussa. Yritys toimii sopimusvalmistajana huonekaluteollisuudelle sekä valmistaa lopputuotteina erilaisia sisustusratkaisuja rakennusteollisuudelle. Jannpuu Oy valmistaa myös pellettiä. Sillä alalla yritys toimi ennen eri yhtiönimikkeellä Jannpellet Oy. Se on nyt vuosi sitten yhdistetty Jannpuu Oy:hyn. Yritys työllistää noin 40 työntekijää Kajaanissa. [1.]

Jannpuu Oy on liimalevyjen ja komponenttien sopimusvalmistaja. Tuotanto jakaantuu pääasiassa mäntyliimalevyihin ja liimalevypohjaisiin komponentteihin. Jannpuu Oy:n tavoitteena on olla markkina-alueen kustannustehokkain valmistaja liimalevypohjaisissa komponenteissa, joiden vuosivolyymi on yli 1 000 000 kappaletta. Pääraaka-aineena on suomalainen mänty, joka hankitaan yleensä lähialueiden sahalaiteksilta. Puun hankinnassa otetaan aina huomioon myös luonnonsuojeluun liittyvät näkökohdat. Hankinta-alueen huippulaatuinen puu ammattitaidolla työstettynä takaa asiakkaalle aina korkealaatuisen tuotteen. Jannpuu Oy on kehittänyt tuotantoaan viime vuosina erittäin voimakkaasti. Tuotantolinjat ovat tuotannollisesti hyvin tehokkaat ja nykyaikaiset. Myös laadunvalvonnan tehostamiseen on panostettu, mitä pyritään kehittämään tuotannon kasvaessa yhä paremmaksi. Tämä näkyy Jannpuu Oy:n kaikesa toiminnassa, tärkeimpänä tietenkin asiakkaat, joilta Jannpuu Oy on saanut paljon positiivista palautetta laadun tasaisuudesta ja toimitusaikojen pitävyydestä. [1.]

Kajaanin tehtaan levytuotannossa toimivat tuotantokoneet ovat kaksi levypuristinlinjaa, jotka ovat kitkapuristimia, kolme hiomalinjaa, kaksi tappikone-poralinjaa, vannesaha, katkaisusahat, cnc-jyrsin ja telapintakäsittelylinja. Telapintakäsittelylinjassa toimii yksi noista kolmesta hiomakoneesta.[1.]

Insinööriyön tavoitteena oli suunnitella Jannpuu Oy:lle pakkausjärjestelmä- ja varastointialue, jota pystyttäisiin pyörittämään ainoastaan yhden työmiehen voimin. Kasvavan tuotannon vuoksi Jannpuulla oli jo kauan ollut hankkeissa tehdä tällainen pakkaus- ja varastointialue. Pakkausjärjestelmä ja varastointialue toteutetaan vanhan varastointialueen paikalle, jonka pinta-ala on noin 500 neliometriä. Suunnitelma on toteutettu Inventor 3D-suunnitteluohjelmalla, jolla toteutetaan kaikki mahdolliset layout-piirustukset ja 3D-kuvat.

2 TILAUSOHJATTU LOGISTIIKKA

2.1 Logistiikka

Logistiikka on ennen kaikkea ajatustapa, toimintojen suunnittelumalli ja toiminnan kehikko. Logistiikka ei ole mikään erillinen toiminto. [2. s. 14.]

Logistiikka voidaan määritellä mm. prosessiksi, jonka avulla hallitaan materiaalivirtaa ja siihen liittyvää palvelua sekä tietovirtaa siten, että toiminnan laatu ja kustannustehokkuus maksimoituvat. [2. s. 14.]

Logistiikasta on lähes tullut tämän päivän muotisana. Ympäri maailmaa yritysjohdolle ja yritysten materiaalitoiminnosta vastaaville henkilöille järjestetään erilaisia logistiikkakursseja. Aihetta pidetään yleisesti uutena ja tuoreena, vaikka sen juuret ovat saaneet alkunsa jo vuosisatoja sitten. Jatkuvasta esilläolostaan huolimatta logistiikan merkitys on kuitenkin vielä monille epäselvä, mikä saattaa osaksi johtua yksiselitteisen määritelmän puutteesta. [3. s. 7.]

Logistiikasta on puhuttu ensimmäisen kerran 1670-luvulla Ranskan armeijassa, jossa sen sisältöön kuului joukkojen materiaalihuolto ja muu huoltotoiminta sekä majoitus. Pohjimmiltaan logistiikan militaarinen näkökulma on painottunut systeemiin tai tuotteen tukemiseen, ja siksi se sisältääkin mm. sellaisia elementtejä kuten ylläpidon suunnittelu, toimitusten tukeminen, koulutus, tietotekninen tuki, pakkaaminen, varastointi ja kuljetus. [3. s. 7.]

Liike-elämän logistiikkaa alettiin yhdistää vasta 1960-luvulla. Logistiikka nähtiin Suomessa vielä 1970-luvullakin lähinnä kuljetus- ja varastointitoimintojen ja niiden synnyttämien kustannusten näkökulmasta, jolloin sen rinnalla käytettiin termiä materiaalihallinta. Vasta 1980-luvun aikana logistiikan painopiste alkoi siirtyä kokonaisvaltaisempaan operatiivisten materiaalitoimintojen tarkasteluun. Logistiikalle on luotu lukuisia määritelmiä, jotka poikkeavat toisistaan määrittelijän lähtökohdasta riippuen. Vaikkakin peruseriaate on kaikissa näkökulmissa sama, saa logistiikan sisältö erilaisen painotuksen käyttötarkoituksensa mukaan. [3. s. 7.]

ELA:n (European Logistics Association) määritelmän mukaan logistiikka on siis materiaalivirran suunnitelmallista ohjausta ja valvontaa, jonka tarkoituksena on tyydyttää lopullisten asiakkaiden tarpeet. Määritelmä sisältää logistisen putken käsitteen eli tavaravirran fyysisen

liikkeen raaka-aineiden ostosta eri valmistus- ja kokoonpanovaiheiden sekä jakelun kautta kuluttajalle. Tärkeitä kohtia ovat myös kustannusten ja pääoman käytön minimointi materiaalin virtausta toteuttaessa. Vastaaventyypisiä suomalaisia logistiikan määreitä on myös kehitetty useita. Uusimmissa määritelmissä pyritään erottamaan logistiikka perinteisemmästä materiaalinhallinnasta korostamalla sen strategista ja asiakaslähtöistä näkökulmaa. Usein myös kierrätys lasketaan kuuluvaksi tavanomaiseen materiaalivirran jatkoksi siihen integroituna kokonaisuutena. [3. s. 7.]

Esimerkiksi markkinointia ja valmistusta on usein pidetty organisaatiossa täysin erillisinä yksikköinä, joiden tavoitteet poikkeavat toisistaan oleellisestikin. Tuotanto suosii ajettavuuden ja tehokkuuden kannalta pitkiä valmistuseriä, vähäisiä tuote-erän vaihtoja ja standardisoituja vakiotuotteita, kun taas markkinointi näkee kilpailuetunsa päinvastaisissa tekijöissä; lyhyissä erissä, joustavassa tuotannossa ja lukuisissa eri tuotevariaatioissa. Logistiikka toimii yhdistävänä lenkkinä organisaatioon eri funktionaalisten osastojen välillä. Vain yhteispelin avulla yritys voi keskittyä toimintansa suunnitteluun ja toteuttamiseen kokonaiskannattavuutta optimoiden, sillä ilman yhteyksien hallintaa tuloksena on erillisten yksiköiden toiminnan osatimointia itsekkäistä lähtökohdista. [3. s. 8.]

Logistiikan tavoitteena on ohjata yrityksen toimintaa siten, että liiketoiminnassa saavutetaan yritykselle edulliset asiakasarvot, kustannustaso ja pääomien sitoutuminen. Mikään näistä osatavoitteista ei voi olla minimoitu tai maksimoitu. Aiheuttaahan esimerkiksi palvelutason kohottaminen jakelufrekvenssiä nostamalla vastaavasti ylimääräisiä operatiivisia kustannuksia ja usein lisäksi sitoutuneen pääoman kasvua. Tämän vuoksi logistiikkaa eniten säätelevä tekijä on asiakkaan tarpeet ja toiveet, ja niin sen mukaisesti määritelty optimaalinen palvelutaso. Lyhyesti sanottuna logistiikan tavoitteena on saada oikea tuote oikeaan paikkaan oikeaan aikaan mahdollisimman pienin kustannuksin halutulla palvelutasolla. [3. s. 9.]

2.2 Varastointi

Varastointi on olennainen osa kaikkia logistisia järjestelmiä. Sillä on merkittävä rooli halutun asiakaspalvelutason luomisessa alhaisimmilla mahdollisilla kustannuksilla. Varastotoiminta on linkki tuottajan ja asiakkaan välillä. Vuosien aikana sen merkitys on kasvanut suhteellisen vähäisestä osasta yrityksen logistista ketjua yhdeksi ketjun merkittävimmistä tekijöistä. Varastointi voidaan määritellä siksi osaksi yrityksen logistiikkajärjestelmää, joka säilyttää tuotteita

(raaka-aineita, osia, keskeneräistä tuotantoa, lopputuotteita) sekä valmistus- ja kulutuspuutteissa että niiden välillä ja joka tuottaa yritysjohdolle informaatiota säilytettävien tuotteiden tilasta, kunnosta ja sijoittelusta. [3. s. 80.]

Pulmat, joita logistiikalla pyritään ratkaisemaan, ovat aina olleet olemassa, samoin kuin ne logistiset toimintamallit, joita ei ennen voitu käyttää tietojen ja siirtonopeuden puutteiden sekä organisaatioiden heikon yhteistoiminnan takia. Siksi logistiikkaketjujen eri pisteissä tapahtuva varastointi oli ja on vieläkin eräs taloudellinen menettelytapa, jolla ratkaistaan kysynnän ja tarjonnan väliset ajalliset, paikalliset ja määrälliset erot ja jolla haetaan myös asiakaspalveluun toimintavarmuutta. Muuttuvat tarpeet ja lisääntyvän yhteistyön merkityksen korostuminen hyvien tulosten aikaansaajana luovat myös logistiikkaketjuihin uusia toimintamalleja ja organisaatioita, jotka tarjoavat uudenlaista palvelua. Niinpä varastojen paikat ja painopisteet vaihtelevat logistiikkaketjuissa. Varastot voivat sijaita esimerkiksi raaka-aine- ja komponenttitoimittajilla, tuotteiden valmistajilla, alihankkijoilla, tukkukaupalla, maahantuojilla, agenteilla, vuokravarastopalveluyrityksillä, huolintaliikkeillä, satamien logistiikkakeskuksilla ja kuljetusliikkeillä. Varastot voivat sijaita lähellä asiakkaita tai valmistajia. Ne voivat olla keskitettyjä tai hajautettuja. [3. s. 80.]

2.2.1 Varastojen merkitys

Varastointia käytetään kaikissa vaiheissa logistista prosessia. Varastoitavat tuotteet voidaan karkeasti jakaa kahteen perusr ryhmään: (1) raaka-aineet, komponentit ja osat (tulologistiikan varastointi) sekä (2) valmiit tuotteet (lähtölogistiikan varastointi, jakelun varastointi). Yrityksissä on usein varastoja myös tuotantoprosessin eri vaiheissa (keskeneräisen tuotannon varastot), mutta nämä muodostavat yleensä vain pienen osan yrityksen kokonaisvarastosta. Miksi yritykset ylipäättään pitävät varastoja? Yleisesti ottaen varastojen käyttäminen on tärkeää seuraavista syistä:

1. Kuljetussäästöjen aikaansaaminen.
2. Tuotantokustannusten vähentäminen.
3. Määrään perustuvien ostoalennusten hyväksikäyttäminen ja etukäteisostot.

4. Tavarann saannin varmistaminen.
5. Asiakaspalvelutason ylläpitäminen.
6. Vaihteleviin markkinaolosuhteisiin sopeutuminen, esim. kausivaihtelu, kysynnän heilahtelu ja kilpailu.
7. Valmistajan ja asiakkaan välillä olevan aika- ja paikkaeron voittaminen.
8. Pienimpien logististen kokonaiskustannusten saavuttaminen halutulla palvelutasolla.
9. Toimittajien ja asiakkaiden JIT(Just In Time)-toimintatapojen tukeminen.

Varastoja voidaan käyttää valmistuksen tukemiseen. Niissä voidaan myös yhdistää useiden tuotantolaitosten valmistamia tuotteita yhdeksi lähetysräksi yhdelle asiakkaalle. Varastoissa hajotetaan tai jaetaan usein tuotteen suuria lähetysriä moniksi pieniksi toimituseriksi tyydyttämään useiden asiakkaiden tarpeet. Päinvastaisesti varastoja käytetään myös useampien pienten tuote-erien yhdistämiseen suuremmiksi lähetysriksi. [3. s. 81.]

.

2.2.2 Varastolayout

Yksi varastoinnin suunnittelua koskeva kysymys on se, minkälainen varastolayout toimisi käytännössä kaikkein parhaimmin. Ratkaisulla on suuri merkitys varaston tehokkuuteen ja tuottavuuteen. Hyvä varastolayout voi:

1. Lisätä varaston läpimenoa.
2. Parantaa tuotteiden virtausta.
3. Vähentää kustannuksia.
4. Kasvattaa asiakaspalvelutasa.
5. Tuottaa henkilöstölle paremmat työolosuhteet.

Optimaalinen varastolayout vaihtelee yrityksittäin varastoitavien tuotteiden ominaisuuksien, yrityksen taloudellisten resurssien, kilpailuympäristön ja asiakastarpeiden mukaan. Tämän lisäksi layoutista vastaavan suunnittelijan tulee tarkastella useita henkilökustannusten sekä informaatiokustannusten välisiä suhteita. Esimerkiksi kalliimman ja tehokkaamman materiaalinkäsittelylaitteen hankinta saattaa vaikuttaa varastomäärien optimaaliseen kokoon.

Järjestelmällistä varastolayoutin suunnittelua voidaan toteuttaa esimerkiksi seitsemänvaiheisen toimintaohjeen mukaan:

1. Laaditaan tuotelinjan kasvuennuste ainakin viiden vuoden ajalle tulevaisuuteen.
2. Analysoidaan tuotelinjaa, liikutettavia tuotemääriä, materiaalin virtausta ja näihin tarvittavaa varastotilaa.
3. Analysoidaan materiaalinkäsittelylaitteille asetettuja vaatimuksia.
4. Laaditaan varastotilalle asetetut vaatimukset noin viiden vuoden ajalle eteenpäin, mikäli mahdollista.
5. Selvitetään kaikkien varastotoimintojen – lähettäminen, vastaanotto, tilauksen keruu, pakkaaminen, varastointi, tuotepalautusten käsittely, jne. – väliset suhteet ja niiden läheisyys toisiinsa.
6. Luodaan useita vaihtoehtoisia layout-malleja.
7. Valitaan paras layout-vaihtoehto ja tarkennetaan sitä yksityiskohtaisemmaksi.

Esimerkkinä tuotteiden sijoittelusta ja järjestämisestä varastossa voidaan mainita satunnaisen paikan ja osoitetun paikan varastot. Satunnaisen paikan varastossa tuotteet sijoitetaan lähimpään vapaana olevaan varastopaikkaan – aukkoon, laatikkoon tai hyllyyn. Niiden varastosta otto tapahtuu FIFO-periaatteella (first-in, first-out). Satunnaisen paikan varastossa tilankäyttö maksimoituu, mutta tilauksia kerätessä välimatkat eri pisteiden välillä saattavat muodostua pitkiksi. Näissä varastoissa käytetään usein tietokoneen ohjaamia, automaattisia varastointi- ja keräysjärjestelmiä, jotka vähentävät henkilöstö- ja käsittelykustannuksia. Osoitetun paikan varastossa taas jokaista tuotetta varastoidaan pysyvästi sille erikseen varatussa paikassa. Tätä järjestelymenetelmää käytetään yleensä varastoissa, joissa tuotteiden säilöönpano ja keräys tapahtuvat manuaalisesti. [3. s. 106-107.]

Varastossa säilytettävät tuotteet voidaan ryhmittää niiden yhteensopivuuden, täydennettävyyden tai menekin mukaan. Yhteensopivuudella tarkoitetaan sitä, kuinka hyvin tuotteita voidaan varastoida yhdessä. Esimerkiksi monia elintarvikkeita ja lääkkeitä ei voi säilyttää yhdessä maatalouskemikaalien kanssa, sillä laki kieltää sen mahdollisten terveydellisten haittavaikutusten vuoksi. Täydennettävyyys viittaa siihen, kuinka usein eri tuotteita tilataan yhdessä, ja siten myös varastoidaan yhdessä. Tietokoneiden kovalevyt ja monitorit, lyijykynät ja kuulakärkikynät sekä pöydät ja tuolit ovat esimerkkejä täydennettävistä tuotteista, joita usein säilytetään toistensa välittömässä läheisyydessä. Menekki vaikuttaa siihen, että eri tuotteilla on erilaiset varaston kiertonopeudet ja läpimenot. Sen vuoksi sellaiset tuotteet, joiden kysyntä on suuri, tulisi varastoida lähimpänä lähetys- ja vastaanottolaitureita. Hitaasti kiertävät hyödykkeet voidaan pitää kauempana näistä pisteistä. Esimerkiksi elintarvikkeiden tukkumyyjän varastossa perusruokatarvikkeet varastoidaan lähettämön vieressä, kun taas pienempimennekkiset erikoistuotteet sijoitetaan kauemmas varaston muille alueille. [3. s.107-108.]

Varaston sisäisen layoutin lisäksi on syytä kiinnittää riittävästi huomiota myös ulkoisten rakenteiden suunnitteluun. Näistä kenties merkittävimpiä ovat purkaus- ja lastauslaiturit. Vastaanoton ja lähettämisen vaatimat tilat ovat tyypiltään samanlaisia. Usein ne ovatkin toisiinsa sulautuneina siten, että käytännössä ei tehdä eroa vastaanottoon ja lähettämiseen käytettävien tilojen välillä. Näin vältetään ajoneuvon siirtämistä paikasta toiseen kuorman purkauksen ja uuden kuorman lastauksen välillä. Kun tunnetaan käytettävien ajoneuvojen tyypit ja kuormakoot, voidaan kunkin laituripaikan vastaanottoalueen koko määrittellä kokemukseräisesti kyseiseen toimintatapaan sopivaksi. Laituripaikkojen lukumäärä voidaan laskea jakamalla vastaanoton tai lähettämön mitoitusvolyymi valitun tyyppisen ovalueen kapasiteetilla. Toisena vaihtoehtona on käyttää apuna tulevien ja lähtevien autojen aikatauluja, asetettujen odotusaikojen maksimia ja keskimääräistä purku- tai lastausaikaa. [3. s. 108-109.]

2.2.3 Varastonohjaus

Varastonohjaus ja varastointi sekoitetaan suomen kielessä usein toisiinsa, vaikkakin niiden sisältö poikkeaa toisistaan varsin oleellisesti. Varastoinnista puhuttaessa tarkoitetaan fyysisiä varastotiloja, niiden suunnittelua sekä varastossa tapahtuvia toimintoja. Varastonohjauksella puolestaan tarkoitetaan varastoihin sitoutuvan pääoman hallintaa ja materiaalivirtojen ohjausta. Toisin sanoen varastointiin liittyvillä päätöksillä luodaan puitteet yrityksen varastotoiminnalle (esim. varastojen koko, lukumäärä, tehtävä, varastotekniikka), ja varastonohjauksella hallitaan yrityksen materiaalivirtoja siten, että haluttu asiakaspalvelutaso kyetään ylläpitämään mahdollisimman pienin operatiivisin kustannuksin. Esimerkiksi varastokoko ilmaisee varastoinnin yhteydessä tuotteiden säilyttämiseen käytettävien tilojen suuruutta, kun taas varastonohjauksen yhteydessä sen on totuttu kuvaavan varastotiloissa olevien tuotteiden määrää. [3. s. 108-109.]

Tässä luvussa tarkastellaan niitä syitä, joiden vuoksi yritykset varastoivat raaka-aineitaan, lopputuotteitaan tai muuta materiaalia. Näitä syitä ovat mm. seuraavat:

- **Volyymietujen saavuttaminen.** Materiaalivarasto on usein välttämätön, jotta yritykset voisivat saavuttaa economics of scale -etuja ostoissa, kuljetuksissa tai valmistuksessa. Suuremmat ostoerät mahdollistavat ostomäärän perustuvien alennusten hyväksikäytön, ja samalla myös tuoteyksikkökohtaiset kuljetuskustannukset laskevat. Myös valmiiden tuotteiden puolella voidaan saavuttaa vastaavalla tavalla kuljetuskustannussäästöjä, mutta suuremmat toimituserät edellyttävät korkeampia varastotasoja tuotantolaitoksen varastoissa ja jakeluvälineistöissä. Mikäli valmiiden tuotteiden varastoa tehtaalla voidaan kasvattaa, voidaan tuotannossa valmistaa pidempiä sarjoja, minkä johdosta yksikkökohtaiset valmistuskustannukset laskevat. [3. s. 109.]

- **Kysynnän ja tarjonnan tasapainottaminen.** Kysynnän tai tarjonnan kausiluonteisuus voi tehdä materiaalivarastojen ylläpidon välttämättömäksi. Mikäli tuotteen kysyntä ajoittuu muutamisiin huippuihin, saattaisivat tuotannon kapasiteetti ja normaalit henkilöstöresurssit huipukysynnän aikana olla liian vähäiset yrityksen valmistaessa kysynnän mukaan. Kokonaiskustannukset voisivat jäädä pienemmiksi, mikäli yritys valmistaisi tasaisesti läpi vuoden ja nostaisi varastotasoa alhaisen kysynnän aikana. Toisaalta tuotteen kysyntä voi olla vakaa, mutta raaka-aineet ovat saatavilla ainoastaan tiettyinä ajankohtina vuodessa. [3. s. 110.]

- **Erikoistuminen.** Varaston ansiosta yrityksen kaikkien tuotantolaitosten on mahdollista erikoistua valmistamiinsa tuotteisiin. Valmiit tuotteet voidaan kuljettaa tehtailta suuriin, yhdisteleviin terminaaleihin, joissa niistä muodostetaan asiakastilausten mukaisia toimituseriä sekä jatkokuljetuseriä aluevarastoihin. Pitkien valmistuserien ja suurten kuljetuserien tuomat säästöt ovat usein suuremmat kuin lisääntyneestä tavaran käsittelystä syntyneet kustannukset. [3. s. 110.]

- **Suojautuminen epävarmuutta vastaan.** Varastoa voidaan käyttää myös epävarmuudelta suojautumiseen. Ylimääräisten raaka-ainevarastojen pitäminen voi olla perusteltua, mikäli yritys olettaa kyseessä olevan raaka-aineen hinnan nousevan lähitulevaisuudessa tai mikäli sen saannissa saattaa esiintyä ongelmia. Keskeneräisen tuotannon varastoja käytetään usein tasa-painottamaan materiaalivirtaa ja ylläpitämään valmistusprosessia laiterikkojen varalta. Lopputuotevarastoja voidaan käyttää asiakaspalvelutason parantamiseen, sillä niiden kasvattaminen estää varastoitavien tuotteiden loppumista ennakoitua suuremman kysynnän tai tuotantohäiriöiden tapauksissa. [3. s. 110.]

- **Varasto puskurina.** Varastoja käytetään puskureina koko jakelukanavan läpi seuraavia rajapintoja varten: toimittaja-hankinta, hankinta-tuotanto, tuotanto-markkinointi, markkinointi-jakelu, jakelu-välittäjä, välittäjä-kuluttaja. Koska logistisen kanavan jäsenet sijaitsevat erillään toisistaan, varastojen pitäminen kaikkialla jakelukanavassa on usein välttämätöntä, jotta aika- ja paikkaetujen saavuttaminen voisi olla mahdollista. [3. s.110.]

Kaikista eduista huolimatta varastoihin tuotteiden ja muun materiaalin muodossa sitoutunut pääoma muodostaa yritykselle huomattavan kustannusrasitteen. Varastotasojen pudottaminen onkin ollut viime vuosina yksi tärkeimpiä ratkaisuja yrityksen logistiikkaa kehittäessä. Mitä korkeampi markkinoilla vallitseva yleinen korkotaso on, sitä suurempi on pyrkimys logistiikan tehostamiseen sitoutunutta pääomaa karsimalla. Oikean varastotason määrittely on aina yrityskohtainen ratkaisu, ja se perustuu syntyvien kustannusten ja halutun asiakaspalvelutason väliseen kompromissiin. [3. s. 111.]

2.3 Tilausohjaus toimintatapana

Massatuotannossa ja sarjallisessa tuotannossa tuotetaan suuria määriä samanlaisia tuotteita, jolloin raaka-aineita, materiaaleja ja lopputuotteita joudutaan lähes aina varastoimaan. Mikäli tuotteet kuitenkin ovat sellaisia, ettei niitä syystä tai toisesta voida tai kannata tuottaa varastoon, on ne tuotettava vasta tilauksen perusteella. Tilauksen tuottaminen, tilaukseen kokoaminen ja tilauksen suunnittelu, joka usein sisältää myös tuotteen varsinaisen valmistamisen joko itse tai alihankkijoiden avulla, ovat tyypillisiä perusmalleja tilausohjatussa toiminnassa. Projekteja voidaan pitää joko tilaukseen suunnittelun erityistapauksena tai, varsinkin, jos projektin toteutus viedään työmaalle tai asiakkaan tiloihin, aivan omana ohjausympäristönään. [4. s. 53.]

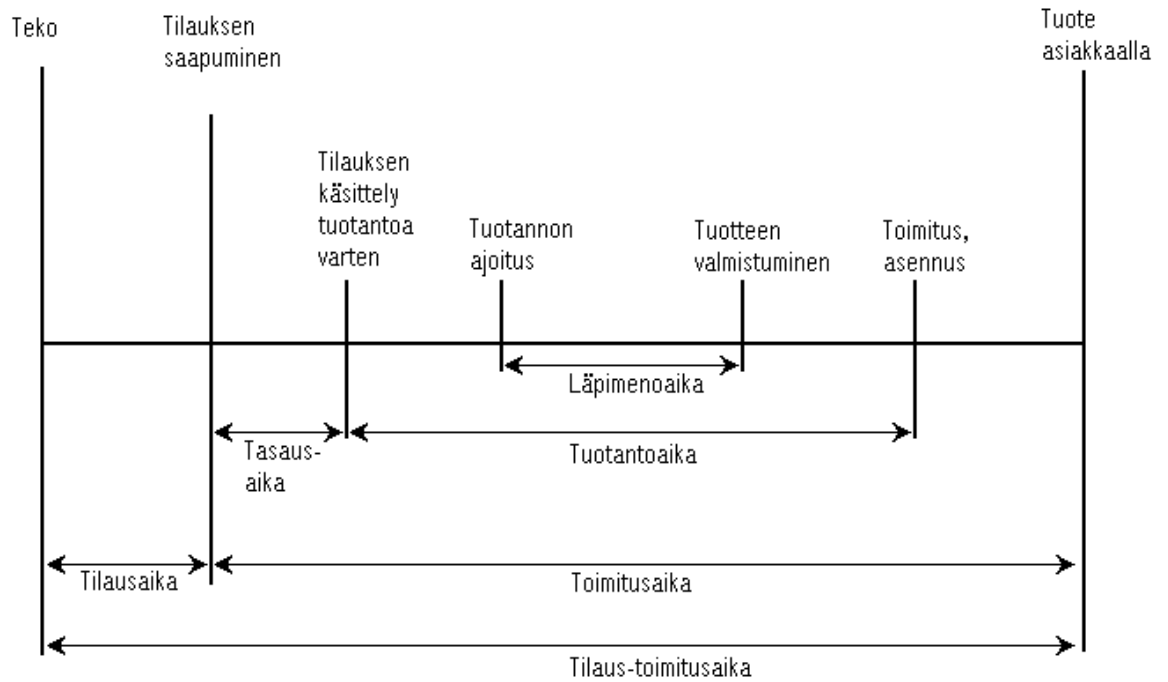
Tilausohjauksen luonnollisin alue ovat pienen volyymin nk. ei-standardituotteet, kun taas pitkälle standardoidut massatuotteet näyttävät, ainakin päällisin puolin, olevan pääehdokkaita varasto-ohjatuksi tuotteiksi. Näiden kahden ääripään väliin ei kuitenkaan ole yleisesti onnistuttu vetämään mitään selvää rajaa, sillä joillain tuotannon aloilla jo pelkät talouden ja kysynnän syklit voivat aiheuttaa muutoksia ohjauslogiikassa. Tuotanto voi siirtyä korkean kysynnän aikana puhtaasti tilauspohjaiseksi, kun taas matalan kysynnän aikana päädytään tekemään (ainakin osalla kapasiteettia) tuotteita varastoon. Lisäksi jotkut tuotteet siirtyvät markkinamenestyksensä myötä suuren volyymin massatuotteiksi, jolloin tuotannon ja ohjauksen lähtökohdat ja menetelmät saattavat muuttua jyrkästi ajan kuluessa. Jatkuvan prosessin koko kapasiteetti voi jopa joskus olla allokoitu yhdelle asiakkaalle. [4. s. 54-55.]

2.3.1 Tilausohjauksen perusmuodot

Tässä tilausohjauksen muodoiksi määritellään tuotanto tilaukseen, kokoaminen tilaukseen ja suunnittelu tilaukseen. Kun tuotetaan tilaukseen (MTO, Manufacture To Order), on käytävissä etukäteen hyvin tarkka tieto tuotteen rakenteesta, tarvittavista tuotantoajoista ja syntyvistä kustannuksista sekä raaka-aineiden hankinnasta. Tilauksen raaka-aineet, materiaalit ja kapasiteetti ajoitetaan ja kohdistetaan varsin valmiin tuotekohtaisen informaation avulla siten, että tuote tai erä kyetään tuottamaan halutun toimitusajan puitteissa. [4. s. 55.]

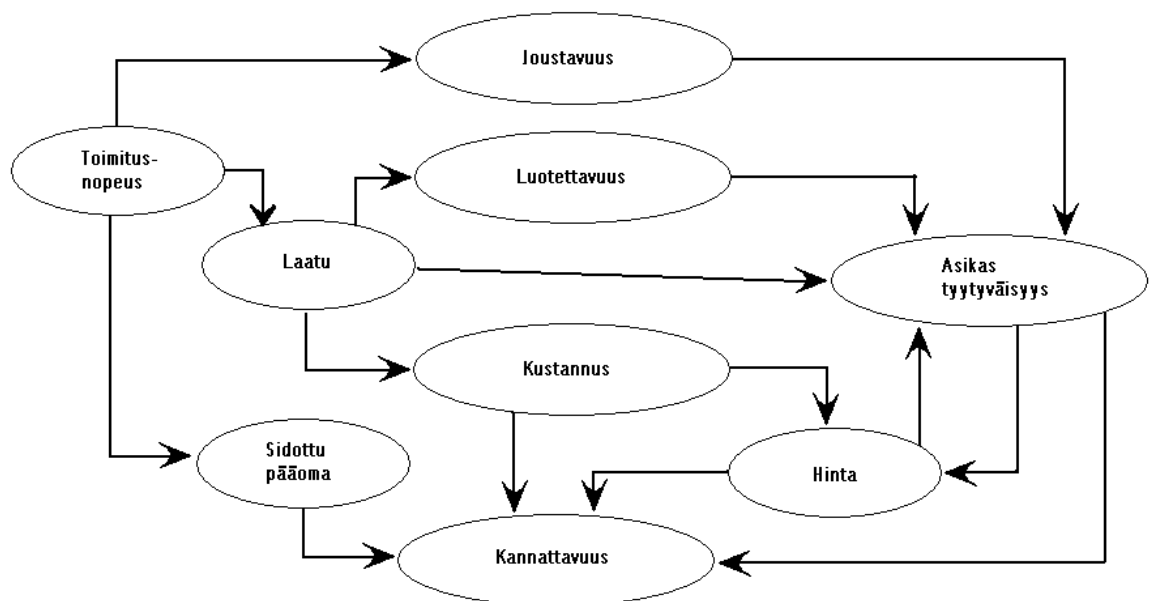
Kun tuote kootaan tilaukseen (ATO, Assemble To Order), on suunnittelulla käytettävissä geneeristä tuotetietoa ja yleistä tuotteiden rakennetietoa tyypillisine aika- ja kustannusarvoineen. Tilauskohtaisen hankinnan kohteena ovat nyt komponentit, osarakenteet ja materiaalit. Myös oma ja alihankkijoiden kapasiteetti ajoitetaan tilaukseen ja ensisijaisesti toimitusaikaan perustuen. Tilaukseen suunniteltaessa (DTO, Design To Order) yleensä taustalla on jo olemassa tietoa samantyyppisistä tuotteista, mutta lopullinen tuotetieto on kuitenkin tapauskohtaista ja usein myös suunnittelun mukana muuttuvaa. Ajoitus materiaaleille ja tuotannolle tapahtuukin tällöin projektipohjaisesti. [4. s. 55.]

Kun tuotetaan varastoon, aika koetaan passiivisena vastustajana sen sijaan, että sitä käytettäisiin kilpailukeinona. Toimintaa kehitettäessä tilausohjautuvaan suuntaan on aika, eräs tehokkuuden keskeisimmistä mittareista, saatava tehokkaasti hyödynnetyksi. Onhan aika useimmiten paras ja kansainvälisesti yhtenäisin mittayksikkö reagointikyvyille sekä tuotannossa että logistiikassa. Keskeiseksi haasteeksi ja kilpailukeinoksi tilausohjautuvassa toiminnassa tulee kokonaisviiveen lyhentäminen. Kokonaisviive on aika asiakkaan tilaushetkestä siihen hetkeen, jolloin tuote on lopullisesti toimintavalmiina asiakkaalla. Tyypilliseen asiakastilaukseen liittyvät tilaus-toimitusjakson aikakomponentit ovat sisäkkäisiä (Kuva 1.). Kokonaisajan lyhentäminen ei kuitenkaan saa heikentää tuotteen laatua tai nostaa kohtuuttomasti tuotteen hintaa, vaan usein vaatimukset ovat aivan päinvastaiset. Useilla toimialoilla on tehty lähes kaikki varsinaisen tuotannon läpimenoajan lyhentämiseksi, mutta samalla on voitu unohtaa muut tilaus-toimitusajan osuudet taka-alalle. [4. s. 56.]



Kuva 1. Tilaus-toimitusviiveen aikakomponentit. [4. s. 57.]

Ajan tiivistämisen osalta on havaittu kuvan 2 mukaisia asiakastyytyväisyyden ja yrityksen kannattavuuden syy-seuraussuhteita. Joillain toimialoilla aikaperusteisesti kilpailevilla yrityksillä on havaittu 10 - 20 % alhaisemmat tuotanto- ja asiakaspalveluskustannukset kuin varastoiden toimivilla kilpailijoilla. [4. s. 57.]



Kuva 2. Lyhyen toimitusajan vaikutuksia asiakastyytyväisyyteen ja toiminnan kannattavuuteen. [4. s. 58.]

2.3.2 Tilausohjaus kilpailukeinona

Aikaa kilpailukeinona käyttävät yritykset pyrkivät lyhentämään tilaus-toimitusaikaa tai tarjoamaan enemmän asiakaskohtaisia ominaisuuksia muutoin samoilla ehdoilla kuin kilpailijat. Sisäisen tehostamisen pääkeinona ovat materiaali- ja informaatiovirtojen tehostaminen ja tasapainottaminen yrityksessä ja omien komponentti- ja materiaalivarastojen tehokkaampi hallinta, joka tapahtuu usein alihankkijoiden kanssa ajoitusta yhdessä parantaen. [4. s. 58.]

Tilaus-toimitusviiveen tiivistäminen on sinänsä yritykselle kilpailutekijä, sillä nopea yritys kykenee saamaan tilauksia, joiden tiukkaan toimitusaikaan hitaammin toimivat kilpailijat eivät kykene sitoutumaan. Samalla voidaan saada merkittäviä säästöjä KET:n (keskeneräinen työ), varastojen ja yleiskustannusten osalta. Ongelmaksi muodostuvat kuitenkin töiden ajoitus ja kapasiteetin hallinta. Myös raaka-aineiden ja komponenttien pitkä toimitusviive tai epävarma saatavuus aiheuttavat aiempaa näkyvämpiä ongelmia. Joskus, hankintojen aikaviiveistä johtuen, yritys voi joutua itse varastoimaan sellaisia raaka-aineita ja komponentteja, joita markkinat tai yhteistyökumppanit eivät kykene toimittamaan riittävän nopeasti. Tällöin yrityksellä ei ole muuta vaihtoehtoa kuin joko itse tai jonkin yhteistyökumppanin avulla varastoida näitä komponentteja tarvittava kuukausiennustetta vastaava määrä. [4. s. 58-59.]

Asiakaskohtaisuuden kasvattaminen on sekä keino erottautua kilpailijoista että samalla sitoa asiakasta entistä enemmän. Kun asiakas voi määrittellä tuotteen ominaisuuksia aiempaa myöhemmin toimitusprosessin kuluessa, voidaan kehittää lopputuotteen sopivuutta asiakkaan tarpeisiin ja saada myös aiempaa tarkempi toimitusaikaennuste. [4. s. 59.]

Kun tuottaja ei joudu sitomaan omaa pääomaansa hyvin aikaisin, päinvastoin kuin hitaassa tilaus-tuotanto-toimitusketjussa, hän voi tarjota omaan nopeaan tuotantoonsa rytmitettyä maksuaikataulua. Mikäli muut viiveet, kuten tilauksen, tuotannon ja toimituksen viiveet, saadaan minimoitua, yritykselle jää enemmän aikaa tuotannon tasaamiseen ja alihankinnan, komponenttien ja raaka-aineiden ajoittamiseen, minkä seurauksena kustannukset pysyvät paremmin kurissa. Vaihtoehtona tälle on joustava tuotantokapasiteetti, joka vaatii yleensä enemmän investointeja. Joustavan tuotantokapasiteetin yleinen ongelma verrattaessa konventionaaliseen jäykkään kapasiteettiin on taas kappalemääräisen kokonaistuotannon aleneminen johtuen useammin tapahtuvista eränvaihdosta. Etuna, tosin joskus hyvin kyseenalaisena, on tietysti kyky tuottaa enemmän variaatioita samalla laiteinvestoinneilla. [4. s. 59.]

Luvatuissa toimitusajoissa on ehkä turhaa löysää, joka tulisi aina poistaa ensimmäisenä tehokkuutta tavoiteltaessa. Aikaa tehokkaasti käyttävä yritys voi saada myös nk. aikavoittoa, joka perustuu osittain ajoitusetuun ja osittain, verrattaessa hitaampiin toimittajiin, pääomakustannusetuun. Usein uskotaan täsmällisemmän ajoituksen riittävän ratkaisuksi, mutta käytännön havaintojen mukaan paras keino parantaa täsmällisyyttä on tiivistää ja yhtenäistää tilaus-toimitusaikaa. Pelkkä ajoituksen parantaminen tapahtuu usein virheellisesti ajatellen varamalla koko prosessille aiempaa enemmän aikaa. Tämän seurauksena voidaan saada yhä enemmän uusia ongelmia ja viivästyksiä. [4. s. 60.]

2.3.3 Tilausohjauksen ja varasto-ohjauksen vertailua

Varasto-ohjatussa järjestelmässä toiminta jakautuu kahteen eri osuuteen, varaston täydennykseen ja varastosta kuluttamiseen, joita yhdistää itse varasto. Toimintojen koordinointi tapahtuu varaston tilannetta seuraamalla ja sen muutoksiin reagoimalla. Asiakas pidetään puolestaan tyypillisesti kaukana ”kädenmitan etäisyydellä” toimittajasta. Varasto on pahimmillaan epäkuranttien tuotteiden ja vanhenevien työntekijöiden lepokoti sen sijaan, että sitä käytettäisiin kilpailukeinona. [4. s. 63.]

Tilausohjattu järjestelmä muodostaa yhden periaatteessa mahdollisimman yhtenäiseksi hiotun toimintojen ketjun, joka lähtee toimimaan asiakkaan tilauksesta saaden lopussa asiakkaalta hyväksymiskuitituksen. Tämä toimintojen yhteen hiominen ei läheskään aina toteudu halutulle tasolle asti, sillä myös tilausohjatussa järjestelmässä tapahtuu tehtävien, raaka-aineiden, informaation ja tuotteiden siirtelyä eri henkilöiden välillä, kapasiteetit eivät aina ole läheskään tasapainossa jne. [4. s. 63.]

Varasto-ohjattu logistiikka liittyy usein massatuotantoon ja on rakenteeltaan leviävä. Tilausohjattu logistiikka taas liittyy tyypillisesti erillisten yksiköiden tuottamiseen ja on perusluonteeltaan kokoava. Näiden kahden logistiikan pääerot ovat hyvin merkittäviä (taulukko 1.). [4. s. 64.]

Taulukko 1. Kokoavan ja leviävän logistiikan perusominaisuudet. [4. s.64.]

Liiketoiminnan perustyyppi	Tuote kerrallaan	Massatuotanto
Tuotantotyyppi	tilaukseen	varastoon
Ohjaus	imu	työntö
Volyymi	pieni	suuri
Tuotteet	investointihyödykkeitä	kulutustavaraa, komponentteja
Asiakasfokus	yksittäinen	markkinaosuus
Tuotekohtainen työpanos	paljon	vähän
Prosessikehitys	vähän	paljon
Säästökohteet	projektihallinta	kuljetus, varastointi, työvaiheet
Tavoitteet	täsmällisyys, toimitusaika, laatu	laatu, hinta, saatavuus
Prosessin yhtenäisyys	tiukasti liitetty	varastojen erottama

Tilausohjatussa toiminnassa tuote tai erä suunnitellaan, tuotetaan tai kootaan tilaukseen. Varastoivassa eli työntöorientoituneessa järjestelmässä taas pyritään viemään tuotteet jo etukäteen lähelle markkinoita. Tilauksen penetraatiopiste kuvaa sitä pistettä, josta lähtien alavirtaan eli loppuasiakkaaseen päin toimitaan täysin tilausvetoisesti. Penetraatiopiste on samalla viimeinen vaihe, jossa pidetään yleensäkin fyysisiä varastoja. Mitä kauempana asiakkaasta ylävirtaan päin joko ajallisesti tai paikallisesti varasto kyetään pitämään, sen vähemmän joudutaan pääomakustannusongelmien eteen ja sen tiiviimmäksi on taas tuotteen toimituksen loppuosuus rakennettava. [4. s. 64-65.]

Varastoon tuotaessa ennusteiden alueittainen ja aikajaksottainen tarkkuus on olennaista. Tilaukseen kokoamisessa keskeistä on asiakkaille annettujen toimitusaikaennusteiden pitävyys. Apuna ovat tuotantosuunnitelmien jäädyttäminen ja myytävissä olevan kapasiteetin ja toimitusajan hallinta mm. kysyntä- ja suunnittelukynnysten siirron avulla. Tilaukseen suunnittelemisessa jo saatujen asiakastilausten hallinta muodostaa toiminnan ytimen. Vaikeuksia luo se, että tilaukset eivät ole välttämättä loppuun asti määriteltyjä, vaan mm. tuotesuunnitteluun ja hankintoihin joudutaan varaamaan aikaa. Tällöin hallinnan keinona ovat tarkentuva suunnittelutasoinen osaluettelo ja jatkuva, tarkka tilaus- ja projektiseuranta. [4. s. 65.]

Määräpuskurointi eli varastointi, aikapuskurointi (riittävän ennakkotiedon saanti tai suhteessa pitkä toimitusaika) ja kapasiteettipuskurointi ovat useimmiten toisensa poissulkevia vaihtoehtoja. Määräpuskurointi ja kapasiteettipuskurointi kilpailevat yrityksen pääomasta, sillä määräpuskurointi sijoittaisi pääoman varastoon tavaroihin odottamaan kysyntää ja kapasiteettipuskurointi tuotannollisiin laitteistoihin. Informaatiojärjestelmien ja tiedonsiirron kehittyminen antavat kuitenkin molemmissa tapauksissa mahdollisuuksia käyttää yhä paremmin aikapuskurointia apukeinona. [4. s. 65-66.]

3 PAKKAUSJÄRJESTELMÄ- JA VARASTOINTIALUE

3.1 Pakkausjärjestelmä- ja varastointialueen lähtökohdat

Pakkausjärjestelmä- ja varastointialueen suunnittelu lähti käyntiin jo työharjoittelussa Jannpuu Oy:llä. Jannpuu Oy:llä oli ollut jo kauan hankkeissa tehdä kasvavan tuotannon vuoksi tällainen pakkausjärjestelmä- ja varastointialue, jonka käyttämiseen tarvittaisiin vain yksi työmies. Keskusteltaessa puhelimitse työharjoittelupaikasta tietoon tuli, että täällä olisi tällainen projekti tulossa. Aihe oli innostava ja projekti mahdollisti suunnittelumuodon, jota Jannpuu ei ollut kokeillut tai kukaan muu sille tehnyt. Suunnittelumuodon erikoisuutena yritykselle oli se, että suunnitelmat tapahtuivat 3D-muodossa, josta on helppo tarkastella, miltä pakkausjärjestelmä- ja varastointialue tulee näyttämään valmiina. 3D-maailmassa oli helppo visualisoida pakkausjärjestelmän ongelmakohtia ja sitä mikä olisi logistisesti kannattavin ja hyödyllisin vaihtoehto. Jannpuun toiveesta suunniteltiin kuusi erilaista versiota pakkausjärjestelmä- ja varastointialueesta, josta on enemmän tietoa luvussa 3.4. Automaattinen pakkausjärjestelmä- ja varastointialue toteutetaan vanhan varastointialueen paikalle, jonka pinta-ala on noin 500 neliometriä. Mallintaminen alkoi varastoalueen mitoituksella, jonka jälkeen mitoituksien pohjalta suunniteltiin varastoalueesta 3D-mallinnus. Tätä varastoalueen 3D-mallinnuspohjaa käytettiin jokaisessa eri versiossa, tietenkin muokaten aina tarvittavalla tavalla ja huomioon ottaen kaikki varastohallin kannatinrakenteet, joita ei voinut muunnella mallinnuksessa.

Suurin osa pakkausjärjestelmästä oli ostettu Tanskasta huutokaupasta. Pakkausjärjestelmä sisälsi seuraavat järjestelmän osat: Reo-pack-niminen automaattinen paketoitinkone, kaksi Q-system-merkkistä motorisoitua rullakuljetinlinjastoa, joiden pituus oli viisi metriä, Q-system-merkkinen siirtovaunu, joka kuljetti valmiit paketit kiskoja pitkin lastausasemiin, ohjauskaappi, joka toimi Siemensin logiikalla, kaksi asemien ohjauskytkintä, joilla pystytään manuaalisesti ohjaamaan valmiit paketit halutulle asemalle ja kaksi asemiin tarkoitettua erilaista rullalinjastoa, jotka olivat pituudeltaan neljä ja kolme metriä ja molempia oli yhteensä 16 kappaletta.

Suunnitelma on toteutettu Inventor 3D-suunnitteluohjelmalla, jolla tehdään kaikki mahdolliset layout-piirustukset ja 3D-kuvat.

Jannpuu Oy antoi seuraavanlaisia ehtoja, joita suunnitelmissa täytyi ottaa huomioon:

- Suunnitella varastotilojen koko ainakin viiden vuoden päähän Jannpuun kasvavan tuotannon vuoksi.
- Antaa työntekijöille parhaat mahdolliset työolosuhteet.
- Suunnitella logistisesti mahdollisimman joustava kokonaisuus, jotta valmiiden pakettien kuljettaminen lähtölaiturille saataisiin mahdollisimman helpoksi.
- Saada lavatelineiden määrä niin suureksi kuin on mahdollista.
- Huomioida trukille esteettömät ja mahdollisimman tilavat kulkureitit.
- Pyrkiä pitämään varaston tilat mahdollisimman puhtaana tuotantopuolelta tulevasta puupölystä.
- Suunnitella tuotannosta tuleville paketeille ennen paketoimista puhdistusalue, jossa imuroidaan paketeista puupöly pois.
- Huomioida tuotantotilojen ja varastoalueen korkeusero suunnitelmissa. Lattiatasojen korkeusero oli 770 cm.

3.2 Yleistä Inventor 3D -suunnitteluohjelmasta

Inventor on AutoCAD:in tekijänä tunnetun amerikkalaisen Autodeskin valmistama mekaniikkasuunnitteluun tarkoitettu 3D-ohjelmisto. Inventorin ensimmäinen versio esiteltiin 1990-luvun loppupuolella.

Autodesk Inventor lukee ja kirjoittaa dwg-tiedostoja ja on näin ollen yhteensopiva AutoCAD-pohjaisten tuotteiden kanssa.

3D-suunnittelun etuja:

- 3D-malleja voi hyödyntää esim. lujuustarkasteluissa ja visualisoinneissa.
- 3D-mallinnus mahdollistaa 2D-piirustusten nopean luonnin ja muokkaamisen.
- 3D-mallit voivat sisältää paljon enemmän tietoa kuin pelkät 2D-piirustukset, laskennoista dokumentaatioon. [5. s. 1.]

3.3 Pakkausjärjestelmä- ja varastointialue

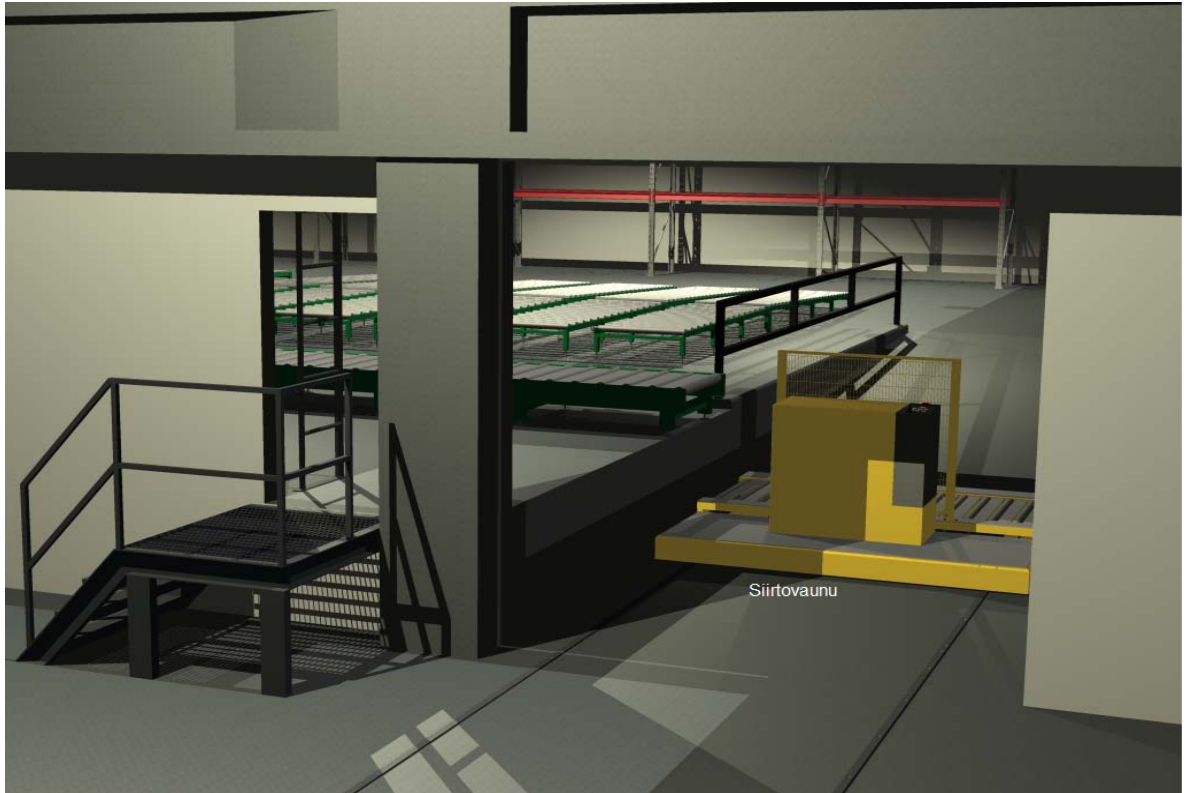
Tässä osiossa esitellään Jannpuu Oy:n valitsema versio pakkausjärjestelmästä ja varastointialueesta. Tämä versio, jonka Jannpuu Oy valitsi kuudesta suunnitellusta versiosta, oli ensimmäinen, joka näistä versioista suunniteltiin. Tämä ratkaisu osoittautui parhaimmaksi ratkaisuksi monessakin asiassa, kuten:

- Logistisesti joustavin.
- Tuotteiden asemapaikkojen määrä saatiin suurimmaksi. Asemapaikat ovat myös mahdollisimman lähellä lastauslaituria. Asemapaikkoihin mahtuu minimissään 40 pakettia ja maksimissaan 70 pakettia riippuen pakettien koosta.
- Lavatelineiden määrä saatiin suurimmaksi. Paikkoja on 162 paketille.
- Työtasolla parhain mahdollinen liikkumatila työntekijälle.
- Puhdistustason paikka sijoitettiin tuotannon puolelle, millä saatiin paremmin ehkäistyä puupölyn siirtyminen varastoalueen puolelle.
- Trukin kulkureittien tilat saatiin suuremmiksi kuin muissa versioissa.

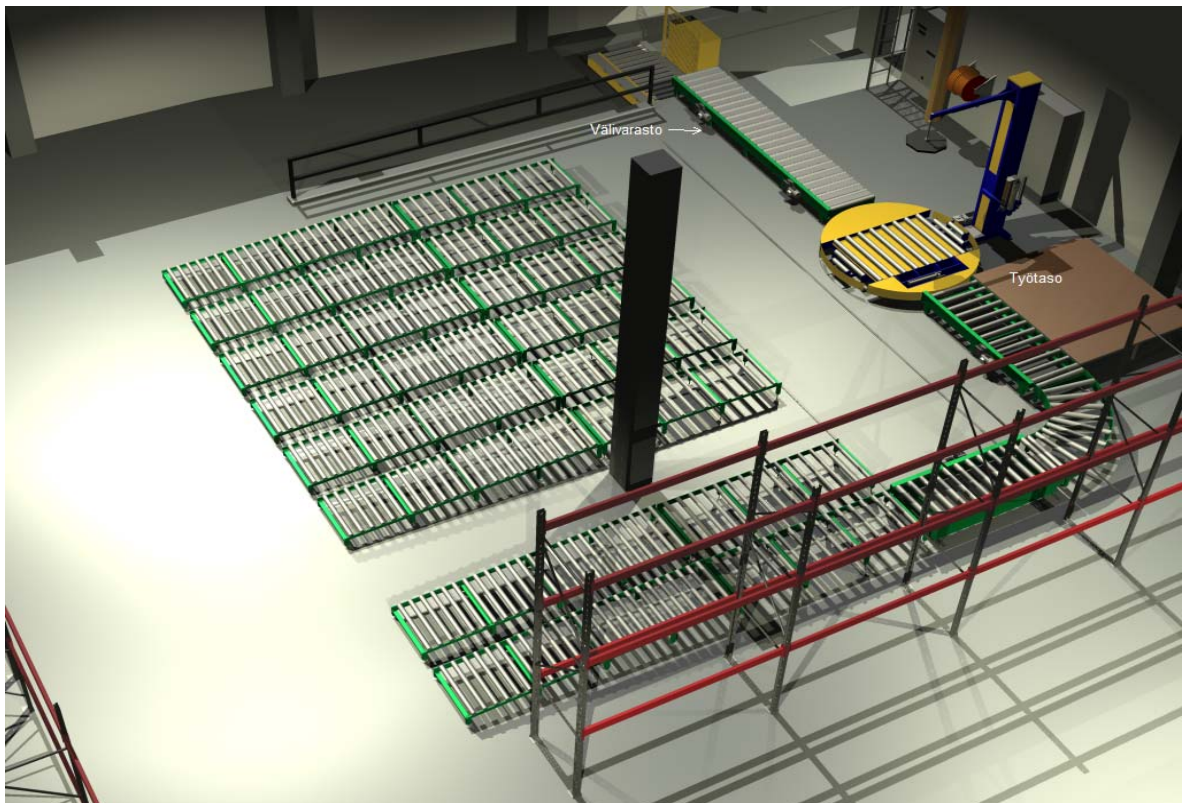
3.4 Lähtökohdat, suunnittelu ja toteutus

Kun aloimme miettiä Jannpuu Oy:n kanssa lähtökohtia tuleville suunnitelmille, tärkeintä oli, mitä kautta olisi järkevin toteuttaa pakettien siirtäminen varastoalueelle ja miten saadaan toteutettua parhaiten välivarastot tuotannosta tuleville tuotteille. Välivarastot olivat yksi tärkeimmistä huomioitavista seikoista, koska Jannpuu Oy:llä pakettien pakkaamiset suoritetaan aina aamuvuorossa ja iltavuorossa olevat paketit jätetään odottamaan välivarastoihin, kunnes aamuvuoron työntekijät tulevat pakkaamaan tuotteet.

Pakettien siirtämisessä varastoalueelle mietittiin kahta eri vaihtoehtoa: tekemällä tuotantoalueen ja varastoalueen väliseen seinään kuljetusaukko tai kuljettamalla ne siirtovaunun avulla suoraan tuotantopuolen ja varastoalueen ovesta sisään. (Kuva 3.) Tämä siirtovaunulla toteutettu kuljetus varastoalueen sisäpuolelle osoittautui kuitenkin hankalaksi toteuttaa, koska siirtovaunun liikkumalinja oli täysin suora. Toteutuakseen tämän olisi vaatinut sen, että siirtovaunun runkoa olisi pitänyt muokata, jotta pyöriin olisi saatu kääntymismahdollisuus. Siirtovaunujen kiskojen olisi pitänyt kaartaa jonkin verran vasemmalle, jotta se ei olisi ollut tiellä tuotantopuolen linjastoja. Siirtovaunu olisi hakenut paketointiin menevät tuotteet petsauslinjaston päästä, ja muilta linjastoilta tulevat tuotteet olisi pitänyt trukilla tuoda siirtovaunulle. Myös varastoalueelle menevä kävelytasanne olisi pitänyt muokata piikkaamalla betonia pois siirtovaunulle sopivaksi. Betonia olisi pitänyt poistaa noin neljä metriä kävelytasanteesta siirtovaunun kulkusuuntaan. Tähän versioon ei myöskään ollut mahdollista saada välivarastoja tarpeeksi suuriksi, paketteja olisi voitu laittaa vain 2 - 3 kappaletta pakettien koosta riippuen. Kuvissa 3 ja 4 näkyy siirtovaunulla toteutettu kuljetus varastoalueelle.

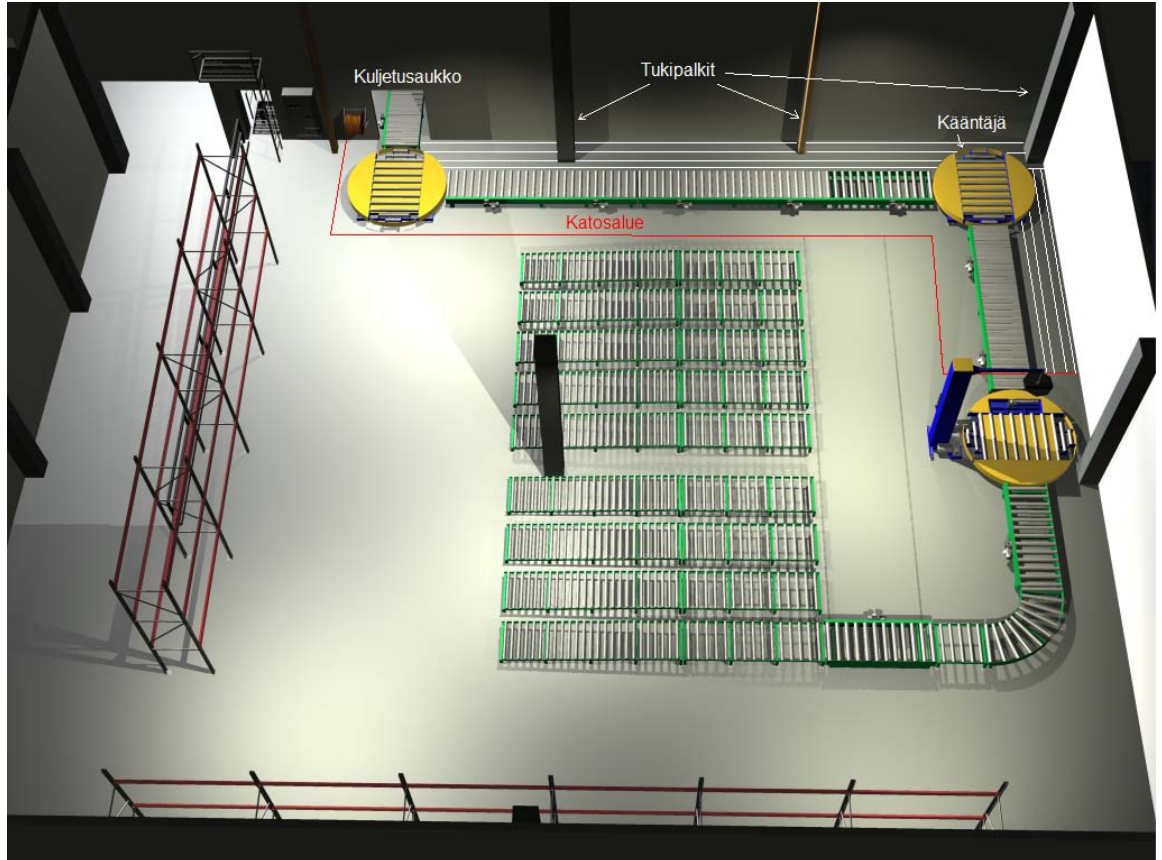


Kuva 3. Siirtovaunulla toteutettu kuljetus varastoalueelle. Näkymä tuotantopuolelta katsottuna varastoalueelle.



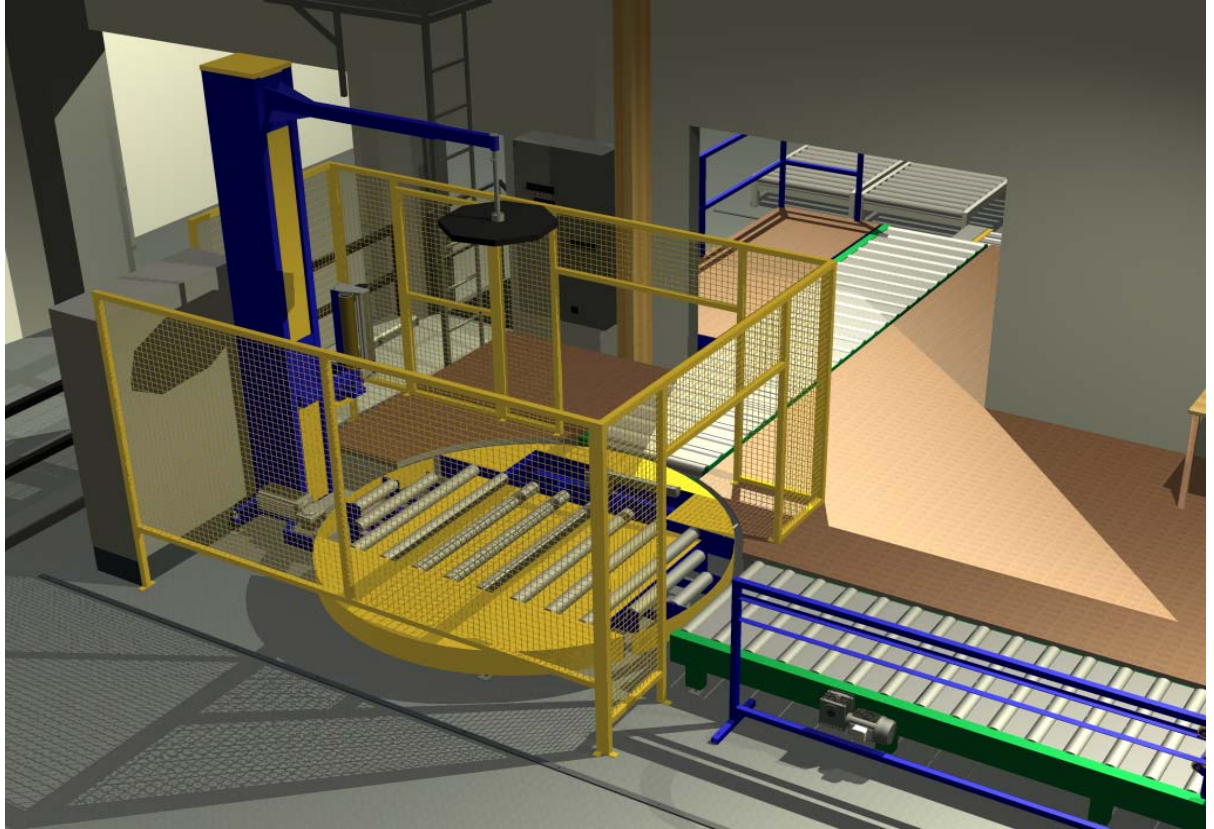
Kuva 4. Siirtovaunulla toteutettu kuljetus varastoalueelle.

Järkevimmäksi ratkaisuksi osoittautui tehdä kuljetusaukko tuotantopuolen ja varaston väliin seinään. Välivarastojen ja puhdistustason toteutuksen kannalta tämä ratkaisu oli järkevämpi. Suunnitelmissa oli viisi erilaista versiota tästä kuljetusaukolla toteutetulla järjestelmällä. Siinä kävimme kaikki mahdollisuudet läpi välivarastojen ja puhdistustason sijoitusten suhteen. Neljä näistä versioista oli visioitu siten, että välivarastot olisivat olleet varastoalueella, johon olisi myös sovellettu tuotteiden puhdistusalue. Varastoalueen puhtaana pitämiseen puupölystä olisi vaatinut tehdä välivarastoille jonkinlaisen tiiviin alipaineistetun katoksen, jossa olisi suoritettu tuotteiden puhdistus imuroimalla. Katoksen valmistaminen olisi nostanut kustannusarviota aika paljon, mukaan lukien sen, että olisi pitänyt hankkia yksi kääntäjä lisää. Myös työntekijöiden liikkumatila olisi jäänyt aika ahtaaksi johtuen varastohallin tukipalkeista ja siitä, että välivarastot piti saada mahdollisimman lähelle seinää, ettei se olisi vienyt tilaa trukin kulkureiteistä (Kuva 5). Työntekijöille olisi myös ollut turhan pitkä liikkuma-alue, koska kuljetusaukolta tulee matkaa noin 20 metriä paketoitinkoneelle ja tuotteiden vanteituspisteelle. Nämä olivat suurimmat syyt, minkä vuoksi hylkäsimme nämä neljä suunnitelmaa, joissa välivarasto olisi ollut varastoalueella, johon olisi myös yhdistetty tuotteiden puhdistus. En myöskään tehnyt katoksesta mitään piirustuksia tai suunnitelmia, koska pystyimme näkemään tilan huonot puolet jo Inventorin 3-D-maailmassa visualisoimalla.



Kuva 5. Punaisella viivoituksella tarkoitetaan, miten katosalue olisi sijoitettu ja valkoinen viivoitus tarkoittaa työntekijän liikkumatilaa.

Välivarastojen sijoittaminen oli tärkeä seikka logistisessa mielessä ja varastoalueen tilojen hyödyntämisessä. Niinpä tulimme siihen tulokseen, että sijoitamme välivarastot tuotantopuolelle vanhan paketointialueen paikalle. Tätä mietimme jo heti alussa, kun toteutusta näistä kuudesta eri versiosta lähdimme suunnittelemaan, mutta halusimme silti nähdä, löytyykö vielä parempia versioita välivarastojen sijoittamiseen. Liitteessä 1 on layout-kuva Jannpuun tuotantoalueesta, jossa näkyy alkuperäinen paketointialue, johon sijoitetaan välivarastot. Myös puhdistustasolle saatiin hyvä sijoituspaikka. Puhdistustaso sijoitettiin tuotannon puolelle kulkuaukon yhteyteen, josta pääsee kulkemaan varastoalueen puolelle. Näin saimme yhdistettyä varastopuolen työtasot ja puhdistustasot yhteen, jolloin työntekijän liikkumatila tuotteiden paketoimisen kannalta on parhain mahdollinen (Kuva 6 ja 10).



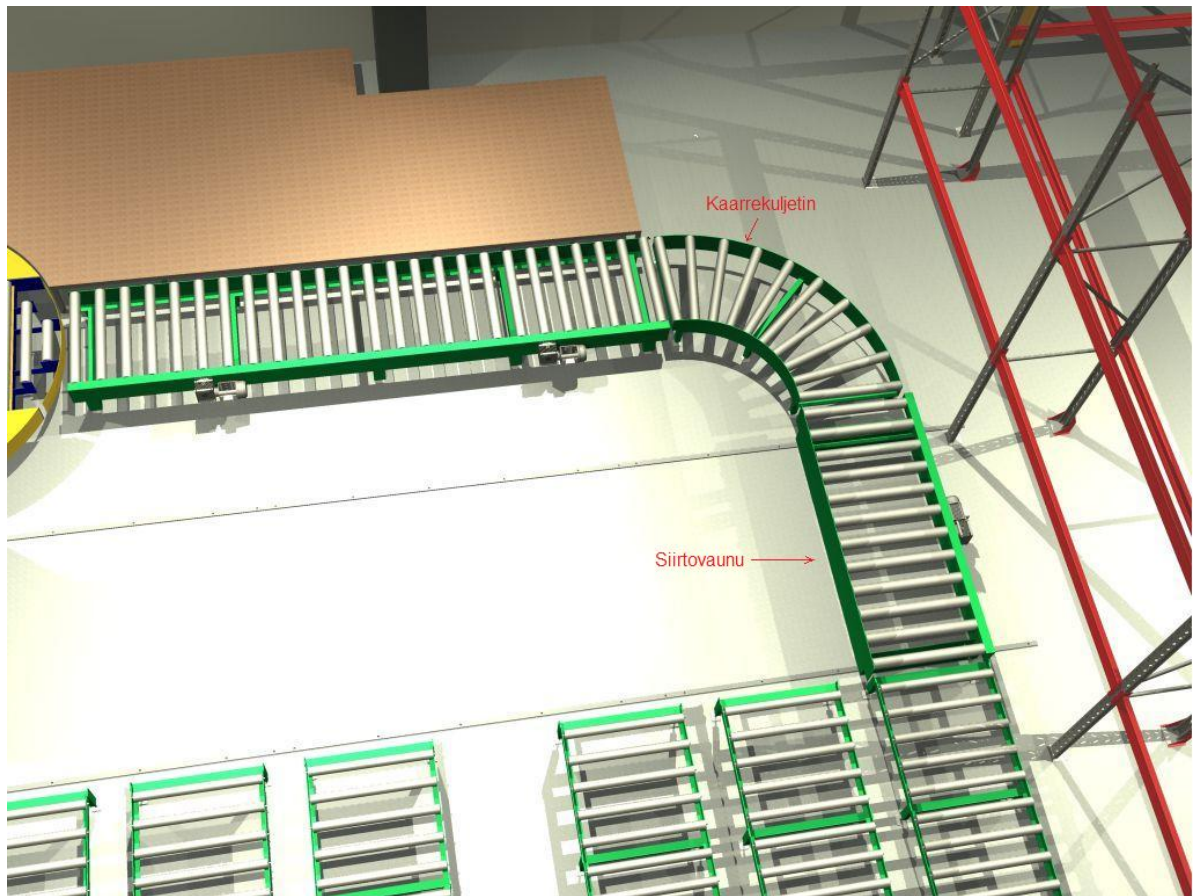
Kuva 6. Näkymä on varastoalueen puolelta. Kuvassa näkyy Reo-pack paketointikone.

Yhtenä ongelmakohtana oli vanteituskaverin jälkeen tuleva 90 asteen käänнос. Alkuperäisenä suunnitelmana oli, että toteutetaan käänнос kaarrekuljettimella (kuva 7.). Kaarrekuljettimelle laskettiin minimiulkohalkaisija, joka mahdollistaisi tuotteen kuljetuksen ilman mitään ongelmia varastoalueella olevalle siirtokuljettimelle. Tuotannosta tulevat tuotteet aseteltiin eurolavoille, joiden mitat ovat 800x1200x165 mm. Eurolavan pohjalta laskin kaarteeseen tarvittavan minimiulkohalkaisijan (Kuva 8.). Kaarteen ulkohalkaisijan säteen laskemiseen vaadittiin tieto kaarteen sisähalkaisijan säteestä. Tämän vuoksi kaarteen sisähalkaisija täytyi saada mahdollisimman pieneksi, jotta se ei olisi vaikuttanut varastoalueen muihin tiloihin. Aina kun kaarteen sisähalkaisijaa kasvatettiin, se vaikutti varastoalueen muihin tiloihin esim. varastoalueen siirtovaunun ja asemien paikka olisi siirtynyt koko ajan. Kaarteen ulkohalkaisijan säteeksi tuli 1765 mm, joka pitäisi mahdollistaa tuotteiden siirron ilman mitään linjastolla tapahtuvia ongelmia. Rullat olivat myös kiilamaiset, jotka olisivat parantaneet lavojen kääntymistä kaarteessa.

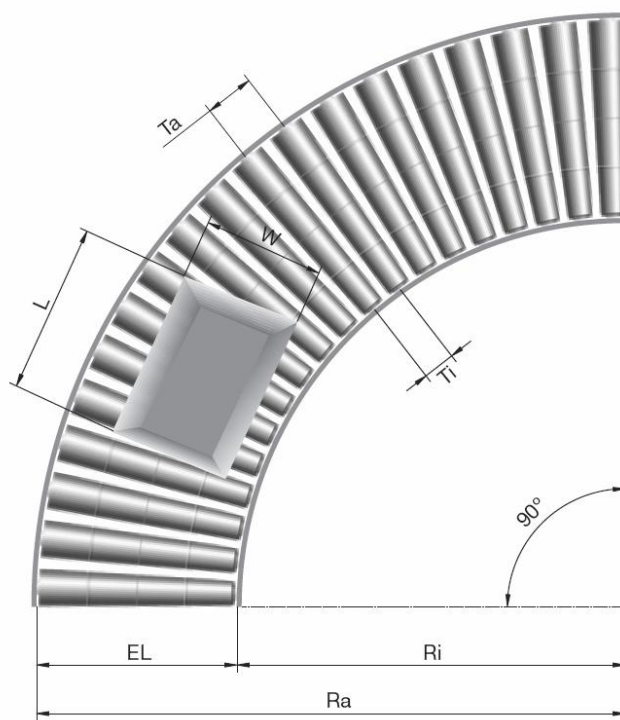
Keskusteltaessa puhelimitse kaarrekuljettimien maahantuojaan kanssa keskustelun aiheena oli kaarteen ulkohalkaisijan riittävyys tuotteiden siirtoa varten ilman ongelmia. Maahantuoja tuli siihen tulokseen, että kaarteen ulkohalkaisija on liian pieni, ja oli liian iso riski, että kaarteessa

seen tulisi toimintahäiriöitä johtuen tuotteen jumittumisesta kaarteeseen. Tuotteiden maksimipaino on noin 500 kg, jolloin tuotteiden siirtäminen vian sattuessa olisi vaatinut paljon aikaa työntekijältä. Maahantuojaja laski, että ulkokaaren säde pitäisi olla noin 3000 mm, jotta se varmasti toimisi ilman mitään ongelmia tuotteiden suuresta massasta johtuen. Tämä kaarteeseen ulkosäde olisi ollut aivan liian suuri tähän tilaan, mikä olisi vaatinut suuria muutoksia suunnitelmiin. Näin ollen luovuimme kaarrekuljettimen toteutuksesta.

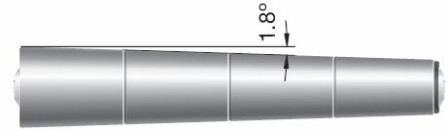
Jannpuu Oy oli aikaisemmin ostanut huutokaupasta kääntäjän. Ongelmana kääntäjässä oli kuitenkin se, että kääntäjän halkaisija oli liian suuri, 3,2 metriä. Tämän takia tätä kääntäjää ei vielä otettu huomioon aiemmin suunnitelmissa. Ainoaksi vaihtoehdoksi tuli, että pienennetään kääntäjää niin paljon kuin on mahdollista ottaen huomioon kääntäjän rungon, jota ei pystynyt muokkaamaan johtuen kääntäjän kääntöpyöristä ja sähkömoottoreista. Kääntäjän halkaisijaksi saatiin muokkauksen jälkeen 2550 mm. (Kuva 9.).



Kuva 7. Kuvassa on suunnitelma kaarrekuljettimella toteutetusta käännöksestä.



- Calculation of the minimum outer radius Ra or the minimum EL.



$$- Ra = \sqrt{(Ri + W)^2 + (L/2)^2} + 50$$

$$- EL \text{ min.} = Ra - Ri$$

- Adapting of the EL min. to the standard length (next larger size in 50 mm increments)

$$- 286, 336, 386 \dots 936 \text{ mm (250, 300, 350} \dots 900 \text{ mm for gravity rollers)}$$

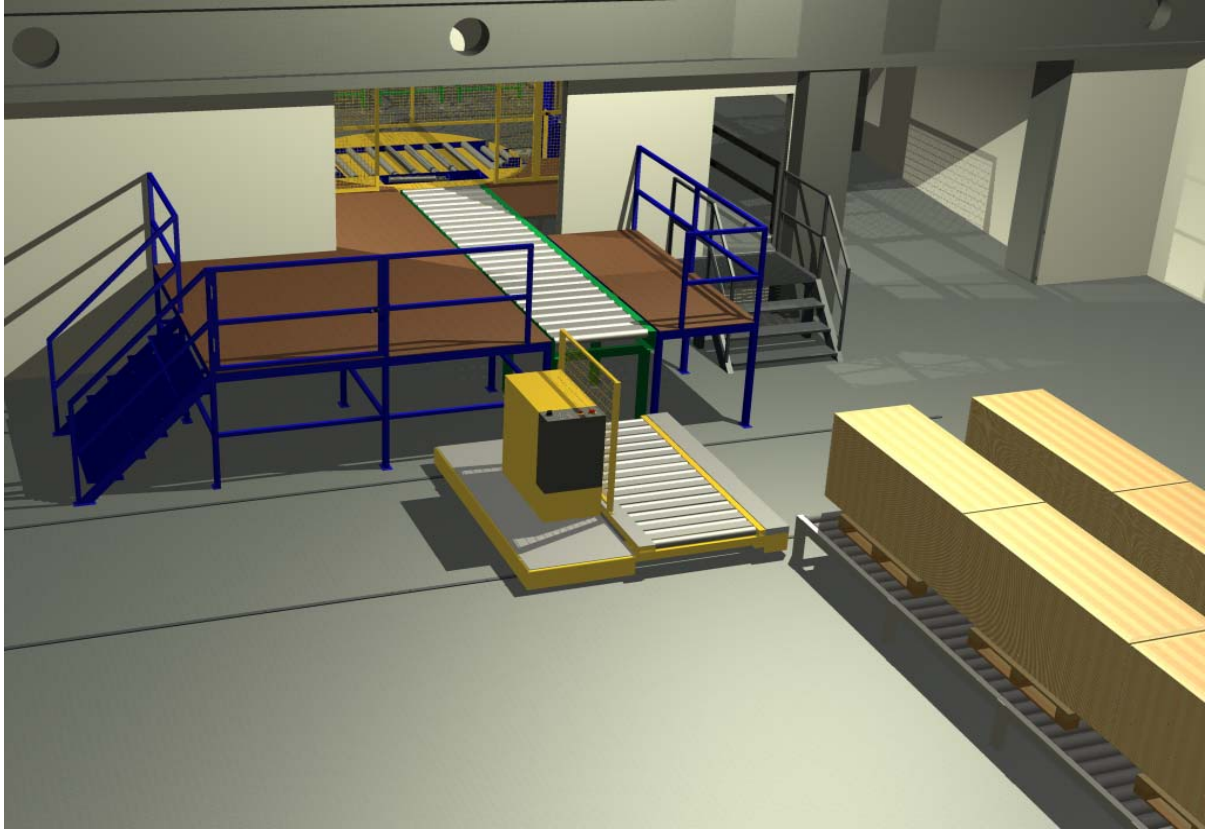
- Calculation of actual Ra with selected standard EL

$$- Ra = EL + Ri$$

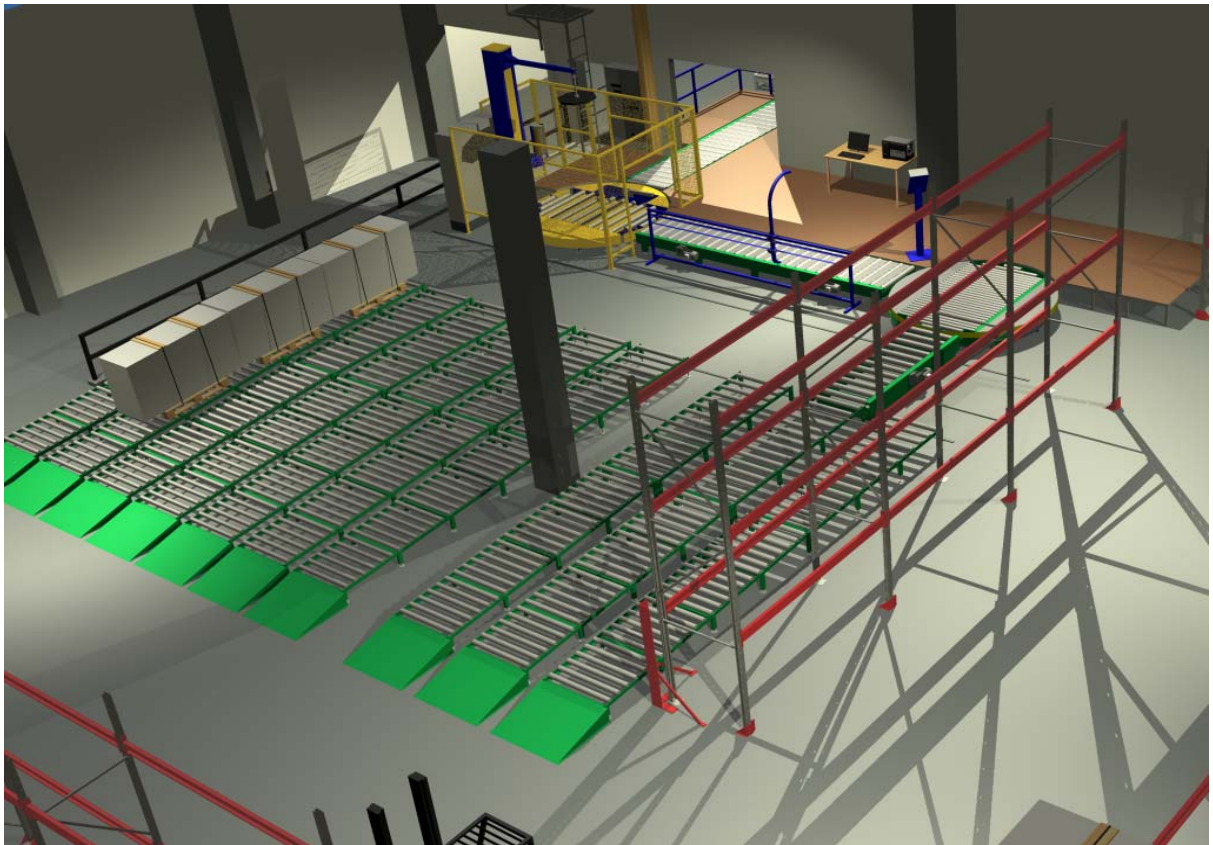
Kuva 8. Kuvassa on laskukaavat kaarteen minimiulkohalkaisijalle ja rullan minimipituudelle.



Kuva 9. Muokausvaiheessa oleva kääntäjä. Kääntäjä on jo tässä kuvassa pienennetty.



Kuva 10. Kuvassa näkyy tuotantopuolella oleva puhdistustaso ja välivarastot.

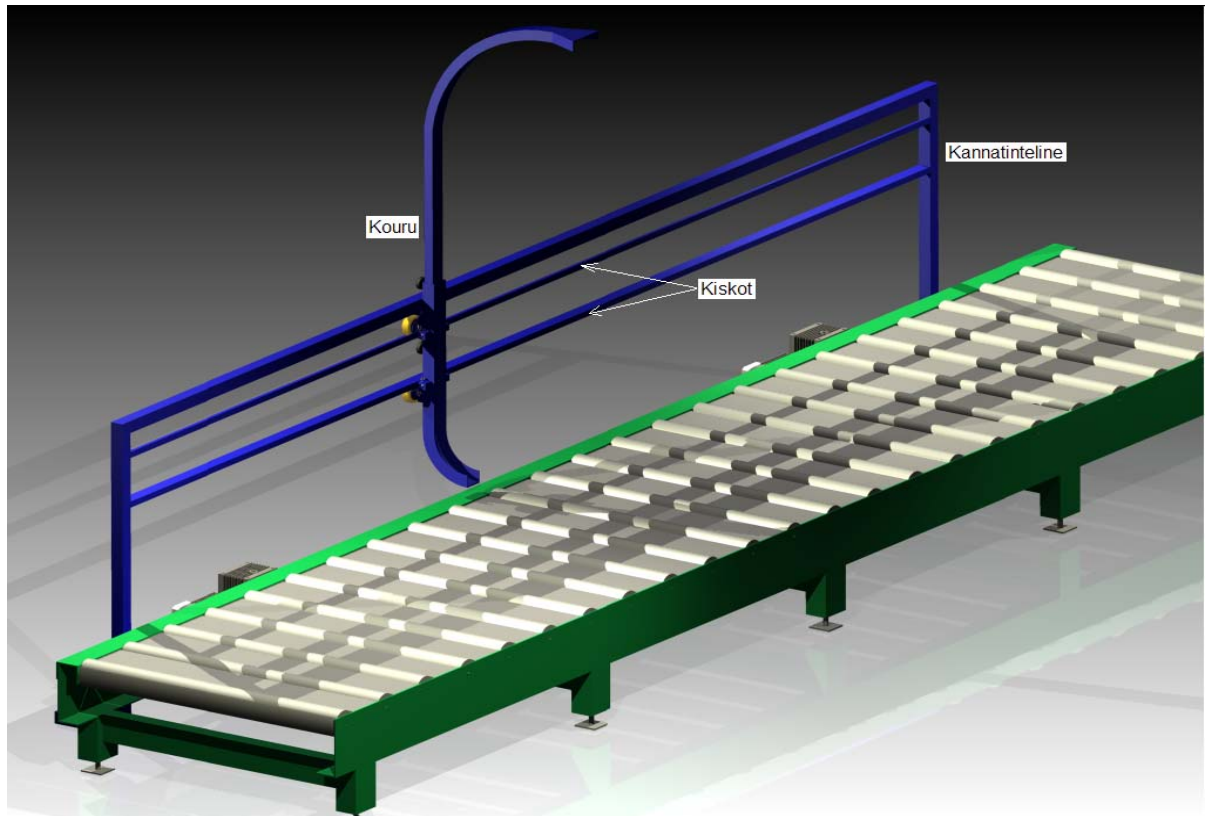


Kuva 11. Kuvassa näkyy lopullinen versio pakkausjärjestelmästä.

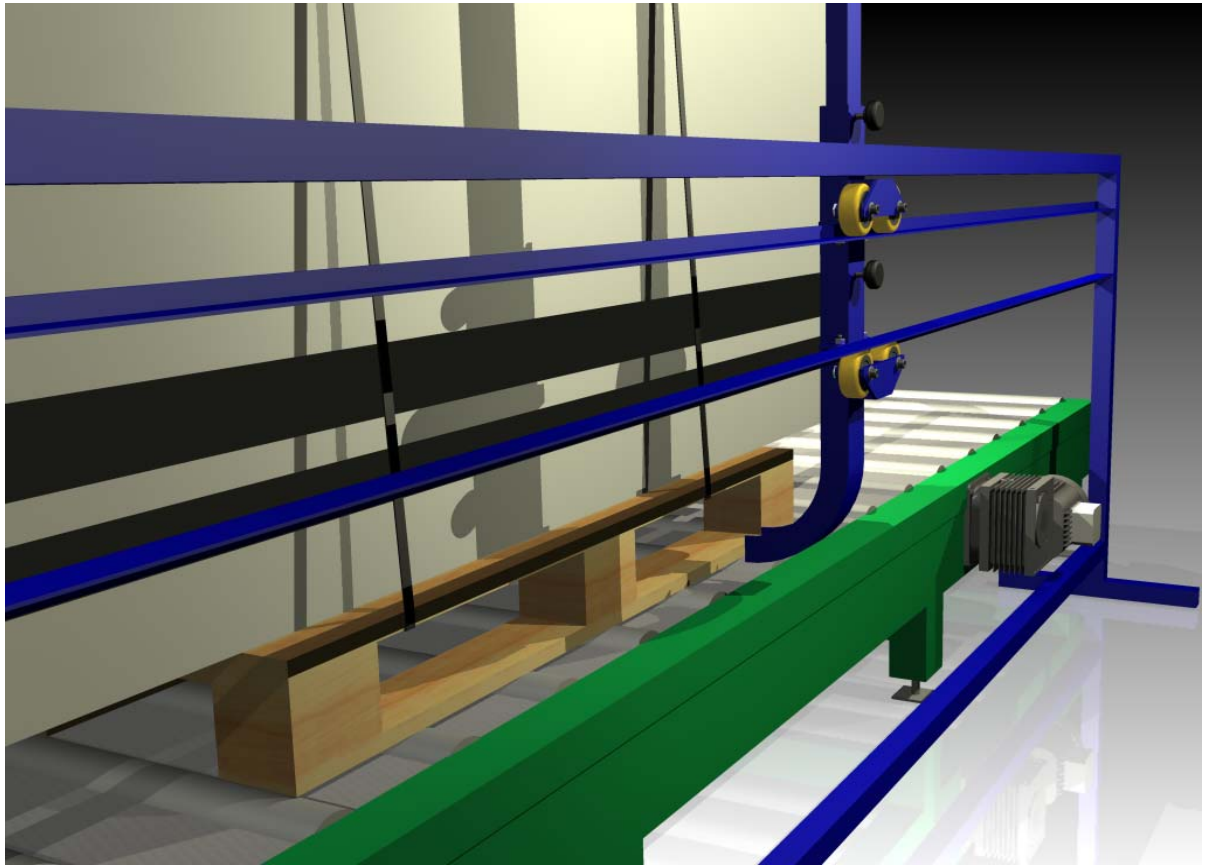
3.5 Vanteituskaveri

Jannpuu Oy:lle suunniteltiin vanteitukseen tarkoitettu apuväline, jolle tuli nimeksi ”Vanteituskaveri ”(Kuva 12.). Vanteituskaverin toimintaperiaate on hyvin yksinkertainen: kourun yläkautta työnnetään teräsvanne, joka tulee takaisin alakautta kuormalavan välistä (Kuva 13.). Työntekijän ei tarvitse lähteä kiertämään paketin toiselle puolen, mikä nopeuttaa ja helpottaa pakettien vanteitusta huomattavasti.

Vanteituskaverin kourua pystytään liikuttamaan sivusuunnassa, mikä mahdollistaa rullakuljettimella olevien pakettien vanteittamisen liikuttamatta paketteja rullakuljettimella. Vanteituskaverin sivusuunnassa oleva liikkumatila on 4000 mm. Rullakuljettimeen on mahdollista laittaa kaksi pakettia kerralla odottamaan vanteitusta. Kouru on kiinni neljän pyörän ja neljän laakerin varassa kannatintelineen kiskoissa, mikä mahdollistaa kourun liikuttamisen mahdollisimman kevyesti. Nämä neljä laakeria estävät kourun hankaamisen kiskoja vasten. Kisko valmistetaan L-profiilista, jonka mitat on 20x40x3 mm. Kannatinteline valmistetaan nelikulmaputkesta, jonka mitat ovat 40x40x3 mm. Kourun yläosa on säädettävissä, jolloin säätövara on 15 cm. (Kuva 13.). Kourun yläosa ja alaosa valmistetaan U-palkista, joiden mitat ovat 50x30x3 mm ja 60x40x3 mm. Vanteituskaverin piirustukset löytyvät liitteestä 2.



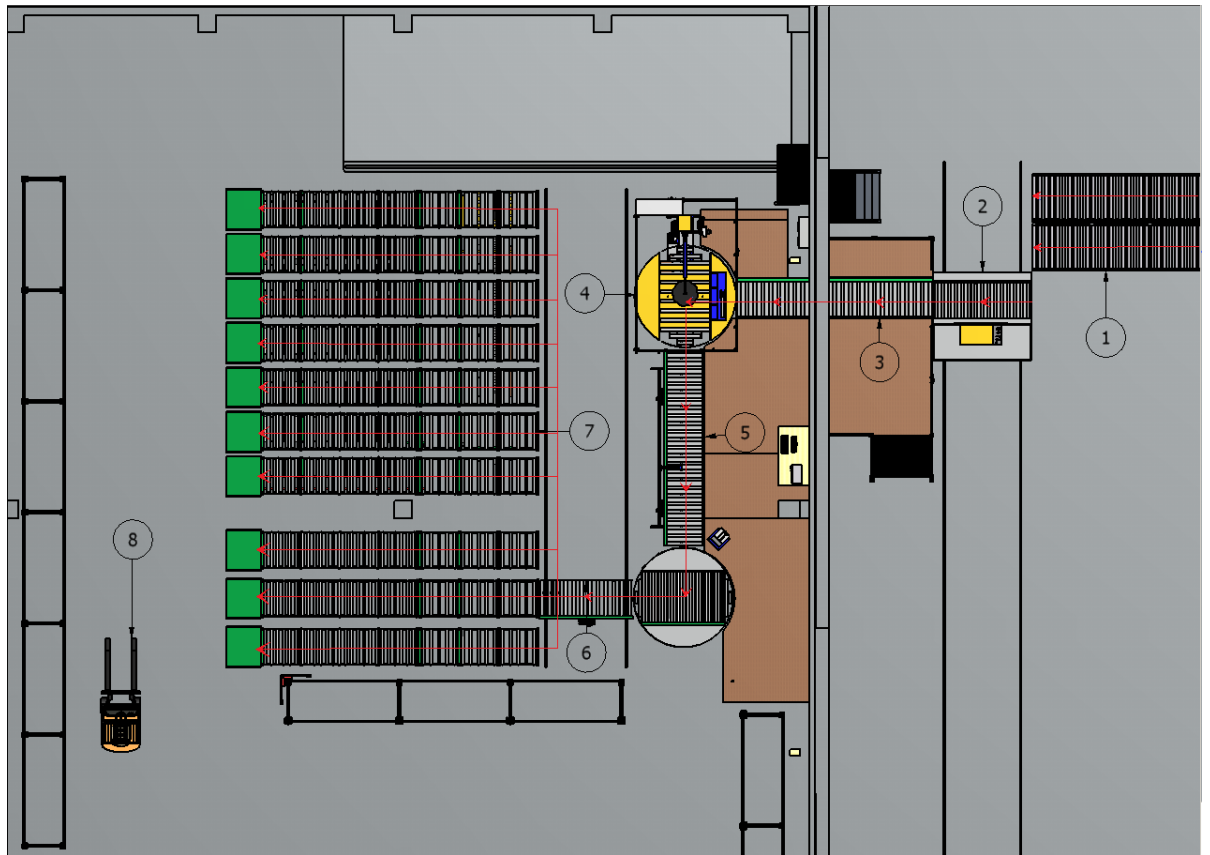
Kuva 12. Vanteituskaveri



Kuva 13. Kuvassa näkee, mistä kohti vanne menee lavan toiselle puolen.

3.6 Pakkausjärjestelmän toimintaperiaate

Tässä osiossa esitellään pakkausjärjestelmän toimintaperiaatteen prosessikaavion avulla (Kuva 14.). Välivarastosta lähtien tämä linjasto on automatisoitu. Ohjauksen on ohjelmoinut Jannpuu Oy itse Siemensin logikalla. Liitteessä 6 on kuva, jossa näkyvät järjestelmän antureiden sijoituspaikat.

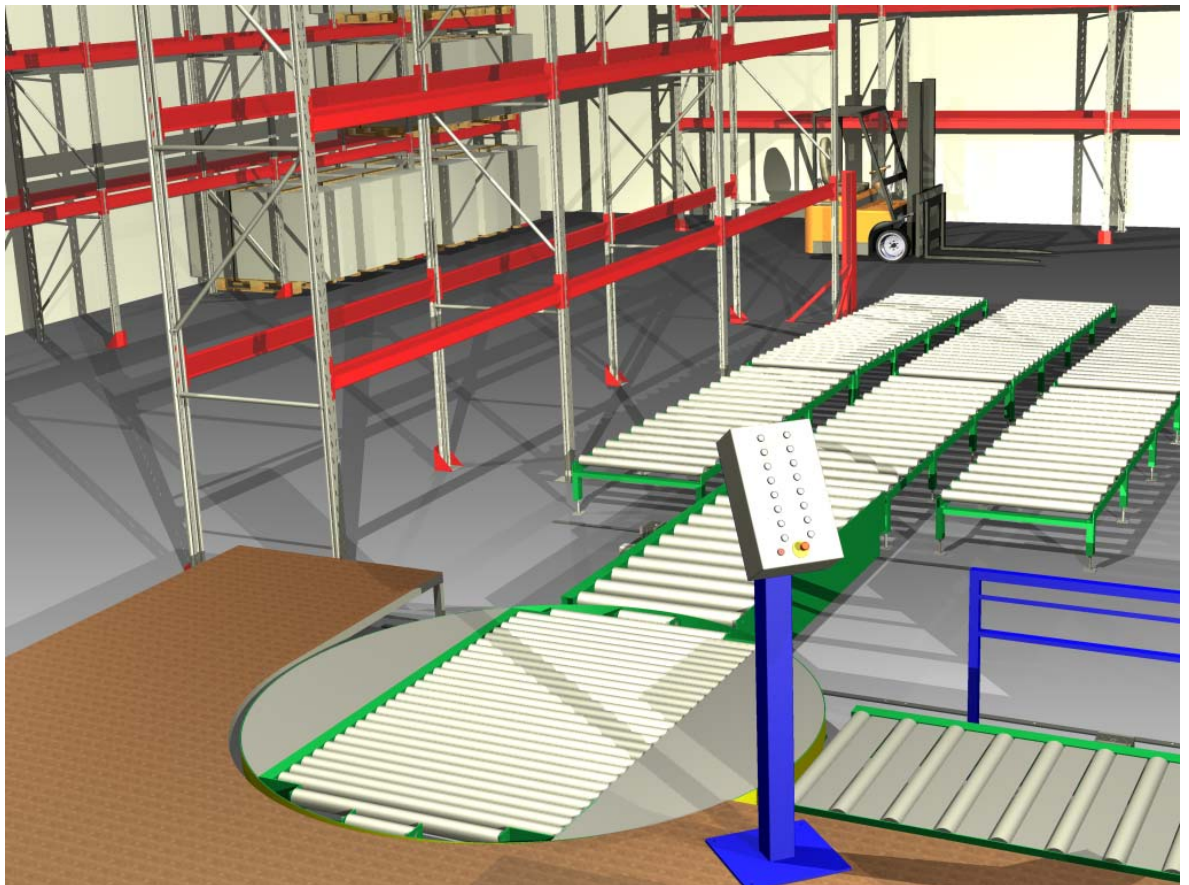


Kuva 14. Prosessikaavio.

1. Välivarasto, johon trukki tuo valmiit tuotteet odottamaan pakkausta. Rullalinjasto siirtää tuotteen siirtovaunun olevaan päähän. Välivarastolinjastoja on kaksi, joiden pituudet ovat 16 metriä. Välivarastoon mahtuu tuotteiden koosta riippuen maksimissaan 30 kpl ja minimissään 16 kpl tuotteita.

2. Kun puhdistustasolla on vapaata, siirtovaunu hakee tuotteen välivarastosta. Siirtovaunussa on saksinosturi, joka nostaa tuotteen puhdistustasolle. Siirtovaunun nostokyky on 1000 kg.
3. Puhdistustasolla työntekijä imuroi tuotteesta puupölyn pois. Puhdistustasolla myös tehdään kaikki valmistelut tuotteelle, ennen kun tuote siirtyy kelmuttajalle. Tuotteen teipataan kiinni kulmasuojat ja tuotteen päälle laitetaan muovi. Tämän jälkeen työntekijä kiittää tuotteen nappia painamalla, jolloin tuote siirtyy rullalinjastolla eteenpäin odottamaan pääsyä kelmuttajalle.
4. Tuote siirtyy automaattisesti kelmuttajalle, kun se vapautuu edellisestä tehtävästä. Kelmuttaja käärii tuotteen ympärille muovikalvon. Kelmuttaja on Reo-pack-merkkinen pakkaaja. Muovikalvon määrä ja kalvon kerrosmäärä on täysin säädettävissä halutulla tavalla, jolloin tuotteen ympärille saadaan varmasti kosteuden pitävä kerros muovikalvoa.
5. Työntekijä laittaa metallivanteen paketin ympärille vanteituskaveria apuna käyttäen. Rullalinjastolla on tilaa kahdelle vanteitettavalle paketille. Ennen vanteitusta työntekijä laittaa suojapuut paketin päälle estääkseen pakettiin tulema jälkiä metallivanteesta. Kun vanteitus on suoritettu, työntekijä kiittää tuotteen nappia painamalla, jolloin tuote lähtee siirtymään kääntäjälle.
6. Varastopuolen siirtovaunu hakee tuotteen kääntäjältä ja vie sen valitulle asemalle. Tuote odottaa kääntäjällä, jos siirtovaunu on viemässä toista tuotetta johonkin asemaan. Siirtovaunun alla on neljä anturia, joilla on tarkoituksena paikallistaa haluttu asema. Kaikien asemien kohdalle on asetettu metallilevyt, joista anturit tietävät, mistä asemasta on kyse. Työtasolla on siirtovaunun ohjausyksikkö, jolla valitaan haluttu asema (Kuva 15.).

7. Asemia on yhteensä kymmenen kappaletta, joihin mahtuu enintään 70 pakettia ja vähintään 40 pakettia. Asemissa on muutaman asteen kallistus, jolloin tuotteet liikkuvat aseman rullalinjastoa pitkin toisen päähän painovoiman avulla. Asemiin mahtuu suunnilleen yksi rekkakuorma paketteja. Tämä oli lähtökohtana asemien määrälle.
8. Trukki ottaa asemilta paketit ja vie ne lastattavaan rekkaan lastauslaiturille. Jos tuotteen toimitusaika on myöhemmin, trukki vie paketit lavahyllylle odottamaan lähtöpäivää.



Kuva 15. Siirtovaunun ohjausyksikkö.

4 YHTEENVETO

Tämä insinöörityö tehtiin Kajaanissa toimivalle Jannpuu Oy:lle. Yritys toimii sopimusvalmistajana liimalevyjen ja komponenttien valmistuksessa. Tuotanto jakaantuu pääasiassa mäntyliimalevyihin ja liimalevypohjaisiin komponentteihin.

Lähtökohtana oli saada kaikki hyödyksi tyhjänä olevasta varastoalueesta, joka toimi lähinnä vain valmiiden pakettien varastointialueena, johon tuotteet vietiin odottamaan lähtöpäivää. Suuren 500 neliömetrin tilan ansiosta pystyimme visioimaan varastotilan mahdollisuuksia käyttäen apuna Inventor 3D -mallinnusohjelmaa. Tarkoituksena oli helpottaa ja nopeuttaa tuotteiden pakkaamista ja saada järjestelmä toimimaan siten, että se vaatisi vain yhden työntekijän. Vanhassa paketointimenetelmässä vaadittiin yleensä kaksi työntekijää, jolloin toinen pakatoi tuotteita ja toinen haki tuotteet trukilla tuotannosta paketointiin. Tietenkin tämän olisi voinut tehdä yksikin työntekijä, mutta se olisi nostanut paketointiin menevää aikaa huomattavasti. Välivarastojen ansiosta tämä uusi versio on erinomainen työntekijän kannalta, koska hän voi vain keskittyä paketoimiseen.

Pakkausjärjestelmä- ja varastointialue valmistui 2008 toukokuussa. Välivarastot eivät tulleet vielä samaan aikaan valmiiksi, joten Jannpuu Oy hoiti tuotteiden viennin varastoalueelle laittamalla tuotteet kuljetusvaunulle, joka nosti tuotteet puhdistustasolle. Välivarastot saatiin toimintakuntoon 2008 joulukuussa, jolloin pakkausjärjestelmä- ja varastointialue saatiin kokonaisuudessaan valmiiksi. Jannpuu Oy lisäsi kaksi välivarastolinjaa tuotantoalueen koneitten paikkoja muuttelemalla, jolloin välivarastolinjastoja saatiin yhteensä neljä. Valmiin version kuvat löytyvät liitteestä 5.

Kaikkien versioiden mallintamiseen ja layout-kuvien tekemiseen meni noin neljä kuukautta. Työtä pidin hyvin opettavaisena ja haastavana. Tämä työ nosti paljon tietotaitoani logistisessa suunnittelussa kuin myös 3D-mallintamisessa. Hienointa tässä työssä oli nähdä suunnitellun järjestelmän toiminta käyttövalmiina.

Insinöörityön valmiin järjestelmän piirustukset valmistuivat ajallaan, joten saimme pidettyä 2008 kevään järjestelmän valmistumisajankohtana. Tilaajan toiveet työtä kohtaan toteutuivat.

LÄHTEET

1. Jannpuu Oy. [WWW-dokumentti]. <<http://www.jannpuu.com>>.
2. Sartjärvi T. Logistiikka kilpailutekijänä. SKY 2000. ISBN 951-96236-3-9
3. Reinikainen P. Mäntynen J. Rantala J. Logistiikan perusteet. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Tampere 1997. ISBN 951-722-712-4
4. Karrus K. E. Logistiikka. WSOY. Juva 2001. ISBN 951-0-25497-5
5. Inventor – perusteet, Inventor 7, Future CAD Oy

LIITTEIDEN LUETTELO

LIITE 1. LAYOUT-KUVA TUOTANTOALUEESTA ENNEN VARASTOALUEEN TOTEUTUSTA

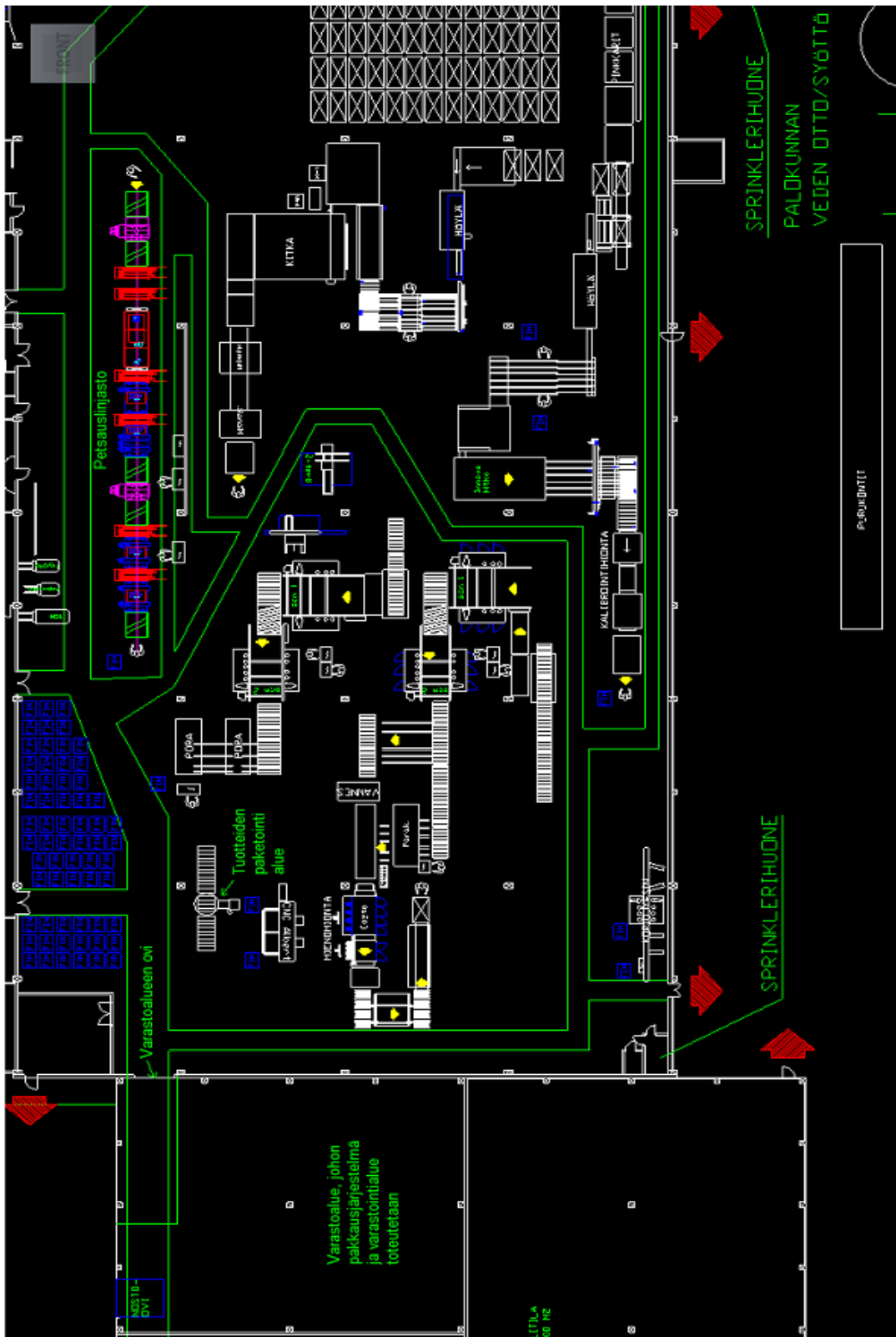
LIITE 2. PIIRUSTUKSET VANTEITUSKAVERISTA

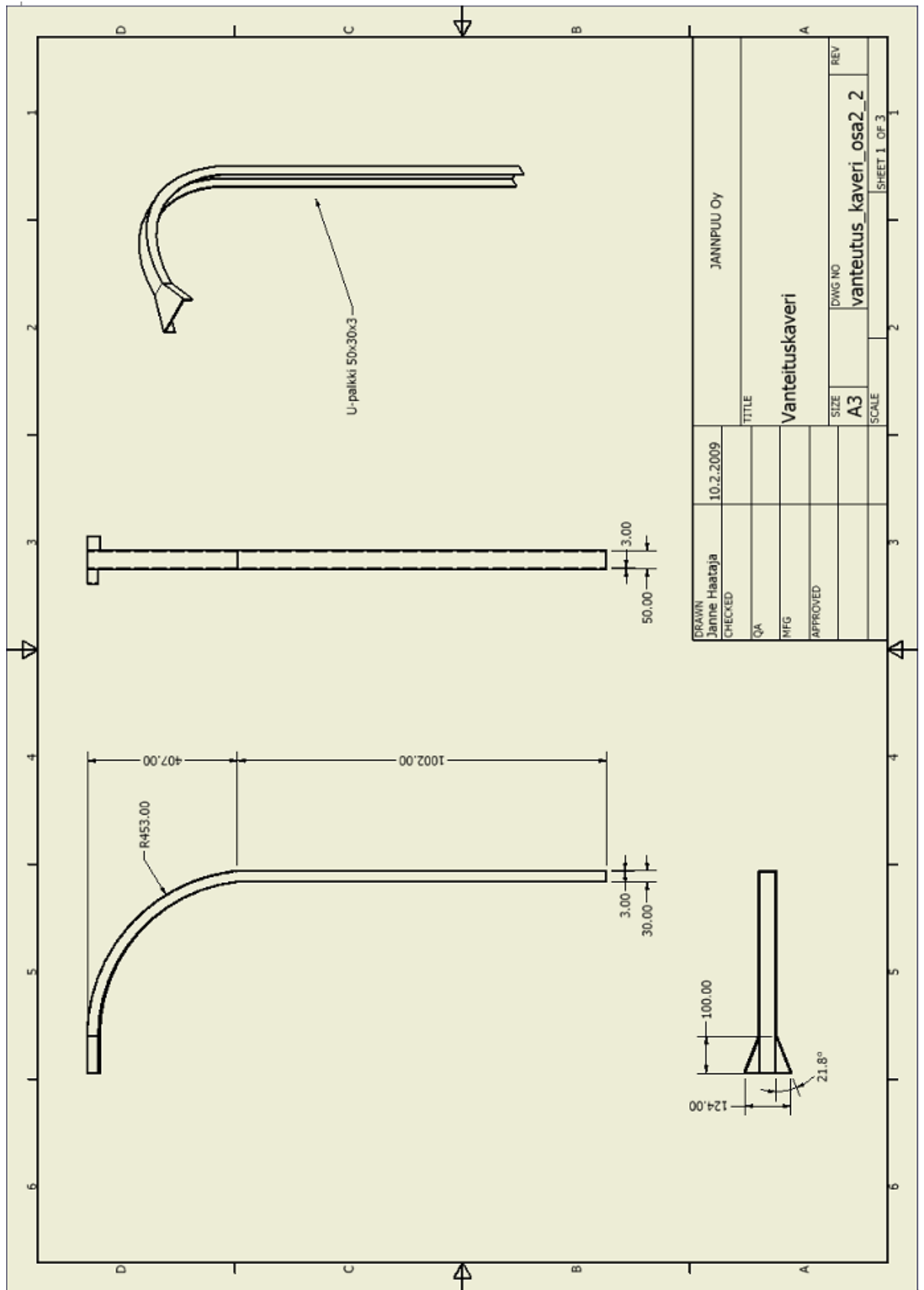
LIITE 3. LAYOUT-KUVAT JA 3D-KUVAT KUUESTA ERI VERSIOSTA

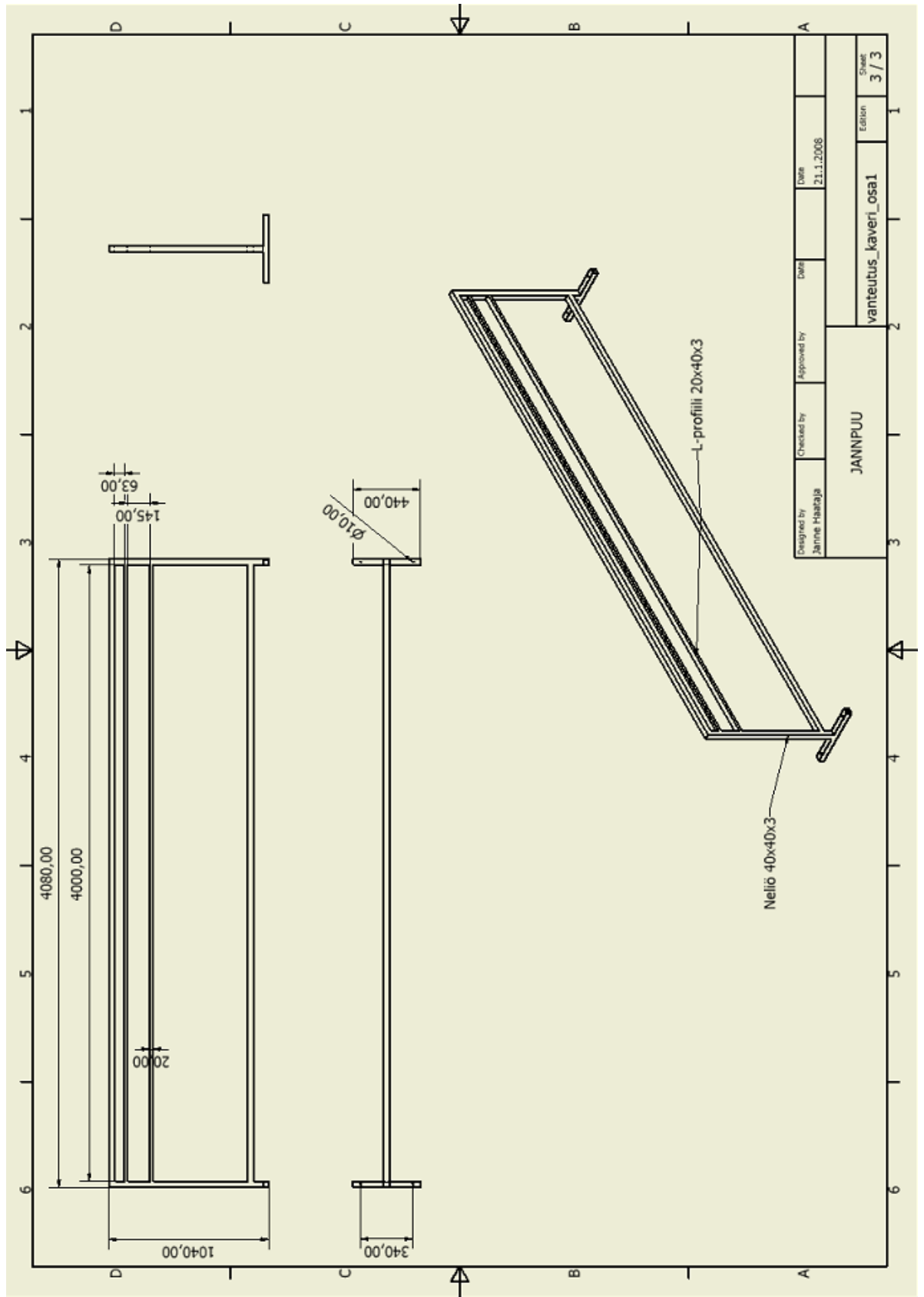
LIITE 4. LOPULLISEN VERSION PIIRUSTUKSET

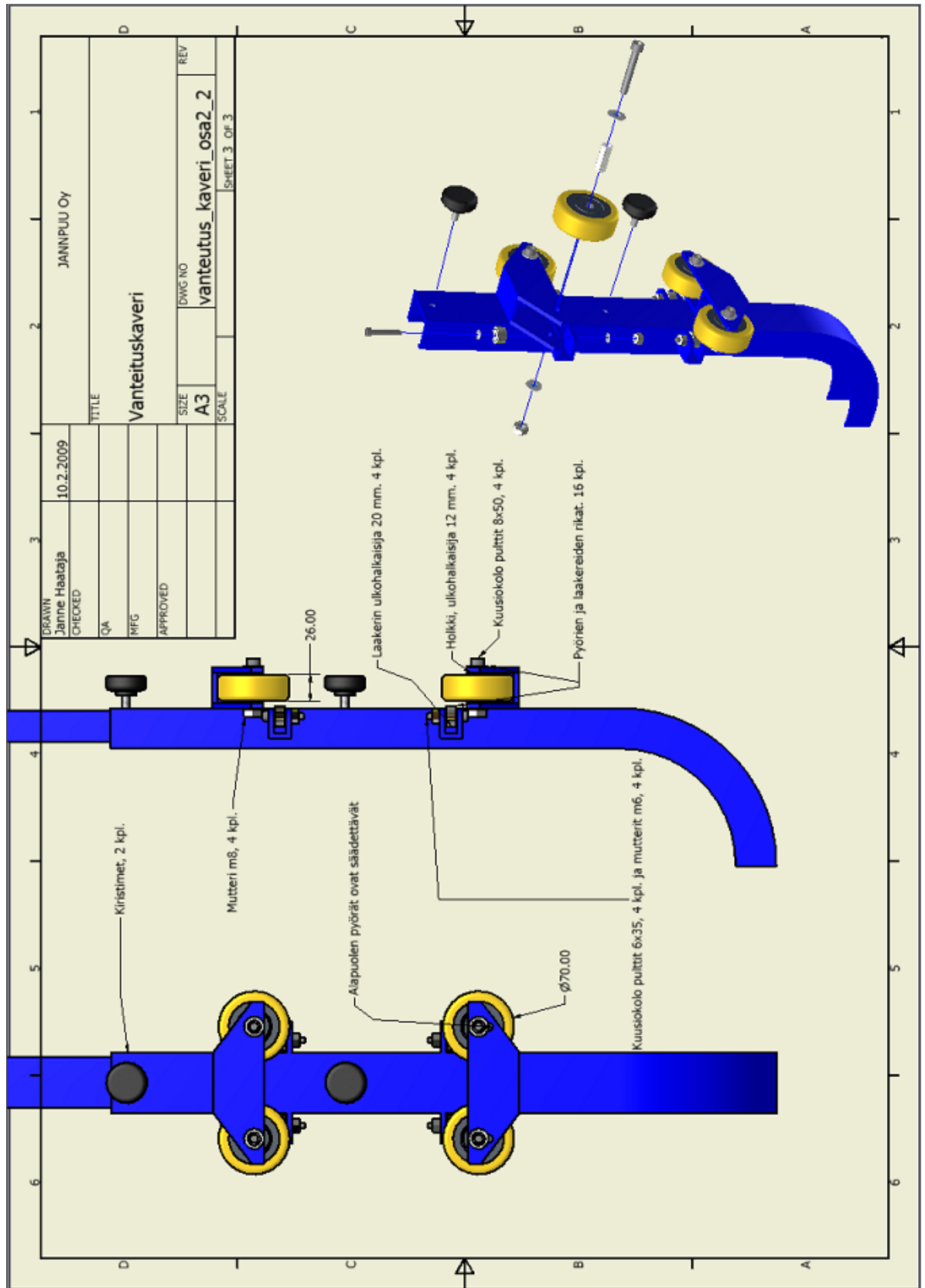
LIITE 5. KUVIA VALMIISTA PAKKAUSJÄRJESTELMÄSTÄ

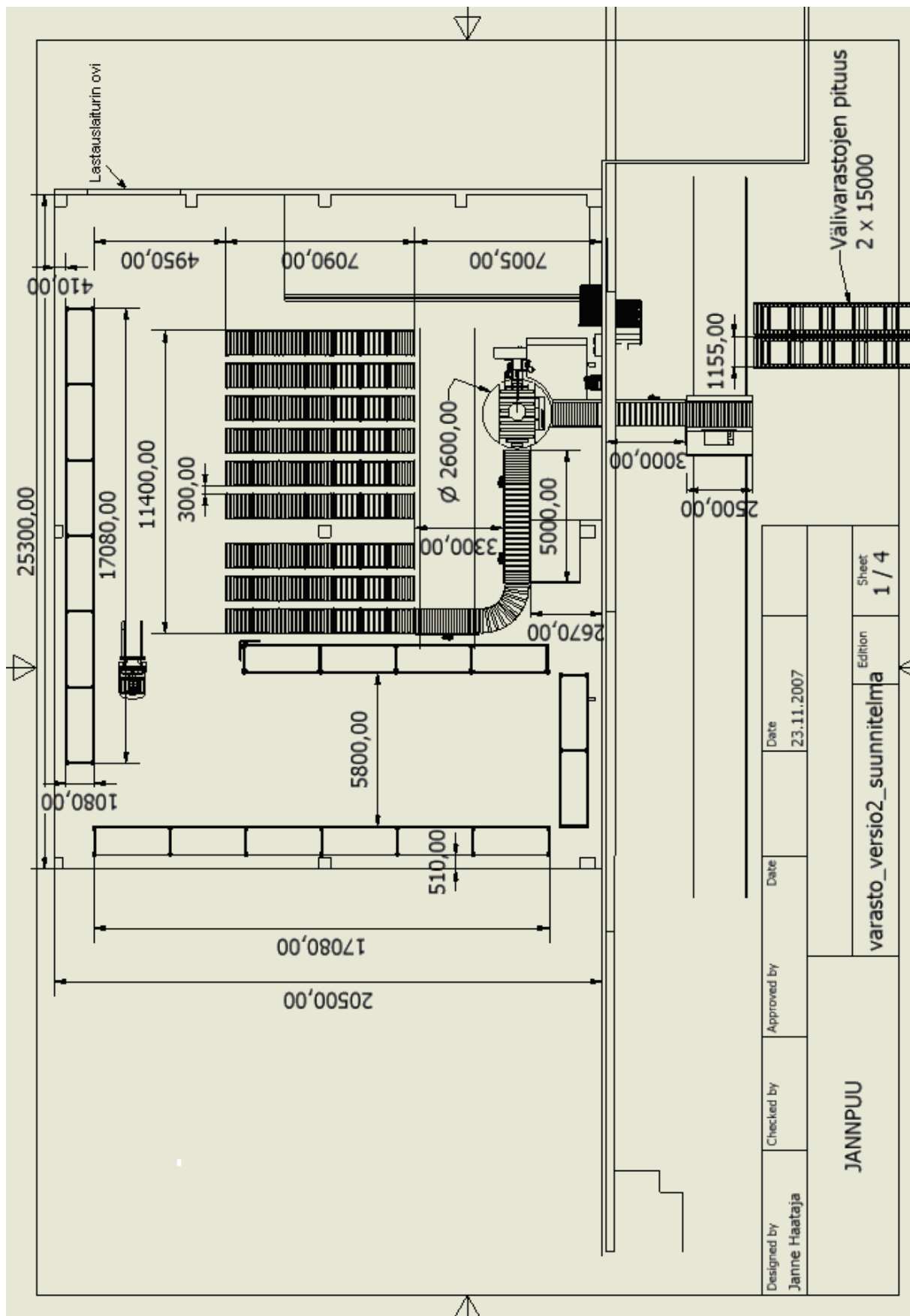
LIITE 6. ANTUREIDEN SIJOITUSPAIKAT

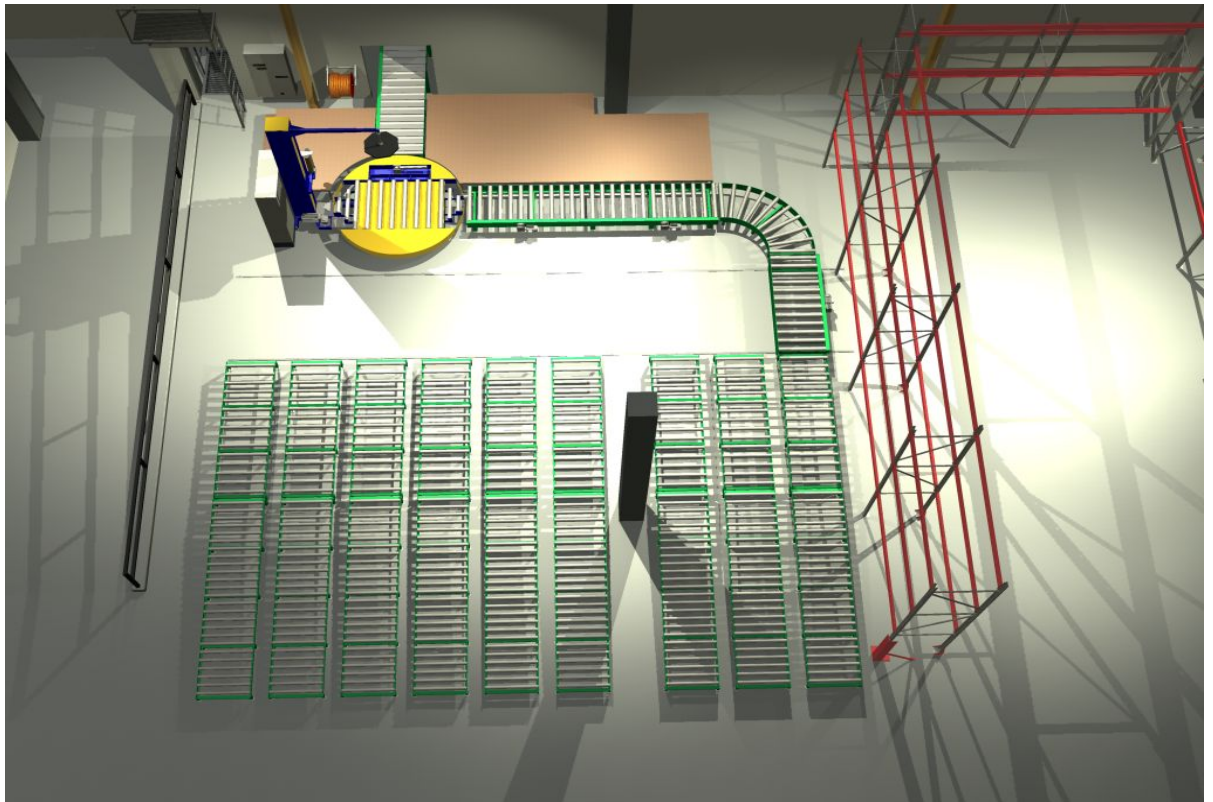
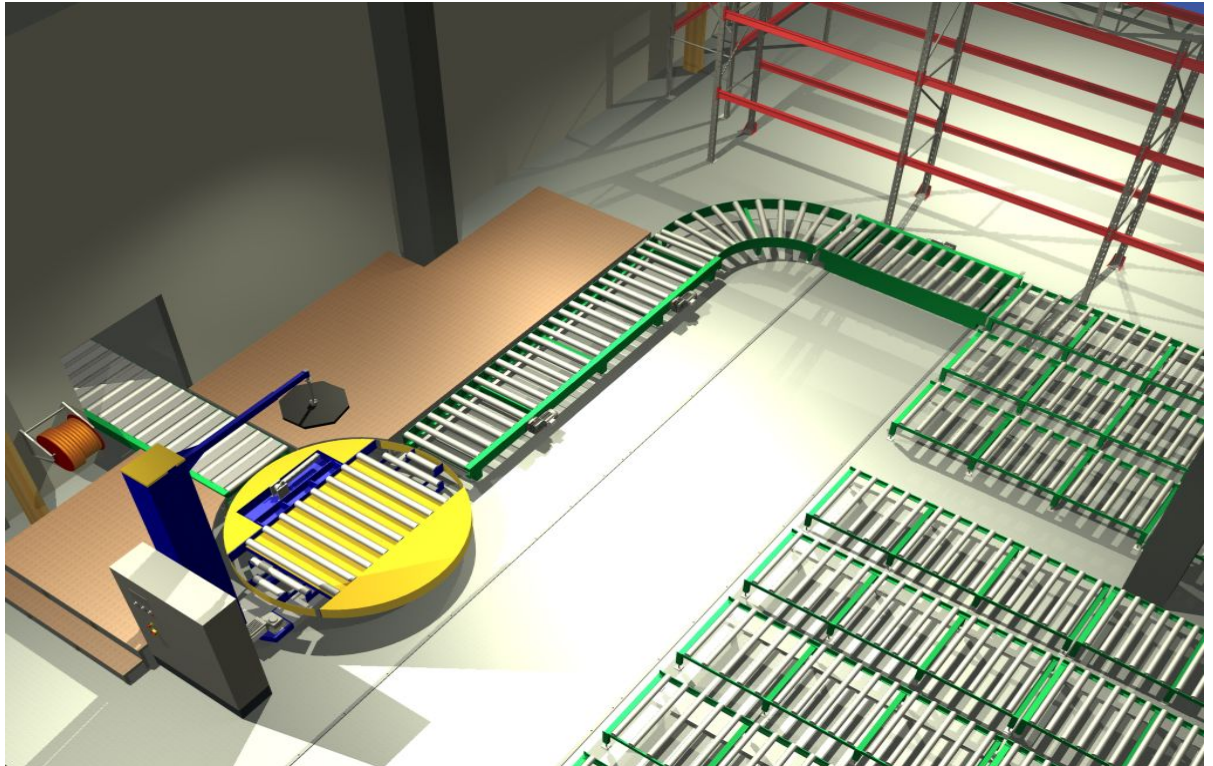


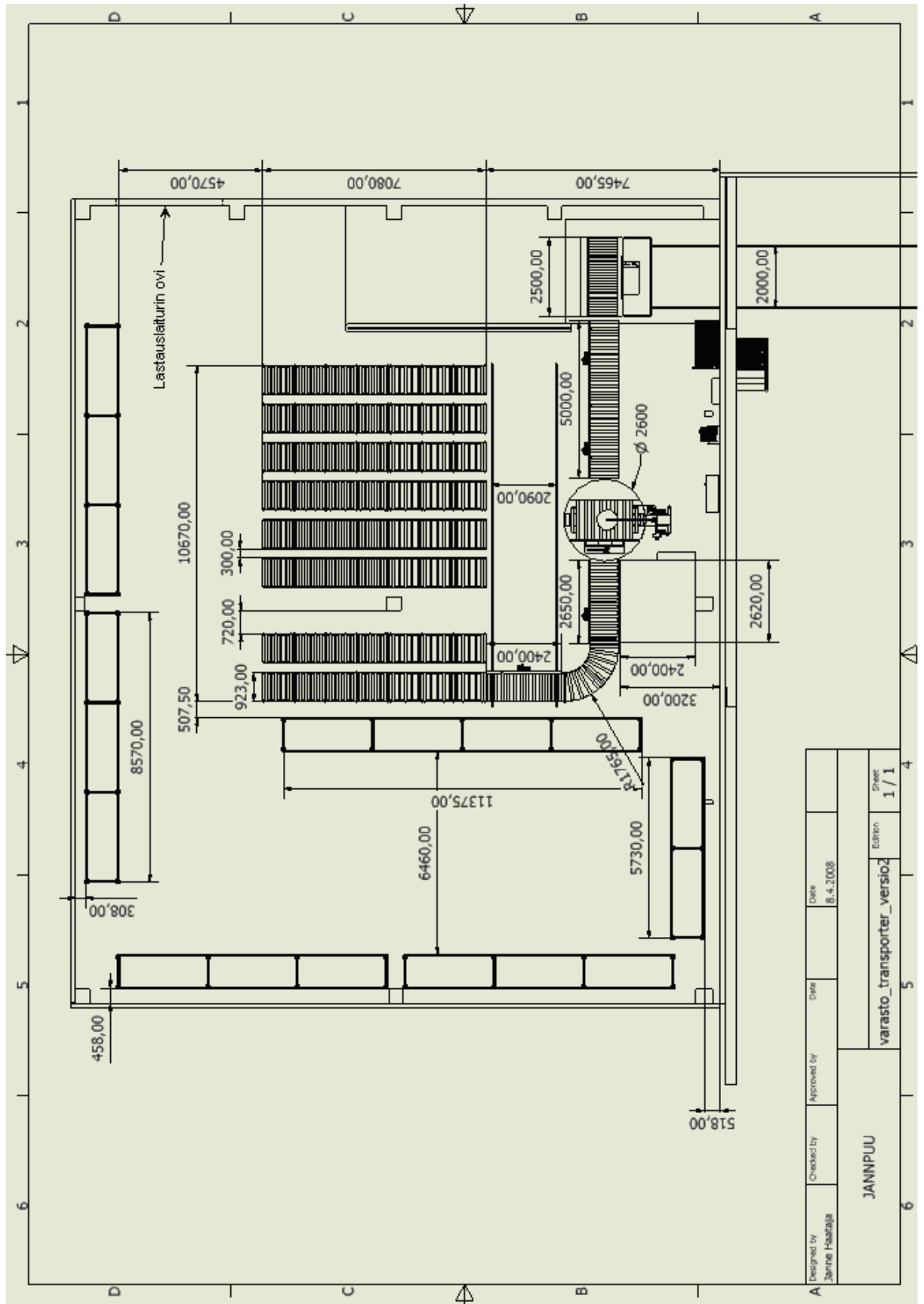




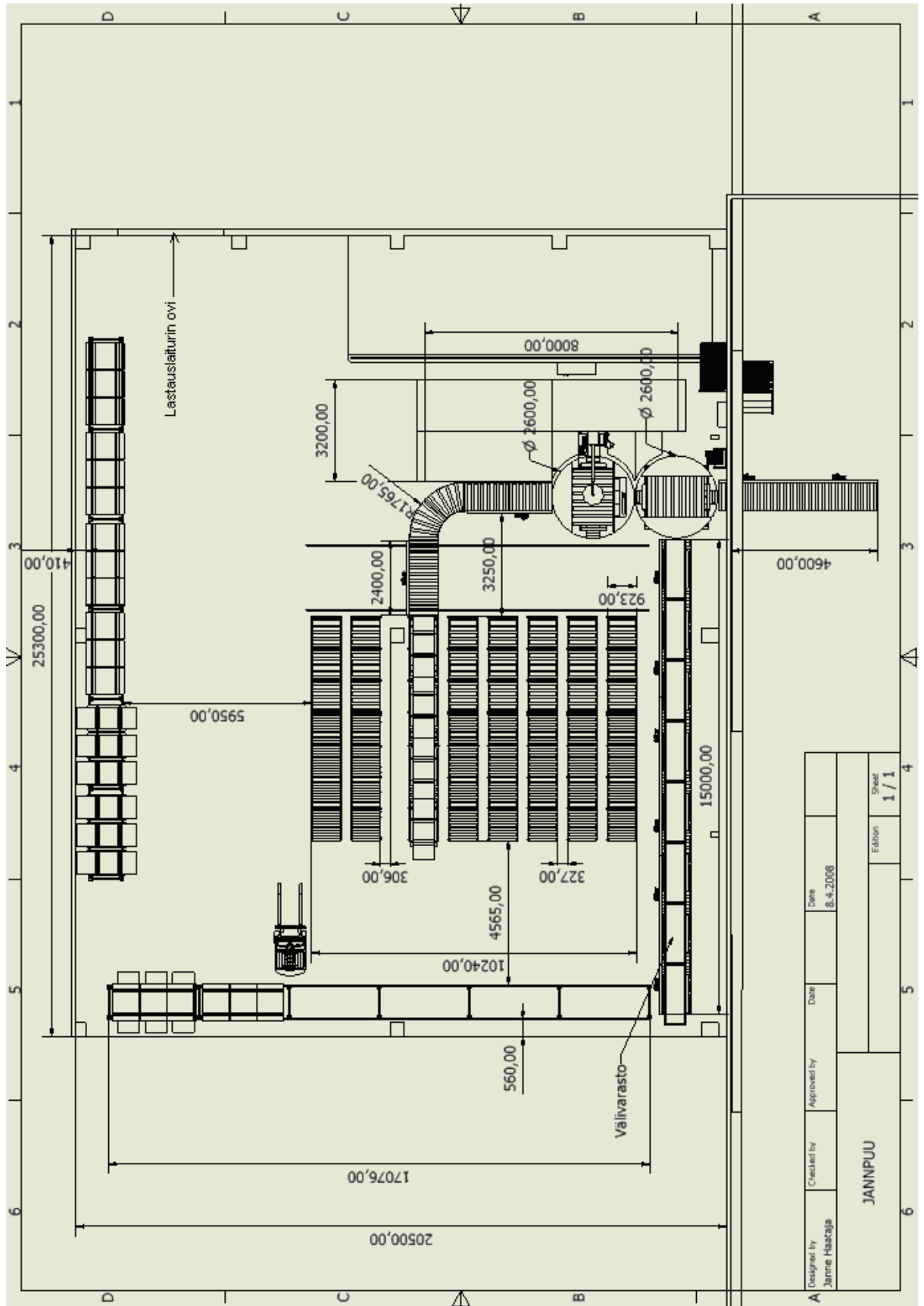




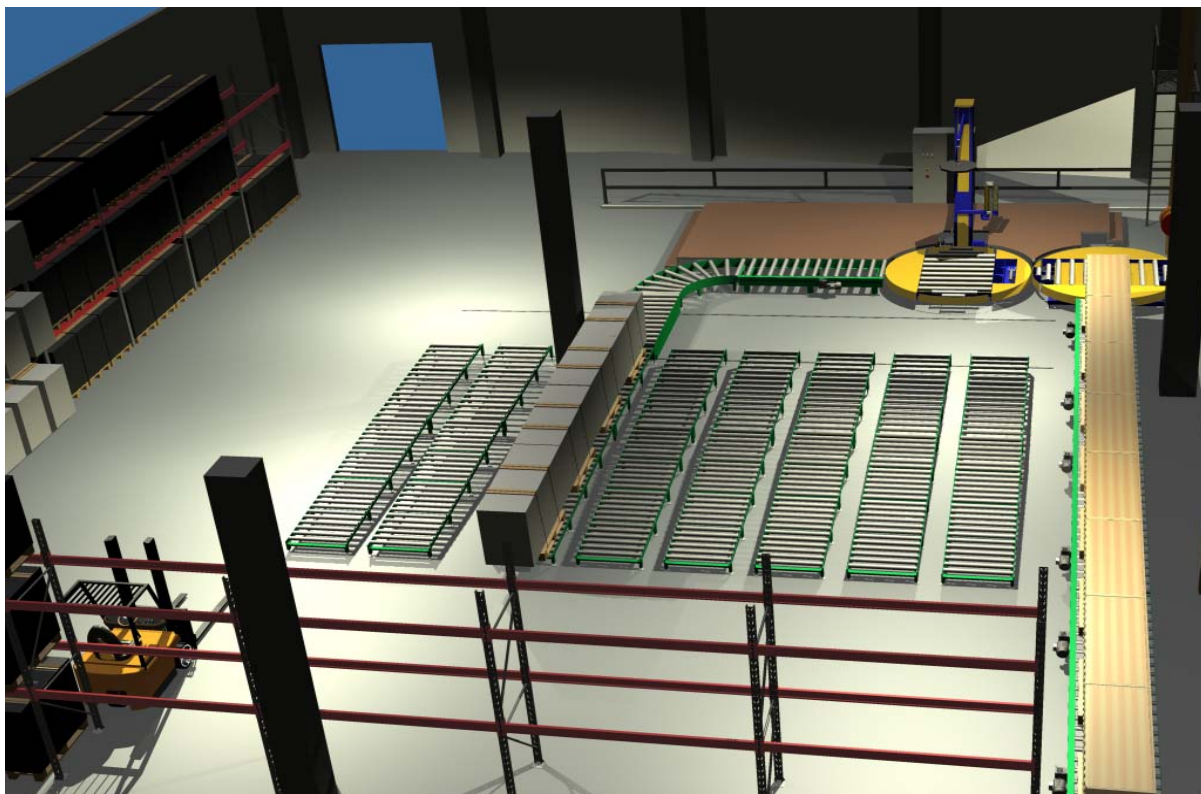
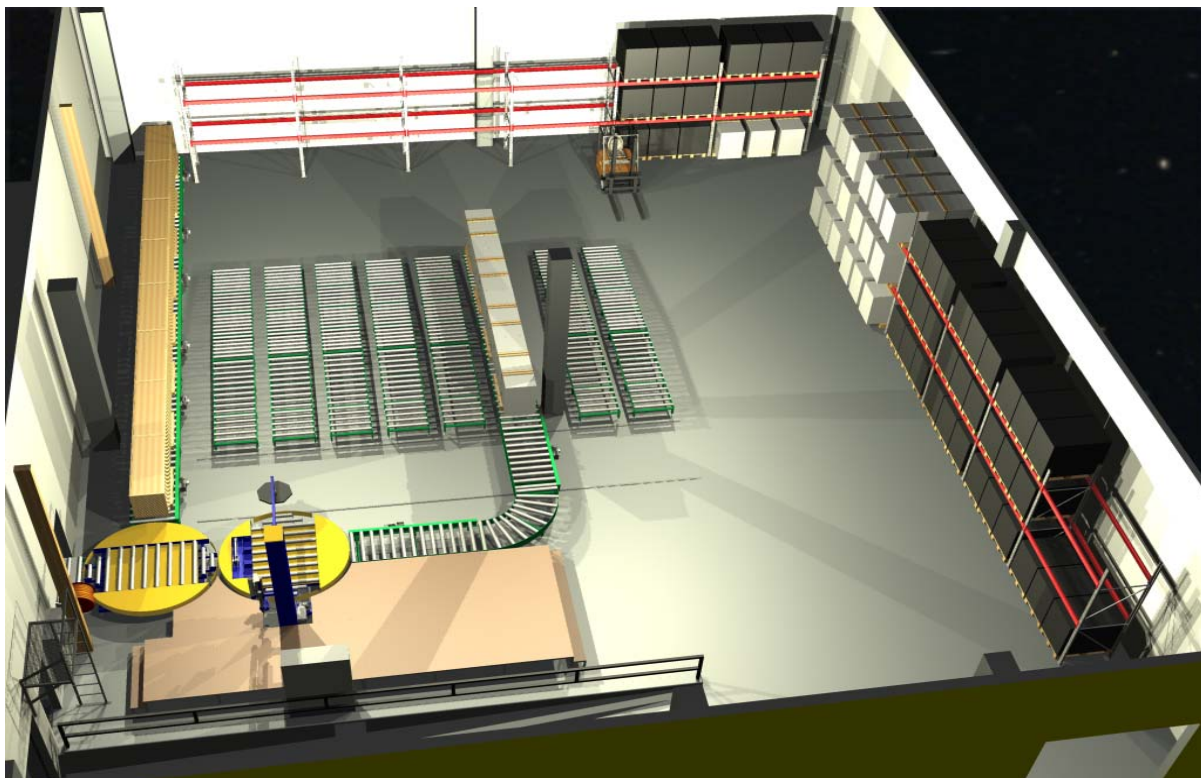


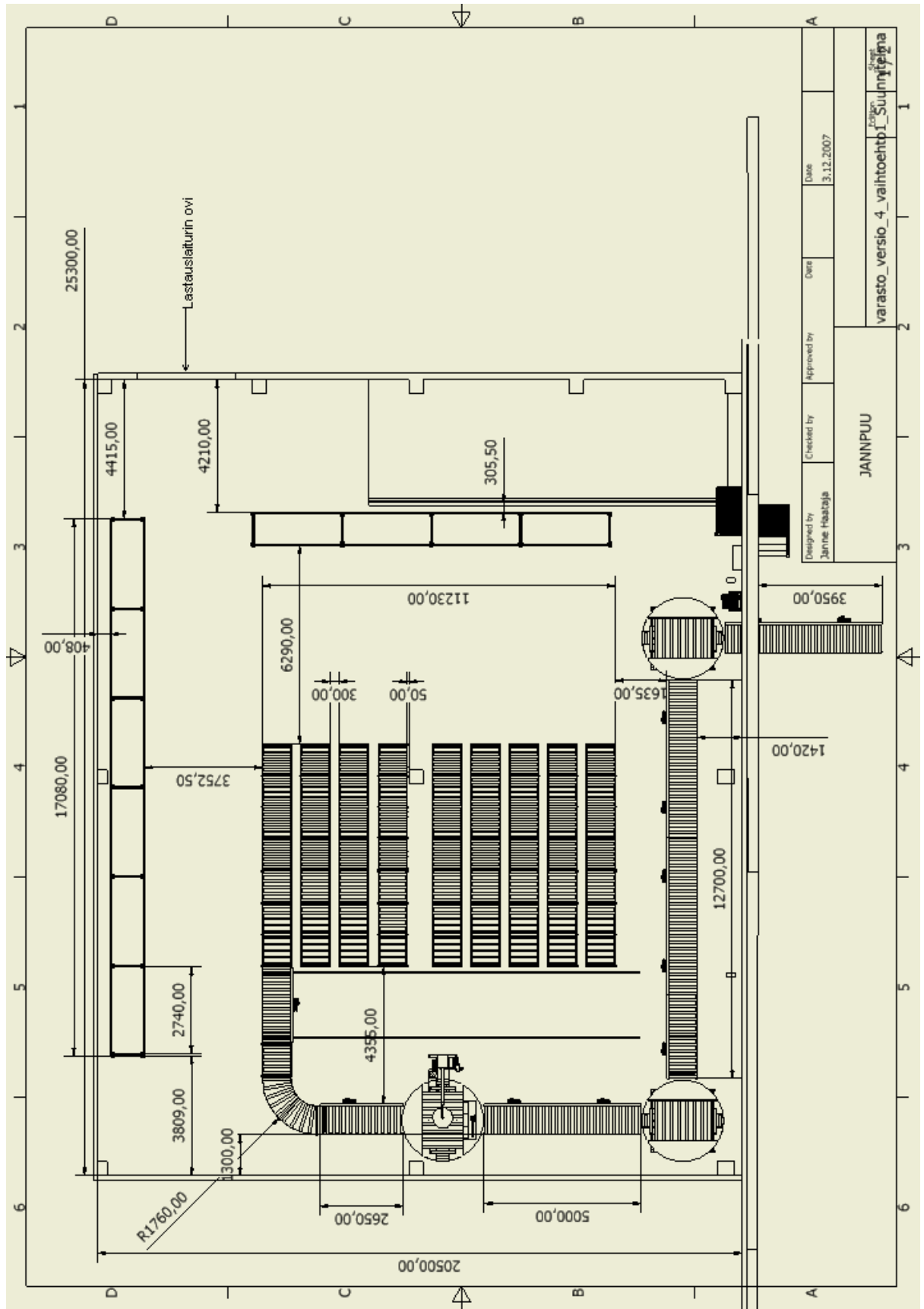


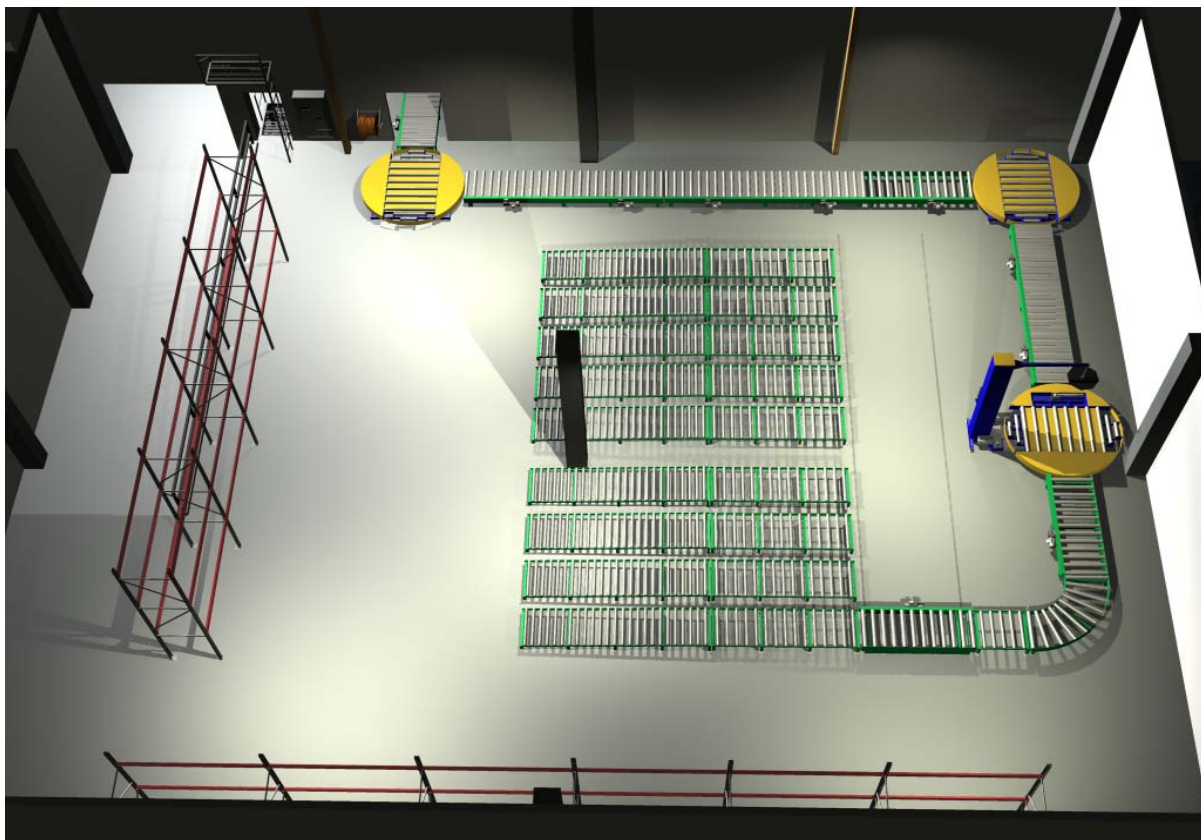
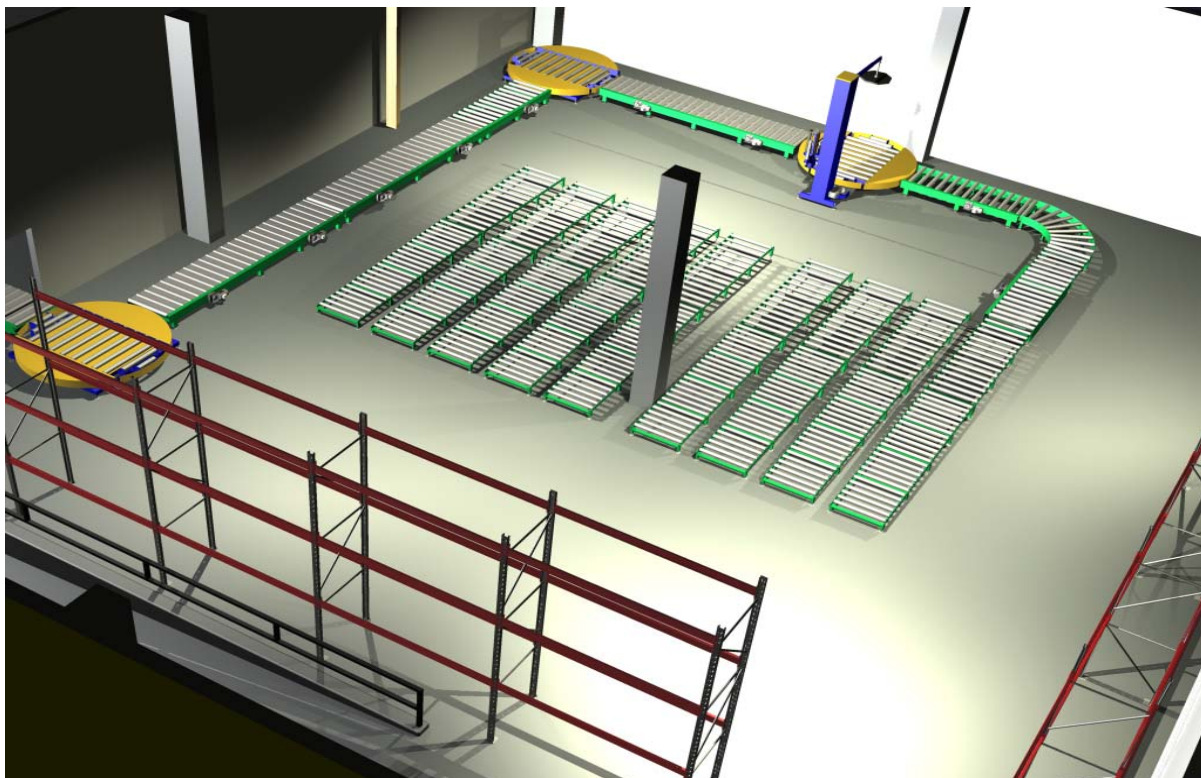
A	Designed by	Approved by	Date	1 / 1
	Janne Heikkilä		8.4.2008	
JANNUU			Edinen	1 / 1
			varasto_transporter_versio2	

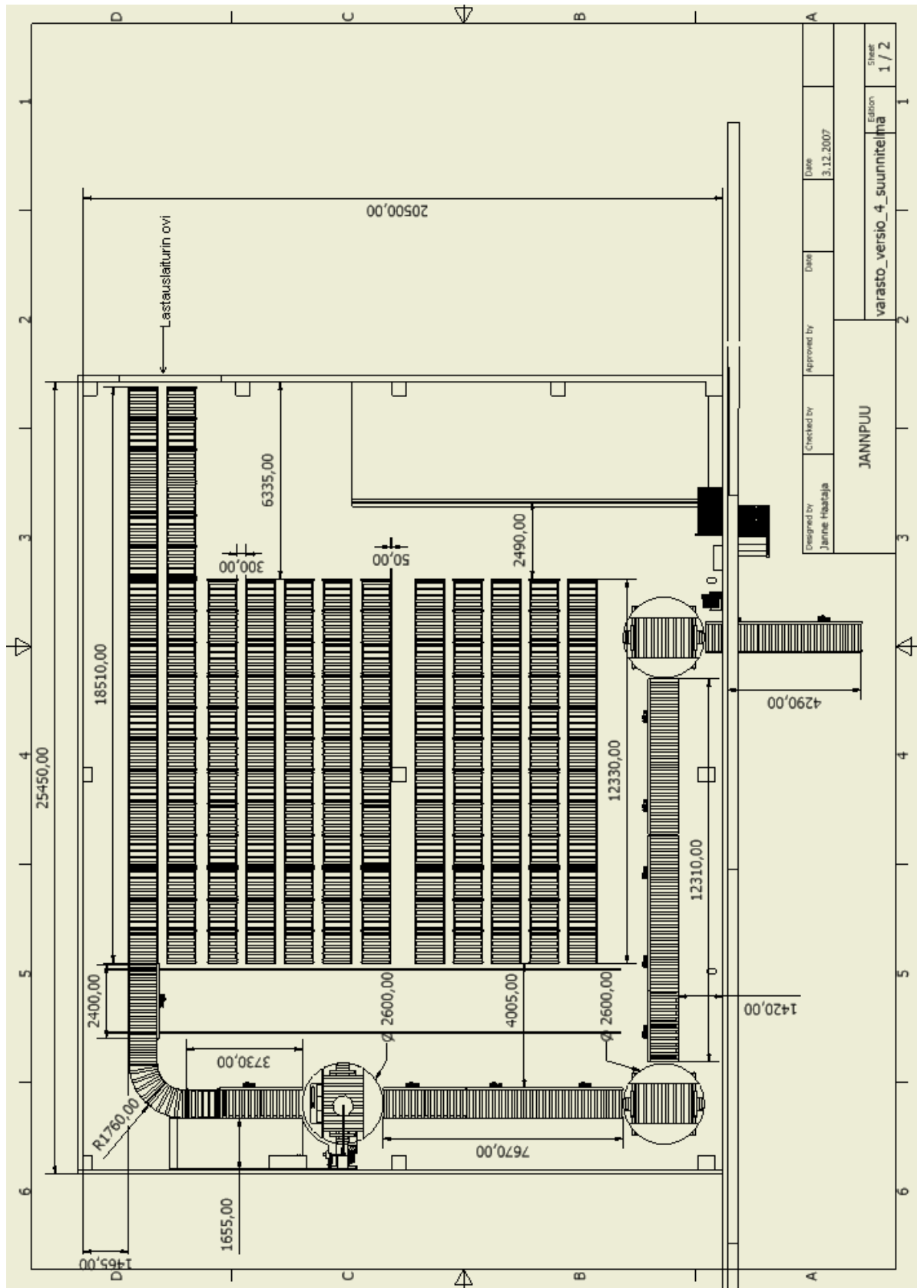


A	Designed by	Checked by	Approved by	Date	Edition	Sheet
	Janne Haataja			8.4.2008		
JANNIPUU						









Designed by Janne Haataja	Checked by	Approved by	Date 3.12.2007
JANNPUU			varasto_versio_4_suunnitelma
			Edition 1 / 2
			Sheet 1 / 2

