



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tomi Ketola

---

# Mitta- ja syöttölaitteen suunnittelu metallivannesahan yhteyteen

Vesmes Oy

Opinnäytetyö

Kevät 2021

SeAMK Tekniikka

Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Tomi Ketola

Työn nimi: Mitta- ja syöttölaitteen suunnittelu

Ohjaaja: Jarno Arkko

Vuosi: 2021

Sivumäärä: 50

Liitteiden lukumäärä: 5

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella konepajassa käytettävälle puoliautomaattiselle vannesahalle syöttö- ja mittalaite. Työ aloitettiin kartoittamalla jo markkinoilla olevia laitteita ja järjestelmiä, mutta suhteellisen suppean tarjonnan myötä päädyttiin kuitenkin suunnittelemaan laitteet itse. Suunnittelu aloitettiin tekemällä kartoitus laitteiden vaatimuksista sekä ominaisuuksista. Tämän jälkeen aloitettiin itse laitteiden osien suunnittelu.

Laitteissa käytettävät voimansiirtokomponentit sekä lineaariliikkeen komponentit valittiin jo konepajalta löytyvistä komponenteista ja runkojen osien suunnittelu toteutettiin näiden pohjalta sopiviksi. Mekaanisessa suunnittelussa otettiin huomioon eritoten laitteiden turvallisuus. Huomioitavia asioita oli myös valmistettavuus, materiaalien kustannus sekä kokonaisuuksien yksinkertaisuus. Suunnittelun päätyttyä tehtiin molemmista laitteista riskianalyysit, joilla todettiin laitteiden turvallisuus.

Automaation suunnittelu sisältyi myös opinnäytetyöhön, mutta koko työn laajuuden vuoksi rajattiin se komponenttien valintaan ja toiminnan suunnitteluun. Toiminnan suunnittelussa otettiin huomioon vain tämänhetkinen tarve, mutta kehitysmahdollisuuksia laitteiden automaatioon on lukuisia.

Mekaanisessa suunnittelussa suunnitteluohjelmanä käytettiin Vertex G4 suunnitteluohjelmistoa, sekä automaatiokomponenttien valinnassa ja suunnittelussa käytettiin Siemensin TIA-Selection Tool -ohjelmaa.

<sup>1</sup> Asiasanat: mekaniikka, automaatio, suunnittelu, mittalaite, syöttölaite

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Mechanical and Production Engineering

Author: Tomi Ketola

Title of thesis: Measuring and feeding device design.

Supervisor: Jarno Arkko

Year: 2021

Number of pages: 50

Number of appendices: 5

---

The objective of this thesis was to design a feeding and measuring device for the semi-automatic bandsaw used in machine shops. The work was started by searching for devices and systems which already were in the market, but due to narrow supply this plan had to be changed by designing the device from the beginning. The design phase begun with charting the specific demands and properties of the devices and was continued by designing the actual parts.

The transmission and linear motion components used in the devices were selected from the components already found in the workshop. The design of the frame parts was carried out based on these. In particular, the safety of the devices was considered in the mechanical design. The other matters considered were manufacturability, the cost of materials and the simplicity of the assemblies. Risk analyses were performed at the end of the design process to determine the safety of both devices.

Automation design was also included in the thesis, but due to the scope of the whole work, it was limited to the selection of components and the planning of activities. Only the current need was considered in the planning of the operation, but there are numerous development opportunities for equipment automation.

Vertex G4 design software was used as the design program for mechanical design and Siemens TIA-Selection Tool program was used for the selection and design of automation components.

<sup>1</sup> Keywords: mechanics, automation, design, measuring device, feeder

# SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä .....	2
Thesis abstract .....	3
SISÄLTÖ .....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo .....	6
1 JOHDANTO .....	7
1.1 Työn tausta .....	8
1.2 Työn tavoitteet.....	8
1.3 Työn rajaukset.....	9
1.4 Yritysesittely .....	9
2 KONETURVALLISUUS .....	10
2.1 Turvallistamisen periaatteet.....	11
2.2 Ohjausjärjestelmien turvallisuus ja toimintavarmuus .....	12
2.3 Koneen käynnistäminen .....	12
2.4 Koneen pysäyttäminen.....	13
2.5 Liikkuvista osista aiheutuvat riskit.....	14
2.6 Riskiarviointi .....	14
2.7 Tekninen tiedosto .....	18
2.8 Koneturvallisuus automaatiojärjestelmässä.....	20
3 TUOTEKEHITYS.....	21
3.1 Kehitysprosessi .....	21
3.2 Tuoteohjelman suunnittelu .....	22
3.3 Konseptisuunnittelu .....	22
3.4 Systemisuunnittelu .....	22
3.5 Detalju suunnittelu.....	23
3.6 Testaus ja parannus.....	23
3.7 Tuotanto.....	23
4 NYKYTILANTEEN KUVAUS .....	24

5	TUTKIMUSMENETELMÄT .....	28
6	RULLAKULJETIN .....	29
6.1	Runko.....	30
6.2	Käyttölaitteet .....	32
6.3	Rullat.....	33
6.4	Akkumuloiva rulla .....	34
6.5	Toimintaperiaate .....	35
7	MITTAVASTE.....	36
7.1	Runko.....	36
7.2	Käyttölaite .....	39
7.3	Lineaariliike .....	39
7.4	Toimintaperiaate .....	40
8	AUTOMAATION TOIMINTA .....	41
9	TULOKSET .....	44
10	YHTEENVETO JA POHDINTA.....	46
	LÄHTEET .....	48
	LIITTEET .....	50

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Käytössä oleva vannesaha.....	24
Kuva 2. Syöttöpuolella oleva vapaarata.....	26
Kuva 3. Jättöpuolella oleva vapaarata sekä vaste.....	27
Kuvio 1. Kaavio riskin pienentämisprosessista.....	15
Kuvio 2. Nykytilanne CAD-mallina.....	25
Kuvio 3. Kuljetin edestä.....	30
Kuvio 4. Jalkojen sovitelevy.....	31
Kuvio 5. Ketjutus.....	32
Kuvio 6. Akkumuloiva rulla.....	34
Kuvio 7. Rullakuljetin.....	35
Kuvio 8. Mittavasteen runko.....	37
Kuvio 9. Vastin.....	38
Kuvio 10. Mittavaste.....	40
Kuvio 11. Automaation toimintakaavio.....	43
Kuvio 12. Valmis kokoonpano.....	45
Taulukko 1. Sahauskapasiteetti.....	25
Taulukko 2. Automaatiokomponentit.....	42

# 1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena on suunnitella konepajan käyttöön soveltuva syöttö- ja mittalaite metallivannesahan yhteyteen. Suunnittelu toteutetaan toimeksiantajalla yrityksessä käytössä olevalla Vertex G4 suunnitteluohjelmistolla. Työssä otetaan huomioon koneturvallisuuteen liittyvät asiat ja toteutus tehdään mahdollisimman turvallisesti ja helpoksi käyttää. Mekaaniseen suunnittelukokonaisuuteen kuuluu materiaalin syöttö sahalle, sekä mittalaite, jolla saadaan tarkka mittausta sahattavasta kappaleesta. Mekaanisen suunnittelun lisäksi työhön kuuluu myös automaation toiminnan suunnittelu. Työ tehdään työn tilaajan Vesmes Oy:n tiloissa Kauhajoella. Syöttö- ja mittalaite on myös tarkoitus valmistaa ja ottaa käyttöön konepajassa. Työn ohessa kartoitetaan myös jo markkinoilla olevia mitta- ja syöttölaitteita ja tarkastellaan näiden mahdollista soveltuvuutta käytettäväksi laitteeksi.

Tarve laitteelle syntyi manuaalisen sahauksen inhimillisistä mittavirheistä, sahattavien sarjojen suuresta määrästä, pitkien kappaleiden työläästä mittauksesta, sekä mittauksen aiheuttamasta viiveestä. Yrityksen kanssa käytiin läpi vaadittavat asiat laitteen suunnitteluun liittyen. Sahalla sahataan monia eri materiaaleja ja eri profiileja, joten erinäisen yhdistelmä mitta- ja syöttölaitteen valmistus koettiin hankalaksi. Tästä syystä päädyttiin kahteen valmistettavaan laitteeseen. Syöttöpuolelle tehdään noin kuusimetriä pitkä vetävä rullakuljetin, joista joka toinen rulla on vetävä, sekä vetävät rullat ovat akkumuloivia. Jättöpuolelle suunnitellaan oma automaattinen mittavaste, jota ohjataan logiikan ja kosketusnäytön avulla. Näin ollen laitteet toimivat kaikilla eri muodoilla ja sahattavilla profiileilla.

Laitteiden riskiarvioinnissa käytetään konedirektiiviä sekä SFS-EN ISO -12100 standardia, johon sisältyy muun muassa raja-arvojen määrittely, riskien suuruuden arviointi, vaarojen tunnistus, riskien merkityksen arviointi sekä riskien pienentäminen. Laitteiden riskit tullaan minimoimaan jo suunnitteluvaiheessa erinäisillä teknisillä ratkaisuilla, jotta laitteesta saadaan turvallinen käyttää.

## 1.1 Työn tausta

Työ käsittelee konepajassa olevan metallivannesahan yhteyteen suunniteltavaa automaattista mitta- ja syöttölaitetta, joka soveltuu erinäisille sahattaville kappaleille. Yrityksellä olisi selvä tarve tällaiselle laitteelle, koska käytännössä tuotanto alkaa aina kappaleiden sahauksella 6 tai 12 metrin täyspitkästä materiaalista. Sahattavat kappalemäärät vaihtelevat ja samoin kappaleiden mitat. Erityisesti pitkille sahattaville kappaleille laite nopeuttaisi tuotantoa, jolloin rullamitan käyttö kappaleiden mittauksessa vähenisi huomattavasti. Laite soveltuisi myös lyhyemmille kappaleille, jos ja kun, sahattava määrä on suuri. Konepajassa on käytössä puoliautomaattinen vannesaha, jonka ympärillä on täysin vapaat rullaradat, jolloin sahattavaa materiaalia liikutellaan käsin. Ulkoa sisään tuova rullarata on kuitenkin vetävä ja tätä lastataan pyöräkuormaajalla, eli ulkoa sisään materiaali liikkuu koneellisesti, mutta sisällä materiaalia on liikuteltava käsin. Mittaus on hankalaa varsinkin pitkillä sahattavilla kappaleilla ja näin ollen hidastaa tuotannon läpimenoaikaa merkittävästi. Sahan jättöpuolella on olemassa jo manuaalinen mittavaste, joka on osoittautunut toimivaksi, mutta työlääksi käyttää. Ongelmana vasteen käytössä on pääasiassa epätarkkuus. Tämä ilmenee varsinkin pitkiä sarjoja sahattaessa, tällöin vaste muuttuu epätarkaksi johtuen materiaalin törmäyksestä vastimeen, kun syötetään uutta sahattavaa materiaalia, jolloin vastin liikkuu taaksepäin ja on näin ollen epätarkka.

## 1.2 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena on suunnitella sahan yhteyteen toimiva ja mahdollisimman yksinkertainen mitta- ja syöttölaite, jolla päästään haluttuun tarkkuuteen ja rullamitan käyttö sahattaessa voidaan unohtaa ehkä jopa kokonaan. Tavoitteena on ajan säästämisen lisäksi, myös materiaalin säästö ja hukkapalojen minimointi, sekä inhimillisten mittavirheiden eliminointi. Tuotannon läpimenoajan lyhentäminen, jolloin mahdollisesti saadaan yksi aikaa vievä työvaihe poistettua tuotantoprosessista kokonaan. Suunnitteluun sisältyy mekaaninen sekä automaation suunnittelu.



### 1.3 Työn rajaukset

Työ rajataan pelkästään suunnitteluun, koska työ on melko laaja kokonaisuus jo pelkästään suunnitteluasteella. Valmiin tuotteen toteutus tapahtuu yrityksessä suunnittelutyön valmistuttua ja tuote otetaan mahdollisesti käyttöön. Suunnittelu toteutetaan yrityksessä käytössä olevalla Vertex G4 suunnitteluohjelmistolla, jolloin kaikki dokumentit tallentuvat sisäiseen järjestelmään ja ovat sieltä saatavissa laitteen valmistuksen ajankohdan ollessa hyvä. Rajauksia tehtiin myös laitteen kapasiteettiin, koska sahan kapasiteetti on 450x620. Kapasiteetti on sen verran laaja, että on todella hankala suunnitella kokonaisuutta, jonka toiminta-alue kattaa niin 12 mm:n tangon syötön ja mittauksen, kuin maksimi mitoilla tapahtuvan materiaalin syötön ja mittauksen, pysyen vielä suhteellisen nopeana, toimintavarmana, helposti valmistettavana ja huoltovapaana sekä turvallisena.

### 1.4 Yritysesittely

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Vesmes Oy, jonka kotipaikkakunta on Kauhajoki. Yritys on perustettu vuonna 2011, mutta juuret ulottuvat kauas 70-luvulle perustettuun Onninen Vesme Oy yritykseen. Vesmes toimittaa tuotteita yksittäisestä laitteesta aina isoihin laitekokonaisuuksiin asti, avaimet käteen periaatteella. Laitteiden suunnittelu ja valmistus tapahtuvat samassa paikassa, Etelä-Pohjanmaalla Kauhajoella. Yritys on keskittynyt kiinteän polttoaineen syöttöjärjestelmiin, materiaalinkäsittelyjärjestelmiin, erikoislaitteisiin, sekä kyseisten laitteiden huoltoon ja kunnossapitoon. (Vesmes 2021.)

## 2 KONETURVALLISUUS

Opinnäytetyössä suunniteltavat laitteet suunnitellaan sen mukaisesti, että ne täyttävät CE-merkinnän vaatimukset. Tämä tarkoittaa sitä, että suunnittelussa sovelletaan konedirektiiviä, sekä SFS-EN ISO 12100 standardia, joka koskee koneturvallisuutta.

Suunnittelussa käytettiin apuna Koneturvallisuuden käsikirjaa sekä Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviä 2006/42/EY, eli konedirektiiviä. Kyseistä direktiiviä sovelletaan koneisiin, vaihdettaviin laitteisiin, turvakomponentteihin, nostoapuvälineisiin, ketjuihin, köysiin, vöihin, nivelakseleihin sekä puolivalmisteisiin. Direktiivissä on esimerkkejä, sekä neuvoja turvalliseen ja toimivaan koneensuunnitteluun. Standardit täsmentävät erikseen direktiiviä ja sen osia.

Nykyisin voimassa olevat säädökset, jotka koskevat koneiden turvallisuutta Suomessa perustuvat direktiiveihin. Nykyisin vahvistettavat direktiivit ovat Euroopan unionin direktiivejä. Kun direktiivi vahvistetaan, se ei ole vielä sellaisenaan voimassa missään vaan jokaisen Euroopan talousalueen on otettava se osaksi omaa lainsäädäntöä direktiivissä mainittavan ajan kuluessa. Direktiivit Suomessa useimmiten saatetaan voimaan valtioneuvoston asetuksina. Koneisiin liittyvät direktiivit ovat pääasiassa joko valmistajia koskevia tuotedirektiivejä tai työolosuhdedirektiivejä, jotka koskevat työnantajia. Tuotedirektiivit on sellaisenaan saatettava voimaan kaikissa EU:n talousalueen maissa ja kun tuotteet ovat direktiivin vaatimusten mukainen voidaan se valmistaa, saattaa markkinoille ja käyttöön ottaa sekä mahdollisesti myydä tai siirtää ulkomaille. (Siirilä & Tytykoski 2016.)

Koneen määritelmällä, joita tässä opinnäytetyössä suunnitellaan ja tarkastellaan, tarkoitetaan toisiinsa liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmää, jossa on tai joka on tarkoitettu varusteltavaksi muulla kuin välittömällä ihmis- tai eläinvoimalla toimivalla voimansiirtojärjestelmällä ja jossa on ainakin yksi osa tai komponentti liikkuva ja joka on kokoonpantu eritystä toimintoa varten. Direktiivin yleisiin periaatteisiin kuuluu koneen valmistajan tai tämän valtuutetun edustajan varmistaa riskin arviointi, jotta koneeseen soveltuvat terveys- ja turvallisuusvaatimukset voidaan määrittää. Riskin arviointiin kuuluu määriteltävät koneen raja-arvot, koneen mahdollisesti aiheuttamat vaarat ja vaaratilanteet, riskin suuruus on arvioitava ottaen huomioon mahdollisen vamman tai terveyshaitan vakavuus ja todennäköisyys, riskin merkityksen arviointi sen määrittämiseksi, vaarojen poistaminen ja pienentäminen soveltamalla suojaustoimenpiteitä. (2006-42-EY 2006.)

Nämä asiat tullaan tarkastelemaan koneiden suunnittelussa ja ottamaan huomioon jo suunnitteluvaiheessa, jotta vaaratilanteita ei pääse syntymään koneita käytettäessä. Näin ollen riskien välttäminen on helpompaa ja laitteista saadaan turvallisempia käyttöä. Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan konedirektiivissä sovittuja asioita koneen turvallisuudesta suunnittelusta sekä keskitytään tämän työn kannalta tärkeimpiin kohtiin.

## 2.1 Turvallistamisen periaatteet

Kone tulee suunnitella ja rakentaa siten, että se soveltuu tarkoitukseensa ja sitä on mahdollista käyttää, huoltaa ja säätää henkilöitä vaarantamatta, kun huoltotoimet suoritetaan tarkoitetulla tavalla. On myös ennakoitava koneen väärinkäyttö. Toteutettavien toimenpiteiden tarkoituksena on oltava riskin poistaminen koneen koko ennakoitavana käyttöaikana, sisältäen kuljetus-, kokoonpano-, purkamis-, käytöstä poisto- ja romuttamisvaihe. (2006-42-EY 2006.)

Kun valitaan ratkaisuja, on noudatettava seuraavia periaatteita kyseisessä järjestyksessä:

- poistettava tai pienennettävä riskejä mahdollisimman paljon suunnittelulla ja rakenteella,
- toteutetaan tarvittavat suojaustoimenpiteet sellaisten riskien osalta, joita ei voida poistaa,
- tiedotetaan koneen käyttäjälle jäännösriskeistä, jotka johtuvat suojaustoimenpiteiden mahdollisista vajavaisuuksista, sekä ilmoitetaan, onko tarvetta erikoiskoulutukselle ja määritetään, tarvitaanko henkilösuojaimia konetta käytettäessä. (2006-42-EY 2006.)

Kone on suunniteltava siten, että sitä ei voida käyttää epätavallisella tavalla, jos käytöstä aiheutuu riskejä. Käyttöohjeissa käyttäjän huomio on kiinnitettävä sellaisiin käyttötapoihin, joiden on todettu olevan mahdollisia ja joilla konetta ei saa käyttää. Suunnittelussa on myös huomioitava henkilösuojaimien välttämättömästä tai ennakoivasta käytöstä aiheutuvat käyttäjää rajoittavat tekijät, sekä koneen mukana on toimitettava kaikki välttämättömät erikoislaitteet ja varusteet, joilla mahdollistetaan koneen turvallinen huolto, säätö sekä käyttö. (2006-42-EY 2006.)

## 2.2 Ohjausjärjestelmien turvallisuus ja toimintavarmuus

Ohjauslaitteiden on oltava tunnistettavia ja selvästi näkyvillä, sekä sijoitettava siten, että niiden käyttö on mahdollisimman turvallista ilman epäröintiä ja ajanhukkaa, sekä suunniteltava siten, että niiden liike vastaa vaikutusta mahdollisimman tarkasti. Ohjauslaitteet on sijoitettava vaaravyöhykkeiden ulkopuolelle, pois lukien hätäpysäytystä tai kannettavaa ohjelmointilaitetta. Sijoitus on myös suunniteltava sen mukaan, ettei se aiheuta lisäriskejä käyttäjälleen. Ohjauslaite on myös valmistettava kestäväksi ennakoitavissa olevat voimat, erityisesti hätäpysäytyslaitteet, joihin mahdollisesti saattaa kohdistua suuriakin voimia. Jos ohjauslaitteesta on tarkoitus käyttää useita eri toimintoja, on suoritettava toiminta selkeästi ilmoitettava ja tarvittaessa varmistettava. Laitteiden sijoittelu, liike ja käyttövastus on sovittava yhteen suoritettavan toiminnan kanssa unohtamatta ergonomisia periaatteita. Koneessa on oltava sen turvallisen käytön edellyttämät osoitinlaitteet ja käyttäjän on kyettävä lukemaan niitä ohjauspaikalta. (2006-42-EY 2006.)

Käyttäjän on kyettävä jokaiselta ohjauspaikalta käsin varmistumaan, ettei vaaravyöhykkeillä ole ketään, tai ohjausjärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava siten, että käynnistyminen estyy, jos joku on vaaravyöhykkeellä. Jos kuitenkin näistä vaihtoehdoista kumpikaan ei ole mahdollinen, on ennen koneen käynnistymistä annettava varoitus ääni- ja tai valomerkillä. Vaaravyöhykkeellä olevalla henkilöllä tulee olla riittävästi aikaa poistua vyöhykkeeltä tai estettävä käynnistyminen. Tarvittaessa on huolehdittava siitä, että konetta voidaan ohjata vain ohjauspaikoilta, jotka sijaitsevat yhdellä tai useammalla määrättyllä paikalla. Jos ohjauspaikkoja on enemmän kuin yksi, on järjestelmä suunniteltava niin että yhden ohjauspaikan käyttäminen estää muiden käytön, pysäytys ja hätäpysäytyslaitteita lukuun ottamatta. Jos paikkoja on enemmän kuin yksi, on jokainen paikka varustettava kaikilla vaadituilla ohjauslaitteilla ilman, että käyttäjät voivat häiritä toisiaan tai saattaa toisiaan vaaratilanteeseen. (2006-42-EY 2006.)

## 2.3 Koneen käynnistäminen

Käynnistys saa olla mahdollinen vain vaikuttamalla tarkoituksenmukaisesti asianomaiseen ohjainlaitteeseen. Sama koskee uudelleenkäynnistystä heti pysähdysten jälkeen, sekä toimintaolosuhteiden huomattavaa muuttamista. Olosuhteiden muuttaminen tai uudelleenkäynnistys on kuitenkin mahdollista toteuttaa tarkoituksenmukaisesti muulla kuin tähän tarkoitettuun laitteeseen, kunhan tämä ei aiheuta vaaratilannetta. Kuitenkin automaattisessa

toimintatilassa oleva koneen käynnistäminen ja uudelleenkäynnistäminen toimintaan sen kummemmin puuttumatta, edellyttää myös, ettei vaaratilanteita aiheudu. Jos koneessa on useita käynnistysohjaimia ja mahdollisuus käyttäjien aiheuttamille vaaratilanteille on olemassa, on asennettava lisälaitteita, joiden avulla voidaan riskit sulkea pois. (2006-42-EY 2006.)

## **2.4 Koneen pysäyttäminen**

Koneen pysäyttäminen jaetaan direktiivissä kolmeen eri pysäytykseen: normaalipysäytys-, toiminnallinen pysäytys sekä hätäpysäytys, joille on kaikille laadittu omat toimintaperiaatteet.

Normaalipysäytyksessä koneessa on oltava ohjauslaite, jolla pysäytys on mahdollista suorittaa kokonaan, sekä jokainen työasema on varustettava laitteella, jolla pysäytetään olemassa olevista vaaroista riippuen kaikki tai osa koneen toiminnoista ja kone saatetaan turvalliseen tilaan. Pysäytyslaitteen toiminnan on oltava ensisijainen käynnistyslaitteiden toimintaan nähden ja kun koneen vaaralliset toiminnot ovat pysähtyneet on energiansyötön toimilaitteisiin katkettava. (2006-42-EY 2006.)

Toiminnallisessa pysäytyksessä pysäytystilaa on valvottava ja ylläpidettävä, jos pysäytyslaite ei toiminnallisista syistä katkaise energiansyöttöä toimilaitteeseen. (2006-42-EY 2006.)

Hätäpysäytyksessä laitteessa on oltava yksi tai useampia hätäpysäytyslaitteita, joiden ansiosta uhkaava tai todellinen vaara pystytään torjumaan. Tästä on mahdollista poiketa koneissa, joissa hätäpysäytys ei vähennä riskiä joko pysäytysaikaa lyhentämällä tai se ei mahdollista muuten niitä erityistoimenpiteitä, joita riskin hallitsemiseksi tarvitaan. Mahdollisuus poikkeukseen on myös käsin kannettavissa tai ohjattavissa koneissa. Hätäpysäytys on oltava selvästi tunnistettava ja nopeasti käytettävä laite ja tämän tehtävä on pysäyttää vaarallinen prosessi mahdollisimman nopeasti aiheuttamatta riskejä sekä käynnistettävä suojausliikkeitä. Pysäytyksen jälkeen laitteen on jäätävä hätäpysäytystilaan, kunnes lukitus on kuitattu tai poistettu erityisellä toimenpiteellä. Vapautus ei saa myöskään käynnistää konetta vaan ainoastaan mahdollistaa uudelleenkäynnistyksen. (2006-42-EY 2006.)

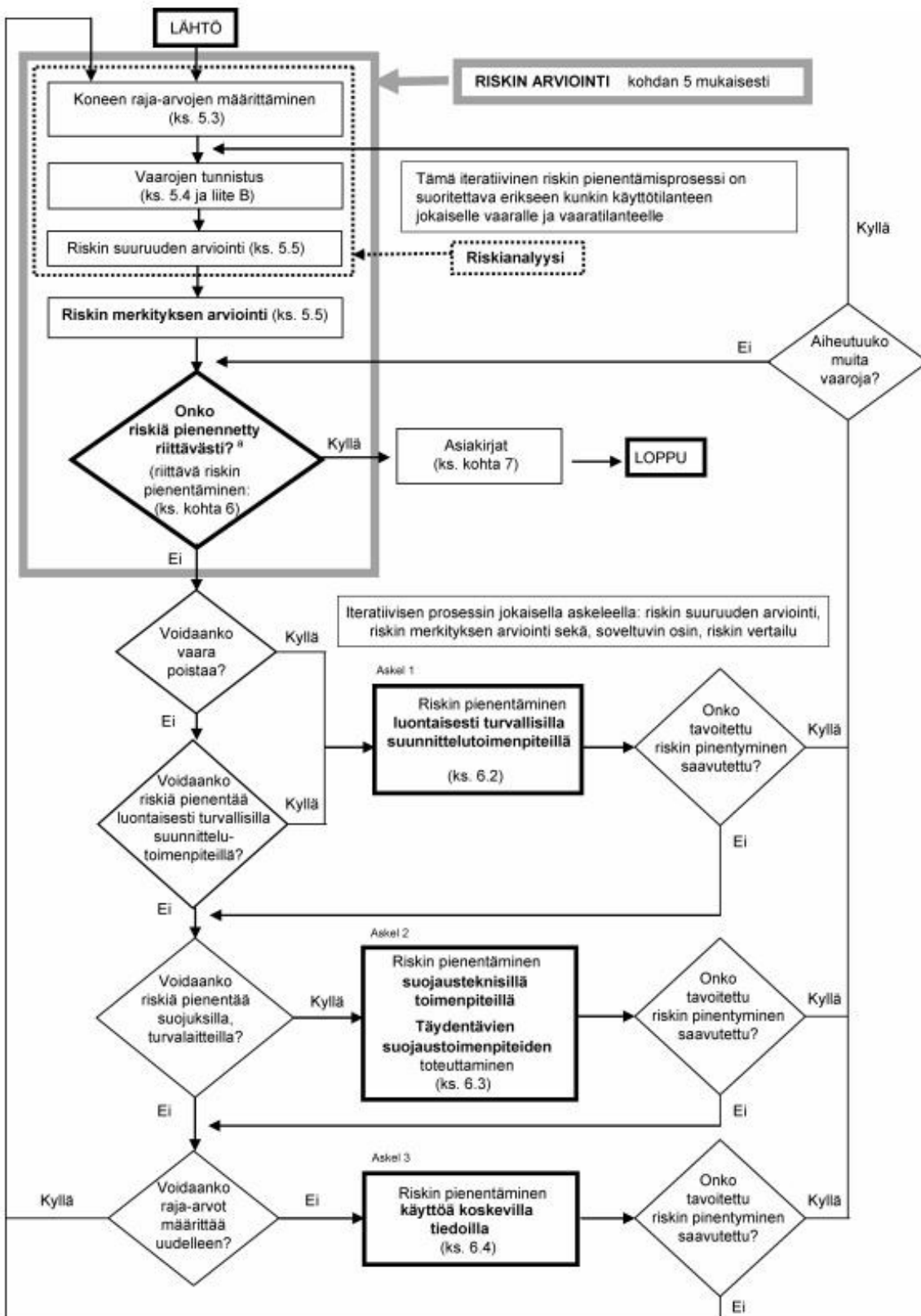
## 2.5 Liikkuvista osista aiheutuvat riskit

Kaikki koneen liikkuvat osat on suunniteltava ja rakennettava niin että kosketuksesta aiheutuvat ja mahdollisesti onnettomuuteen johtavat riskit estetään, tai jos riskien poisto on mahdotonta, laitteeseen on lisättävä varusteet, kuten tarvittavat turvalaitteet ja suojuukset. Kaikki toimenpiteet liikkuvien osien juuttumisen estämiseksi on tehtävä ja mikäli liikkuvien osien juuttuminen on vieläkin mahdollista, on asianmukaisten turvalaitteiden ja työkalujen avulla saatava laite vapautetuksi. Näistä erityisistä turvalaitteista sekä niiden käyttötavasta on selkeästi ilmoitettava ohjeissa sekä mahdollisuuksien mukaan konekilvessä. (2006-42-EY 2006.)

## 2.6 Riskiarviointi

Riskinarviointiin ja riskin pienentämiseen on tehtävä muutamia toimenpiteitä suunnittelijan toimesta. Koneelle on määritettävä raja-arvot, joihin sisältyy käyttö sekä ennakoitavissa oleva väärinkäyttö, tunnistettavat vaarat ja vaaratilanteet, tunnistettavat riskit vaaratilanteiden osalta, arvioitava riskin merkitys ja päätettävä riskin pienentämisen tarpeesta, sekä vaara on poistettava tai pienennettävä vaaraan liittyvää riskiä erilaisilla suojaustoimenpiteillä. Riskinarviointi on eri vaiheiden sarja, jotka etenevät loogisessa järjestyksessä ja jotka mahdollistavat koneisiin liittyvien riskien analysoinnin ja merkityksen arvioinnin. Riskinarviointia seuraa tarvittaessa riskin pienentäminen (Kuvio 1). Tämä voi olla tarpeellista, jotta vaaroja saadaan poistettua siinä määrin kuin on käytännön kannalta mahdollista ja että niitä pienennetään riittävästi erinäisillä suojaustoimenpiteillä. Suojaustoimenpiteet, jotka ovat mahdollisia toteuttaa jo suunnitteluvaiheessa, ovat ensisijaisesti tehtäviä ja yleensä tehokkaampia kuin koneen käyttäjän tekemät suojaustoimet. Tavoitteena suurin mahdollinen riskin pienentäminen, jossa on otettava huomioon neljä tärkeää seikkaa:

- koneen turvallisuus sen kaikkien elinkaaren vaiheiden aikana
- kyky suorittaa toimintonsa
- käytettävyys
- valmistus-, käyttö- ja purkukustannukset. (Siirilä & Tytykoski 2016.)



Kuvio 1. Kaavio riskin pienentämisen prosessista (SFS-EN ISO 12100 2010, 30).

Koneen raja-arvojen määrittämisessä otetaan huomioon koko koneen elinkaaren vaiheet. Käyttörajoihin sisältyy myös ennakoitavissa oleva väärinkäyttö. Arvojen määrittämisessä on otettava huomioon erinäisiä asioita:

#### Koneen tarkoitettu käyttö ja käyttäjät

- Kone voi olla esimerkiksi pelkästään teollisuuskone tai laajan yleisön käyttöön tarkoitettu laite (esim. liukuportaat) tai laite voi olla yksittäisten ihmisten käyttöön tarkoitettu. (Siirilä & Tytykoski 2016.)

#### Tilantarve

- Koneen tarvitsemalla tilalla on merkittävä ominaisuus, koska se mahdollisesti vaikuttaa myös rakennuksen kokoon, jossa laite on. (Siirilä & Tytykoski 2016.)

#### Aikarajat

- Suunniteltaessa laitteelle arvioidaan tietty käyttöikä, jonka perusteella valitaan ja mitoitetaan rakenneosat. Esimerkiksi nosturin teräsrakenteet sekä ohjausjärjestelmissä releet ja rajakytkimet ja koneen kuluvat osat. Koneen käyttöä ei saa mahdollistaa, jos rakenneosa vikaantuu tai jos sitä ei ole vaihdettu uuteen. (Siirilä & Tytykoski 2016.)

#### Aineet

- Rakenneaineet ja tai sen ympäristössä käytettävät/syntyvät aineet vaikuttavat koneen vaaroihin ja suunnitteluun. Jos esimerkiksi koneen käytöstä syntyy pölyjä, kaasuja tai höyryjä, on suunniteltava kohdepoistojärjestelmä. (Siirilä & Tytykoski 2016.)

#### Puhtaanapito

- Puhtaanapito ja koneen puhdistus on mahdollistettava helposti, jolloin vaaratilanteita pystytään ehkäisemään. (Siirilä & Tytykoski 2016.)



## Käyttöympäristö

- Kun konetta suunnitellaan tiedossa olevaan kohteeseen, on koneen suunnittelussa, vaarojen tunnistamisessa ja riskien arvioinnissa otettava huomioon käyttöympäristön ominaisuudet kuten sijoituspaikka (sisälle, ulos) lämpötila, kosteus, ilman epäpuhtaudet, värinä, sähkömagneettiset kentät jne. Valmistajan on ilmoitettava olosuhteet, jossa konetta voidaan käyttää. Ilmoitetun koneen käyttörajat ja todelliset käyttö- ja ympäristöolosuhteet on otettava huomioon arvioinneissa. (Siirilä & Tytykoski 2016.)

## 2.7 Tekninen tiedosto

Koneen tekninen tiedosto syntyy suunnittelun vaiheiden huolellisesta dokumentoinnista. Sisällöltään tiedoston on oltava sellainen, että sen perusteella voidaan koneen todeta olevan sitä koskevien vaatimusten mukainen. Tämän vuoksi tiedostossa on käsiteltävä tarpeellisessa laajuudessaan koneen suunnittelu, valmistus ja toiminta. Tekninen tiedosto on myös tehtävä yhdellä tai useammalla Euroopan talousalueen virallisella kielellä. Tiedostoon sisältyvän koneen käyttöohjeen on oltava kuitenkin kaikkien niiden maiden kielillä, mihin sitä on tarkoitus toimittaa. Teknistä tiedostoa ei kuitenkaan ole pakollista säilyttää EU:n alueella eikä sitä ole pakollista pitää tulostettuna tai koottuna yhteen paikkaan. Riittää, että tiedosto tai sen tietty osa on saatavilla kahden viikon sisällä sen pyytämisestä. Jos tiedostoa ei kuitenkaan löydy tai sitä pystytään toimittamaan kahden viikon kuluessa, voi viranomainen olettaa, että sitä ei ole olemassa ja tästä syystä asettaa koneen markkinointi- ja myyntikieltoon. (Siirilä & Tytykoski 2016.)

Kaikkien vuoden 2009 jälkeen valmistettujen koneiden EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksessa on oltava tieto henkilöstä tai osoitteesta ja yrityksestä, josta tiedosto on saatavissa. Tämä yrityksen tai henkilön on myös maantieteellisesti sijaittava jossain Euroopan talousalueen maassa. Teknistä tiedostoa voi viranomainen pyytää myös nähtäväksi suoraan koneen valmistajalta. Suurien konejärjestelmien suunnittelussa ja valmistuksessa, joissa on mukana kymmeniä eri yrityksiä, tarvitaan kaikilta tiedot tekniseen tiedostoon. Lopullisesta tuotteesta vastaavan valmistajan kannattaa vaatia sopimuksissaan, että osakokonaisuuksien valmistajat toimittavat tarvittavat tiedot konekokonaisuuden valmistajalle jo suunnittelu- ja rakennusaikana, ettei teknisen tiedoston vaatimalle viranomaiselle toimittaminen kahden viikon määräajassa mene yli. Teknisen tiedoston on oltava valmistajalla koottuna vähintään kymmenen vuoden ajan koneen valmistumisen jälkeen. Jos konetta tehdään sarjatuotantona, on tiedosto oltava vielä viimeisen koneen valmistuttua kymmenen vuotta saatavilla. (Siirilä & Tytykoski 2016.)

Teknisen tiedoston on sisällettävä vähintään seuraavat asiat:

- Yleinen kuvaus koneen toiminnasta ja rakenteesta
- Yleispiirustus ja siihen liittyvät ohjauspiirien kaaviot ja piirustukset, sekä toiminnan ymmärtämisen tueksi tarpeelliset selitykset ja kuvaukset.
- Täydelliset yksityiskohtaiset piirustukset, laskelmat, testaustulokset, todistukset ja muut tiedot, jotka tarvitaan asian toteamiseen, että kone on koneasetuksen liitteen 1 terveys ja turvallisuusvaatimusten mukainen.
- Kaikille komponenteille, tarvikkeille ja valmiille koneille on valmistajan tehtävä asianmukaiset ja tarpeelliset testit määrittääkseen koneen soveltuvuuden suunniteltuun tarkoitukseensa suunnittelun ja rakenteen kannalta, että laite voidaan turvallisesti asentaa ja ottaa käyttöön. Tutkimusten ja testien tulokset on sisällytettävä tekniseen tiedostoon.
- Riskien arviointia koskevat asiakirjat, joista ilmenee noudatettu arviointimenettely sekä luettelo koneasetuksen liitteen 1 olennaisista terveys- ja turvallisuusvaatimuksista, jotka koskevat konetta ja niiden suojaustoimenpiteiden kuvaus, jotka on toteutettu tunnistettujen vaarojen poistamiseksi tai riskien pienentämiseksi sekä on kuvattava mahdolliset jäljelle jäävät jäännösriskit.
- Eriteltynä suunnittelussa ja riskien hallinnassa käytetyt standardit ja muut mahdolliset tekniset eritelmät niin, että niistä käy ilmi mitkä olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset ovat toteutettu kyseisten standardien tai eritelmien mukaan.
- Koneen ohjeet kopiona.
- Lopulliseen koneeseen sisältyvien erikseen hankittujen osittain valmiiden koneen liittämismuutokset ja kokoonpano ohjeet.
- Lopulliseen koneeseen sisältyvien erikseen hankittujen koneiden, turvakomponenttien tai muiden siihen liitettyjen tuotteiden EY-vaatimusten mukaisuusvakuutukset.
- Kopio koneen EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksesta. (Siirilä & Tytykoski 2016.)

Jos ja kun konetta valmistetaan sarjatuotantona, on teknisessä tiedostossa kuvattava myös ne sisäiset toimenpiteet esimerkiksi laatu järjestelmä, joita käytetään varmistamaan, että valmistettavat koneet pysyvät niitä koskevien säännösten mukaisina. (Siirilä & Tytykoski 2016.)

## 2.8 Koneturvallisuus automaatiojärjestelmässä

Pääsääntönä automaatiojärjestelmän ja automaattisesti liikkuvien koneiden riskien hallitsemiseksi on koneiden liikkuma-alueen, ja ihmisten erottaminen aidoin tai muilla asianmukaisilla turvalaitteilla. Vaaravyöhykkeillä joudutaan usein kuitenkin operoimaan, on näiden tarvittavien käyntien suorittaminen suunniteltava huolellisesti. Vaara alueet saattavat olla laajoja esimerkiksi kaivoksissa, joissa käytetään automaattisia koneita, sekä esimerkiksi ilman kuljettajaa toimivat metrot tai junat. Käytössä on oltava turvalaitteisiin perustuva järjestelmä, johon pystytään luottamaan ja jolla voidaan varmistaa, ettei kukaan ole jäänyt vaaravyöhykkeelle automaation käynnistyttyä ajoon. (Siirilä & Tytykoski 2016.)

Tätä varten on myös kehitetty oma erityinen järjestelmäturvallisuuskonsepti useiden samalla alueella liikkuvien automaattisten koneiden turvallisuuden hallintaan. Kun koneiden liikkeet ovat tarpeeksi hitaita, voidaan ihmisten liikkuminen sallia samalla alueella. Tällöin on koneissa oltava erittäin luotettavat turvalaitteet, jotka havaitsevat ihmiset sekä muut reitillä olevat esteet. Kun turvalaite on havainnut ihmisen, koneen pysähtymisen on aina tapahduttava luotettavasti ennen törmäämistä. Pysähtyminen ja liikkeelle lähtö on oltava hallittu, etteivät mahdolliset koneen kyydissä olevat kuormat pääse putoamaan. Käytännössä koneissa, jotka ajavat ihmisten joukossa käytetään laserskannereita sekä näiden lisäksi vielä saatetaan tarvita muitakin turvalaitteita, jotta turvallisuus mahdollistetaan ja varmistetaan myös koneen kääntyessä kulman ohi ja ajaessa mahdolliseen kuljettimeen tai vastaavaan kiinni tavaraa ottaessaan tai luovuttaessaan. (Siirilä & Tytykoski 2016).

Esimerkkejä automaatiojärjestelmissä käytettävistä turvalaitteista ovat valoverho, kamera, koneen toimintaan kytketty avattava suojuus, valopuomi, laserskanneri, tuntomatto sekä kiinteästi asennettu pakkokäyttöinen hallintaelin tai sallintalaite. Kaikki laitteet toimivat pääpiirteittäin niin, että jos henkilö havaitaan vaaravyöhykkeellä, energiansyöttö katkeaa toimilaitteelle ja näin ollen mahdollistaa turvallisen operoinnin vaara-alueella.

### 3 TUOTEKEHITYS

Opinnäytetyössä käsiteltävät asiat liittyvät vahvasti myös tuotekehitykseen, koska käytännössä parannetaan jo käytössä olevia laitteita sekä luodaan parannuksia työskentelyn tehokkuuteen, ottaen huomioon turvallisuuteen liittyvät asiat. Tässä osiossa käsitellään työtä koskien tärkeimpiä tuotekehitykseen liittyviä asioita.

Yrityksillä, joilla on kyky identifioida asiakkaiden tarpeita pystyäkseen vastaamaan heidän vaatimuksiinsa sekä tarpeisiinsa parhaalla mahdollisella tavalla, ovat yleensä menestyviä. Tässä innovaatioprosessissa on saatava yhdistettyä jo olemassa olevia tunnettuja ratkaisuja uudella innovatiivisella tavalla, jolloin tuotteesta saadaan ominaisuuksiltaan ja hinnaltaan mahdollisimman kilpailukykyinen. Tuotteen suunnitteluprosessissa tehtyjä virheitä on usein todella vaikea ja joskus jopa mahdoton muuttaa jälkeenpäin valmistuksen tai huollon yhteydessä. Huolellisella suunnittelulla mahdollistetaan tuotteen laatu ja kustannukset pidettyä parhaana mahdollisena. (Björk, ym. 2014, 9–10.)

#### 3.1 Kehitysprosessi

Pääsääntöisesti tuotekehitystoiminta lähtee liikkeelle asiakastarpeesta, jonka päämääränä on hyvä liiketoimintatulos (Välimaa, ym. 1994, 25). Käynnistettäessä prosessia tehdään yleensä esitutkimus, joka pitää sisällään markkinakartoituksen, kuvauksen tuotteen alustavista ominaisuuksista sekä käytettävästä tekniikasta. Samalla selvitetään ympäristölliset sekä työterveydelliset kysymykset ja laaditaan alustavat kustannuslaskelmat, laitteesta saatavat tuotot ja laaditaan aikataulutus. Kun kaikki edellä mainitut asiat ovat kunnossa, voidaan tehdä päätös kehitysprojektin aloittamisesta. Siirryttäessä luonnosteluun on erittäin tärkeää laatia kehityskohteelle vaatimukset sekä tavoitteet ja myös miettiä mahdollisimman yksinkertaisia ja edullisia valmistusmenetelmiä. Kehitysvaiheessa lopullinen tuote suunnitellaan valmiiksi, päätetään valmistusmenetelmät, mahdolliset alihankinnat ja luodaan asiakaskontaktit. Jos tässä kohtaa ilmenee vielä taloudellisia tai teknisiä ongelmia, on ne poistettava. Viimeistelyvaiheessa pyritään optimoimaan valmistukseen liittyvät ja tekniset ominaisuudet sekä kustannukset, jotta tuotteesta saadaan paras mahdollinen rahallinen hyöty. Viimeistelyvaiheessa tehdään myös dokumentoinnit, prototyyppien valmistus ja myyntitoimenpiteiden valmistelu. (Jokinen 1987, 14–15; Björk ym. 2014, 10.)

Yksi tunnetuista tuotekehitysprosessin kuvaustavoista on Ulrich-Eppinger-malli, joka koostuu kuudesta eri kohdasta, jotka ovat tuoteohjelman suunnittelu, konseptisuunnittelu, systeemis suunnittelu, detaljisuunnittelu, testaus ja tuotannon käynnistäminen. (Hietikko 2008, 42.)

### **3.2 Tuoteohjelman suunnittelu**

Suunnittelun alkuun käydään jo olemassa olevat tiedot läpi ja tutkitaan täyttääkö tuoteprojekti yrityksen tuotestrategian ehdot ja samalla projektille määritetään reunaehdot ja tavoitteet. Tässä vaiheessa on myös mahdollista tehdä esiselvitys. Tähän kohtaan on myös hyvä luoda Mission Statement -kuvaus, joka tehdään yhdelle A4-sivulle, johon on asetettu kuvaus tuotteen lähtökohdista. Esimerkiksi rajaukset, päämarkkinat, tavoitteet, toissijaiset markkinat jne. (Hietikko 2014, 43–45.)

### **3.3 Konseptisuunnittelu**

Konseptisuunnittelussa aloitetaan yleensä asiakastarpeen selvittämisestä vain siinä tapauksessa, jos tarve tuotteelle lähtee yrityksen omasta pyrkimyksestä parempaan tuottavuuteen. Projektin tarvelauseet selvitetään ja mahdollisesti seurataan kilpailijoiden toimia. Tarvelauseella tarkoitetaan asiakastarpeita, jotka selvittämällä saadaan tuotteelle ominaisuudet, jotka sen pitää täyttää. Tämän jälkeen voidaan luoda tuotespesifikaatiot esimerkiksi tuotevaatimukset ja tekniset ominaisuudet. Nämä ovat mitattavia ominaisuuksia eli kaikille tarvelauseille etsitään kuvaava suure ja mittayksikkö. Tästä siirrytään luovan työn vaiheeseen, jossa ideoidaan mahdollisimman paljon ja joista valitaan yksi tai kaksi parasta vaihtoehtoa, jota aletaan kehittämään. (Hietikko 2014, 43, 65, 99.)

### **3.4 Systeemis suunnittelu**

Systeemis suunnittelussa pohditaan mallin tuoterakennetta ja millaisista osista sekä kokonaisuuksista se tullaan rakentamaan. Alustava pääkokoonpanon suunnitelma luodaan, jonka tulee sisältää karkea layoutsuunnitelma ja toiminnalliset tarpeiden määrytykset alikokoonpanoille. On myös mahdollista tehdä toimintoja kuvaava vuokaavio tuotteelle, joka toimii myös samalla suunnittelijoiden tukena havainnollistaen tarpeet ja huomioiden

epäolennaiset kohdat. Tässä kohtaa on myös hyvä miettiä tuotteen modulointia ja kuinka saataisiin mahdollisimman montaa asiakasta miellytettyä tuotteella. (Hietikko 2014, 43, 111.)

### **3.5 Detaljisuunnittelu**

Detaljisuunnittelussa jokaiselle osalle ja kokoonpanolle luodaan sen lopulliset muodot ja toleranssit. Mallit tehdään tietokoneavusteisella suunnittelulla, jolla saadaan luotua tarkat mallit sekä piirustukset ja osaluettelodokumenteista saadaan tiedot tuotteeseen tarvittavista komponenteista. Näin ollen pystytään tilaamaan komponentit ja raakamateriaalit toimittajilta. Mallinuksessa määritetään myös valmistusvaiheet sekä suunnittelutyökalut. Kolme kriittistä asiaa kulkevat läpi tuotesuunnittelun harkinnassa, mutta konkretisoituvat vasta detaljisuunnittelussa: valmistuksen hinta, toimintojen toimivuus tuotteessa sekä materiaalin valinta. (Hietikko 2014, 43, 136.)

### **3.6 Testaus ja parannus**

Tuotteen testauksessa olisi hyvä olla prototyyppi, joka olisi identtinen valmiin tulevan tuotteen kanssa tai vastaava tietokonemalli. Jos kyseessä on tietokonemalli, pystytään simuloinnilla tarkastelemaan kokoonpanomallien virtausdynamiikkaa sekä lujuuksia. Prototyyppi ei välttämättä ole tehty lopullisen suunnitelman mukaan, mutta sillä on tarkoitus testata tuotteen luotettavuutta ja toimivuutta sekä tyydyttää asiakkaiden tarpeita. Mahdollista on, että itse prototyyppi onkin asiakkaalla sen luonnollisessa toimintaympäristössä. Testausvaiheessa on kuitenkin tärkeintä varmistua tuotteen toimivuudesta ja mahdollisesti parantaa sitä ennen tuotannon aloitusta. (Hietikko 2014, 43, 179.)

### **3.7 Tuotanto**

Tuotannon käynnistämiseksi tuotetta valmistetaan sille suunnitelluilla valmistustavoilla. Samalla on tarpeen arvioida sekä tunnistaa mahdollisia esiintyviä virheitä. Tuotannon aloittaminen ei tarkoita tuotekehityksen päättymistä, sillä jatkuvalla kehityksellä tuote pidetään pitkään markkinoilla sekä kilpailukykyisenä. (Jokinen 1987, 99; Hietikko 2014, 43.)

## 4 NYKYTILANTEEN KUVAUS

Konepajassa on käytössä puoliautomaattinen Macc special 650 DI vannesaha (Kuva 1). Tällä hetkellä sahan ympärillä ovat vapaat rullaradat. Syöttöpuolella noin kaksitoistametrinen vapaarata ja jättöpuolella noin kuusimetrisen vapaarata. Rata jatkuu ulos asti ja seinässä on luukku syötettävälle materiaalille. Sahan tai ratojen siirtäminen ei ole mahdollista, muuten saha ja seinässä oleva luukku on väärässä paikassa. Materiaalia liikutetaan sisällä käsin ja mittaus tapahtuu manuaalisesti rullamitalla tai vaihtoehtoisesti manuaalikäyttöisellä mittavasteella.



Kuva 1. Käytössä oleva vannesaha (Ketola 2021).

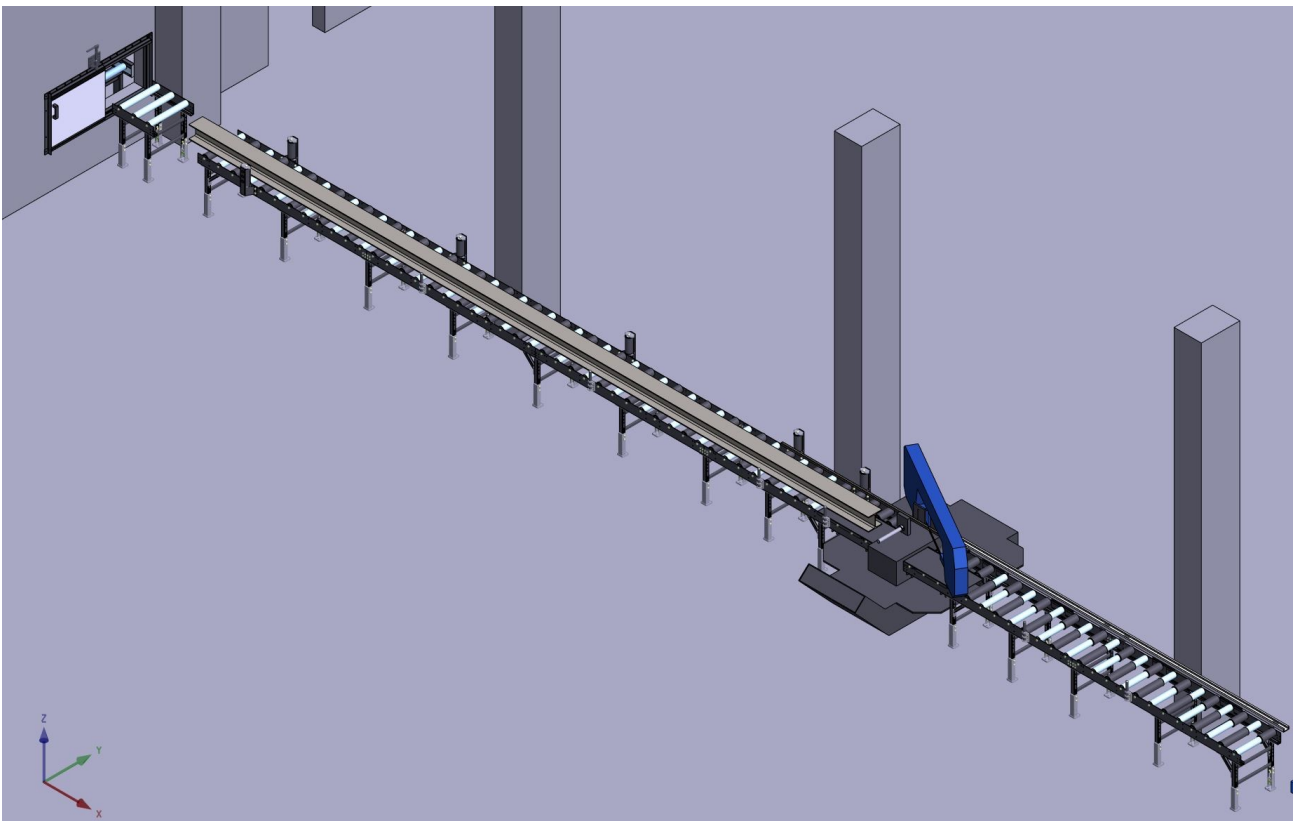


Sahan kapasiteetti on laaja, joten suunniteltavan laitteen on myös toimittava laajalla kapasiteetilla, jolloin mahdollistetaan laitteen käyttö kaikilla sahattavilla kappaleilla (Taulukko 1.).

Taulukko 1. Sahauskapasiteetti (Ketola 2021).

<b>Macc special 650 DI Sahauskapasiteetti:</b>				
Mitat mm	Asteet	Pyöreät	Suorakaide	Neliö
	90	460	620x450	450x450
	45 oik	450	450x340	410x410
	45 vas	450	450x400	430x430
	60 oik	300	270x420	300x300
	60 vas	330	320x220	300x300

Todellisuudessa noin 90-prosenttisesti sahattavat kappalekoot ovat väliltä 10–250 mm. Loput 10 % sahattavista kappaleista ovat kooltaan suurempia, jolloin on otettava huomioon suunniteltavan syöttölaitteen malli niin, ettei laite tule tielle tai ole haitaksi sahattaessa suurempia kokoja. Tästä syystä päädyttiin suunnittelemaan syöttölaitteeksi vetävää rullarataa, jolloin syöttö toimii jokaisella erinäisellä kappaleella.



Kuvio 2. Nykytilanne CAD-mallina (Ketola 2021).

Lähtötilanteessa on (Kuva 2 & 3) nähtävillä noin 12-metrinen vapaarata, jolla materiaali syötetään sahalle. Kuvasta 2 havaitaan myös seinässä oleva luukku, jonka takana on ulkoa syöttävä kuljetin. Uusi kuljetin tullaan suunnittelemaan ja valmistamaan hyvin samalla tyylillä. Kyseessä kuitenkin on vain osaradan muutos, joten rajuja rakenteellisia muutoksia ei ole kannattavaa suunnitella. Täten uuden ja vanhan yhdistäminen säilyisi mahdollisimman yksinkertaisena sekä edullisena toteuttaa.



Kuva 2. Syöttöpuolella oleva vapaarata (Ketola 2021).

Radan toimintaperiaate (Kuva 3.) on hyväksi ja käytännölliseksi todettu, joten se tullaan säilyttämään ennallaan. Yhtä kappaletta pystytään sahaamaan sekä myös radalle pystytään varastoimaan seuraavia sahattavia materiaaleja. Havaitaan myös, että nykyisen vasteen paikalle suunniteltava automaattivasteen rajoituksiin tulee leveysmitta. Pilarin ja rullaradan väli on 140 mm, jolloin suunniteltavan laitteen on sovittava tähän väliin. Rajoittava mitta asettaa haasteita varsinkin lineaarijohteiden mahduttamisessa, sekä suojausten ja liikkuvan vasteen suunnittelussa.



Kuva 3. Jättöpuolella oleva vapaarata sekä vaste (Ketola 2021).

## 5 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimusmenetelmänä tässä työssä käytettiin kvantitatiivista ja kvalitatiivista tutkimusmenetelmää. Kvantitatiivisesta tutkimuksesta käytetään myös nimitystä määrällinen menetelmä. Tällä tarkoitetaan ja kuvataan yleensä ilmiöitä mahdollisimman tarkkoilla mittausmenetelmillä, jotka keräävät numeerisia tutkimusaineistoja. (Tilastokeskus, [viitattu 17.6.2021].) Kvalitatiivisessa tutkimuksessa pääpaino ei ole tilastollisissa arvioissa, vaan mielipiteiden syväluotauksessa. Se vastaa yleensä kysymyksiin millainen, miksi ja miten. Kvalitatiivinen tutkimus on myös arvioivaa, luovaa, diagnosoivaa ja kuvailevaa. Ensin etsitään mielipiteen syy ja seuraus. Tiedonkeruu puolestaan tapahtuu tyypillisesti esimerkiksi haastatteluina. (Taloustutkimus, [viitattu 17.6.2021].)

Tähän lopputulokseen, että suunnitellaan kaksi eri laitetta, päädyttiin eri variaatioiden kautta. Ensimmäisissä suunnitteluvaiheissa ajatuksena oli laite, joka tekee itsenäisesti kappaleen sahan syötön sekä mittauksen. Suunnitteilla oli rullasyöttökoneisto erillisellä mittapyörällä, sykesyöttöinen laite erilaisilla tartuntamekanismeilla, sekä pitkäliikkeinen tartuntalaite sahan syöttöpuolelle. Lopulta kuitenkin päädyttiin suunnittelemaan erillinen syöttölaite sekä erillinen mittalaite. Tähän johtopäätökseen päädyttiin muutoksien laajuuden, koneturvallisuuden, sekä laitteen helppokäyttöisyyden puitteissa. Korkean automaatioasteen omaavan laitteen aitaaminen (verkkoaidat, valoverhot) ja muiden suojausten ja suojalaitteiden tekeminen ei olisi palvellut enää asiaa positiivisesti, sekä muutoksen olisivat olleet niin mittavia, että niiden toteuttaminen ei olisi ollut järkevää rahallisesti eikä tuotannollisesti. Myös laitteen käyttö olisi hankaloitunut niin, että laite ei olisi palvellut käyttäjää riittävän yksinkertaisesti ja nopeasti. Erinäisen tartuntalaitteen suunnittelu olisi myös luonut omat haasteet, jotta toiminta pystytään takaamaan kaikilla sahattavilla profiileilla. Tämän kombinaation katsottiin olevan eniten eduksi valmistusteknisesti, taloudellisesti, sekä tehtävät muutostyöt eivät aiheuta juurikaan toimenpiteitä jo nykyiseen layouttiin.

## 6 RULLAKULJETIN

Kuljetin on laite, joka on tarkoitettu yleensä materiaalin siirtoa varten. Kuljettimia on erilaisia, mutta tähän sovellukseen päädyttiin valitsemaan rullakuljetin, koska sen katsottiin palvelevan tarkoituksessa parhaiten. Sahan molemmin puolin on jo valmiina vapaat rullaradat, joten uuden vetävän rullakuljettimen asentaminen osaksi vanhaa rataa on yksinkertaisin, kun molemmat toimivat samalla toimintaperiaatteella, sekä nykyisen radan jalat ovat pultattu lattiaan, joten vaihto on helppo toteuttaa vain vaihtamalla kuljetin olemassa olevien jalkojen päälle.

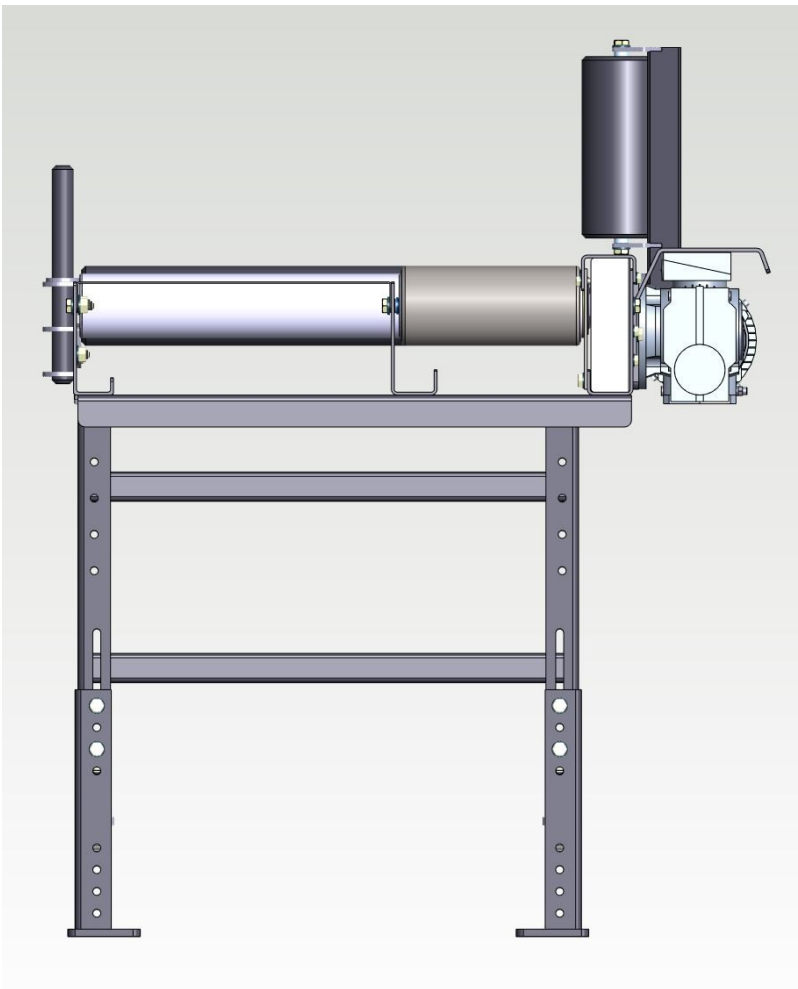
Turvallisuuteen liittyvät huomioon otettavat asiat ja ennalta tiedostettavat riskit kuljettimen suunnitteluun liittyen olivat ketjusta johtuva sormien puristus- ja viiltovaara, ketjupyörien nielu sekä huollon aikana syntyvät vaaratilanteet. Tästä johtuen on ketjutus- ja ketjupyörät suojattava niin, että käytön ja mahdolliset huollon aikana syntyvät vaaratilanteet ja riskit pystytään minimoimaan.

Rullakuljettimen on kyettävä siirtämään materiaalia laidasta laitaan. Laitteen on toimittava 10 mm:n tangolla, sekä 450 mm halkaisijaltaan olevalle putkelle tai palkille ja kaikelle muulle materiaalille/muodoille siltä väliltä. Näin ollen rullakuljetin toimii tästäkin syystä parhaiten tässä sovelluksessa. Vanhaa rataa poistetaan noin kuusi metriä ja uusi kuljetin sijoitetaan vapaan radan jatkoksi sahan etupuolelle. Tällöin mahdollistetaan myös materiaalin siirto koko matkalle koneellisesti, koska ulkoa tuova rata toimii myös sähköisesti.

Käytännössä suunnitellaan noin kuusimetrisen rullakuljetin, joka on varastoiva, sekä vetävät rullat ovat akkumuloivia. Kuljetin saa käyttövoimansa sähkömoottorilta ja vaihteelta, josta voima välitetään vetorullille rullaketjun välityksellä. Kuljettimen suunnittelussa erityishuomiota on kiinnitettävä turvallisuuteen, moottorin ja vaihteiston riittävään mitoitukseen, ketjun mitoitukseen, sekä kuljettimesta on suunniteltava mahdollisimman huoltovapaa, mutta kuitenkin helposti ja turvallisesti huollettava laite.

## 6.1 Runko

Kuljettimen runko pyrittiin suunnittelemaan hyvin samalla tavalla, kuten jo vapaaradan runko, jotta näiden kahden yhdistäminen olisi mahdollisimman yksinkertaista ja vaivatonta. Vapaaradan runko on valmistettu kahdesta särmätystä profiilista, jota oli myös helppo käyttää uuden kuljettimen suunnittelussa. Tällöin saadaan myös ketjutus sekä hammaspyörät suojattua niin, ettei niihin pääse käsiksi ja näin ollen parannettua turvallisuutta kuljettimen käyttöä ajatellen (Kuvio 3.).



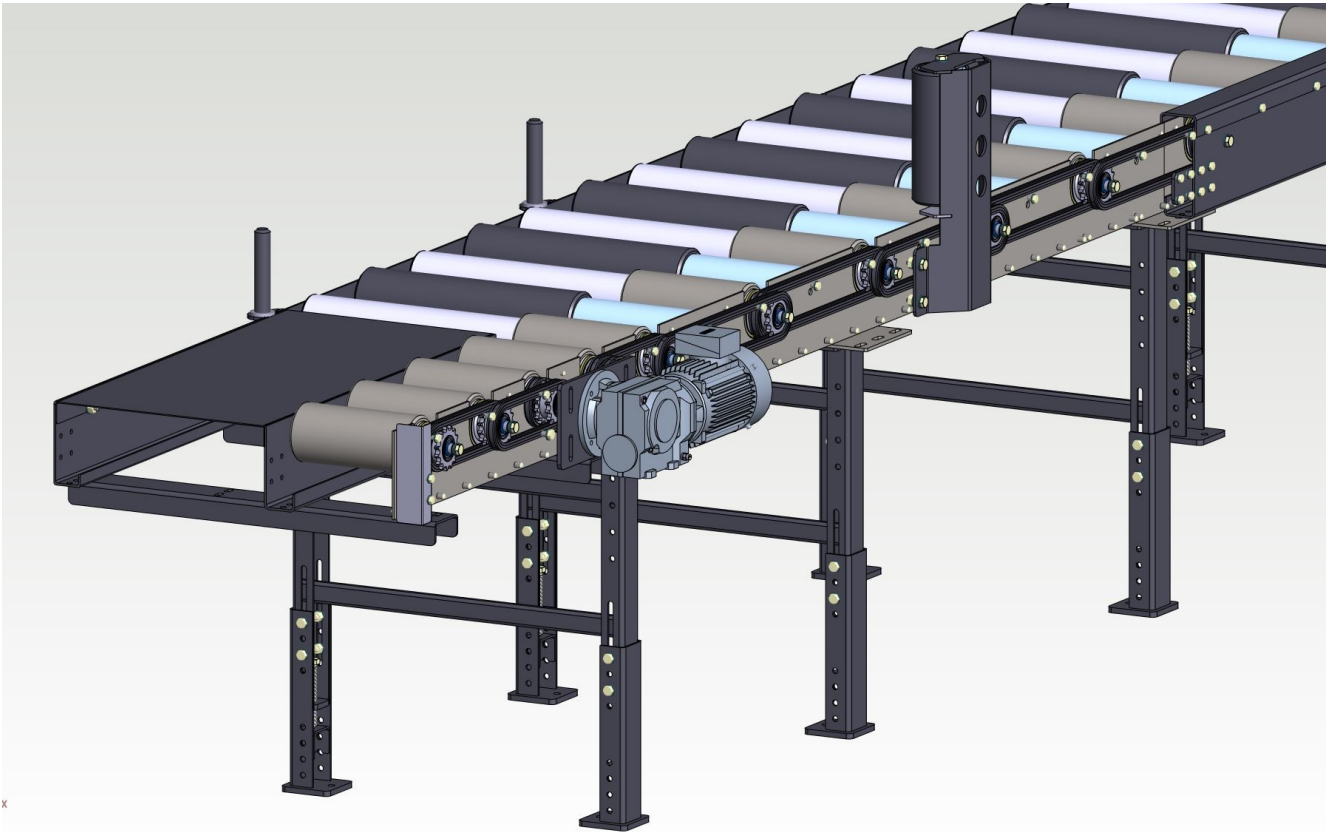
Kuvio 3. Kuljetin edestä (Ketola 2021).

Kuljetin suunniteltiin siten, että se pystytään asentamaan jo olemassa olevien jalkojen päälle, sekä vanhan kuljettimen vapaarullien uusiokäyttö uudessa kuljettimessa nähtiin järkeväksi toteuttaa. Vetävän kuljettimen runkoa oli levitettävä ketjupyörien vaatiman tilan verran, joten jalkojen päälle suunniteltiin sovitelevy, jolla mahdollistetaan jalkojen uusiokäyttö (Kuvio 4.).



Kuvio 4. Jalkojen sovitelevy (Ketola 2021).

Vapaarullat hyödynnettiin uudessa kuljettimessa, joten ketjutus saatiin piilotettua täysin suunnittelemalla tukilevy vapaarullille ja näin ollen vetävien rullien hammaspyörät ja ketjut saatiin koteloitua täysin omaan osastoon (Kuvio 5). Tällöin kuljettimesta saatiin turvallinen ja tapaturman vaara pieneni huomattavasti. Huollettavuus pysyi myöskin hyvänä, eikä huolto aiheuta suuria purkutoimenpiteitä. Tällä ratkaisulla kuljetin on myös melko huoltovapaa.



Kuvio 5. Ketjutus (Ketola 2021).

Valmistettavuuden kannalta runkorakenne on myös nopea rakennettava, sillä rakenteessa ei ole muita hitsattavia kokoonpanoja, kuin pystyrullien rungot. Levyosat voidaan suoraan laserleikkauksen ja särmäyksen jälkeen maalata ja kokoonpanna. Suunnittelussa on pyritty käyttämään mahdollisimman paljon pulttiliitoksia läpimenoajan nopeuttamiseksi sekä resurssien säästämiseksi.

## 6.2 Käyttölaitteet

Käyttölaitteeksi kuljettimeen valikoitui Siemensin Simogear vaihdemoottoripaketti, eli samanlainen, joka on jo käytössä ulkona olevassa syöttävässä kuljettimessa. Tähän ratkaisuun päädyttiin, jotta kuljettimilla olisi sama syöttönopeus, sekä levyosien yhteensopivuus. Moottoripaketti on myös todettu riittäväksi kyseiseen käyttökohteeseen, jolloin moottorin teho on 0,55 kW ja pyörintänopeus 33 rpm, näin saadaan kuljettimen syöttönopeudeksi noin 9 m/min (50 Hz). Rullajako kuljettimessa on 210 mm, mutta tätä jouduttiin hieman muuttamaan, jotta saatiin ketjutus täsmäämään ja lenkkimäärät järkeviksi.

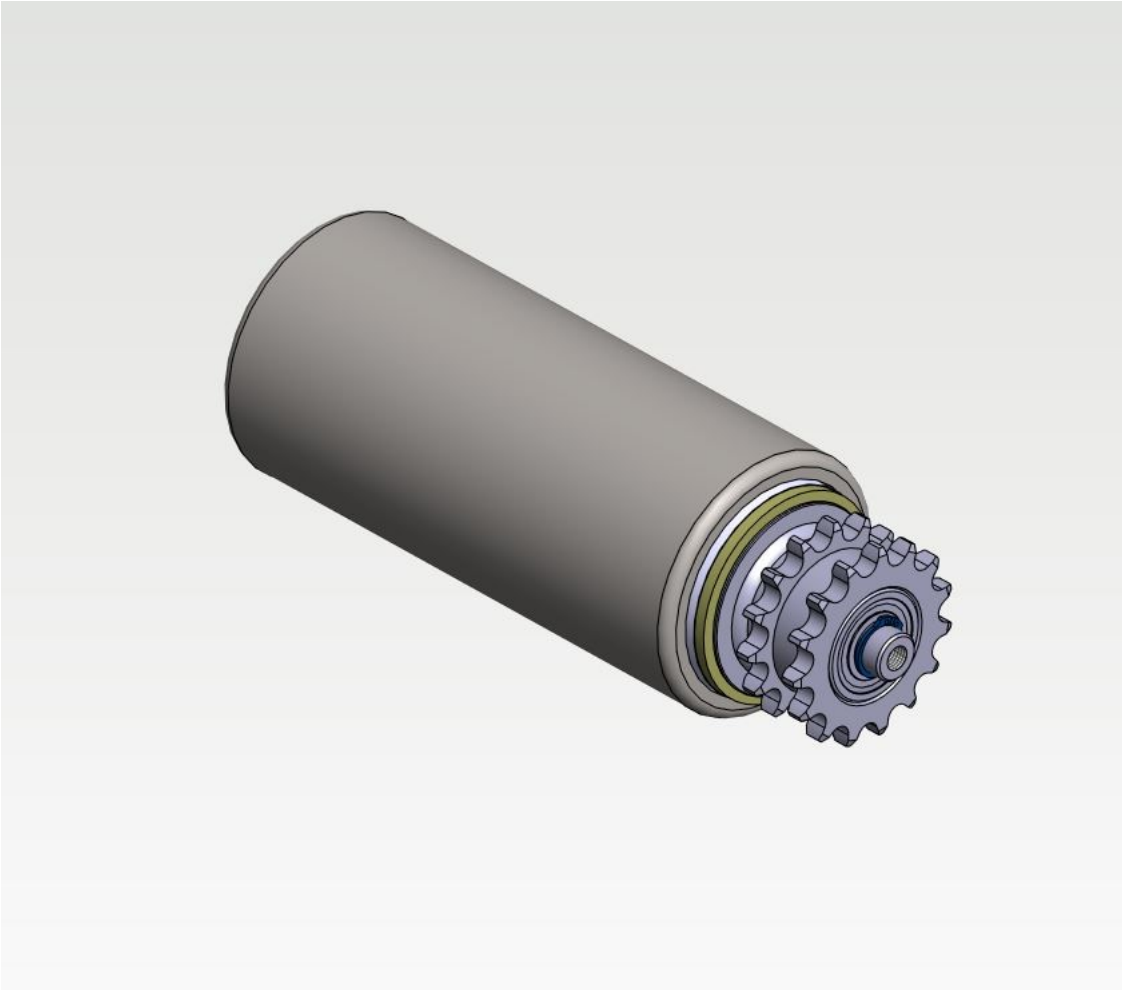


Koska kuljettimen rullista vain joka toinen on vetävä, alkupäätä huomioon ottamatta, saatiin rullajaoksi alkupäähän 214,3 mm ja loput 210,3 mm, ja näin ollen pidempi ketjujako on 420 mm. Alkuperäisen rullaradan rullajako oli 250 mm, mutta tätä jouduttiin lyhentämään ketjutuksen vuoksi, ettei pidempi ketju ala laahata runkoprofiilin pohjaan ajan saatossa venymisen seurauksena. Ketjuksi valittiin sama, jota syöttävä kuljetin käyttää, eli 5/8 tuumainen 10B ketju, sekä hammaspyöräksi kaksiriviset 15 hampaiset ketjupyörät.

### 6.3 Rullat

Erilaisia rullia tarkastellessa ja valittaessa kuljettimessa käytettäviksi rulliksi, päädyttiin kuitenkin omavalmisteisiin rulliin. Rullista on kokemusta edellisistä projekteista ja näihin on komponentteja olemassa jo valmiina hyllyssä.

Kuljettimessa käytettäviksi rulliksi valittiin akkumuloivat rullat vetäviksi rulliksi (Kuvio 6). Koska ideana on ajaa sahan läpi materiaalia vasteeseen, toimii akkumuloiva rulla parhaiten tähän sovellukseen. Rulla valmistetaan samalla tyylillä, kuten vapaarullatkin ja akkumuloivia rullia on käytetty edellisissä projekteissa ja todettu toimiviksi sekä käyttötarkoitusta ajatellen kestäviksi. Samoin kuin vapaarullat ovat todettu kestäviksi käyttötarkoitukseensa. Rullan mitoitus on vähintäänkin riittävä, joten erinäisiä laskelmia on tarpeeton tehdä. Rullat valmistetaan 20 mm:n akselista ja 88,9x5 putkesta, rullissa on 3 vierintälaakeria, sekä yksi messinkilaakeri, joka toimii liukulaakerina akkumuloivassa tilanteessa.



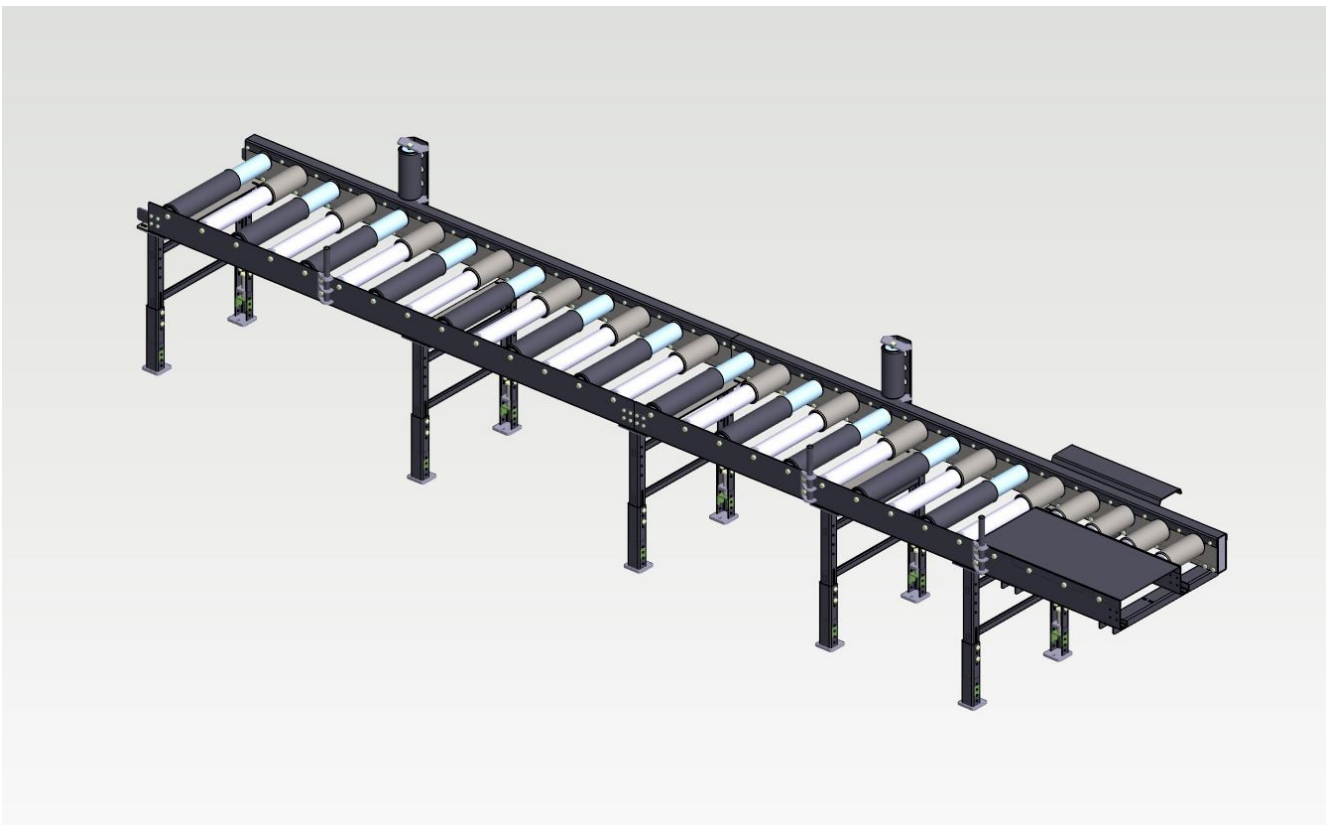
Kuvio 6. Akkumuloiva rulla (Ketola 2021).

#### 6.4 Akkumuloiva rulla

Akkumuloivalla rullalla tarkoitetaan ns. varastoivaa rullaa. Rulla lähtee siirtämään kuljettimella olevaa kappaletta, mutta kun kappale törmää johonkin ja kuljettimen ajosyöttö on vielä päällä, rullan sisällä oleva liukulaakeri alkaa pyöriä, jolloin ketjupyörä pyörii, mutta itse rulla pysähtyy, eikä näin ollen pakota kuljetettavaa kappaletta etenemään. Tällaisten rullien tavanomainen käyttötarkoitus on kuljettimella, johon syötetään tavaraa eri aikoihin, jolloin kappaleet pystytään ajamaan kiinni toisiinsa ns. varastoiva kuljetin.

## 6.5 Toimintaperiaate

Rullaradan toimintaperiaate pysyy kutakuinkin samana, kuin tähänkin asti, lukuun ottamatta vetävää ja syöttävää ominaisuutta. Radalla on tarkoitus sahata ns. kitapuolen syöttävillä rullilla, jolloin mahdollisuus varastoida uusia sahattavia materiaaleja pidemmille ei vetäville rullille säilyy ennallaan (Kuvio 7). Näin ollen radan käyttöaste moninkertaistuu, sekä operoinnin tarve sahattaessa vähenee. Tämä taas säästää työntekijää ja mahdollisesti myös nopeuttaa tuotannon läpimenoaikaa, jolloin operaattori pystyy keskittymään täysin sahaukseen, eikä tarvitse käydä aina sahauksen loputtua syöttämässä uutta sahattavaa mittaa. Radan ajo on tarkoitus toteuttaa manuaalisesti kosketusnäytöltä, eli samalla, jolla ajetaan mittavastetta, jolloin myös turvallisuus paranee, kun operaattori pystyy visuaalisesti tarkistamaan, ettei kukaan ole missään välissä eikä operaattorin omat raajat ole vaarassa.



Kuvio 7. Rullakuljetin (Ketola 2021).

## 7 MITTAVASTE

Mittavaste on vastin, joka ajetaan haluttuun mittaan, jolloin saadaan haluttu sahattava mitta kappaleesta. Mittauslaitteeksi päädyttiin suunnittelemaan täysin oma laite, ja laitteeksi valikoitui automaattinen mittavaste nykyisen manuaalisen tilalle. Manuaalinen mittavaste on osoittautunut hyväksi ja toimivaksi ratkaisuksi, joten luontevaa oli ratkaista ongelma automaattisen vasteen avulla. Vasteen tarkoituksena on toimia niin, että kosketusnäytöltä annetaan haluttu sahattava mitta, jolloin vastin liikkuu tähän mittaan ja sahattava kappale voidaan ajaa vastinta vasten ja aloittaa sahaus. Tällä on tarkoituksena nopeuttaa sahausta, vapauttaa resursseja (nykytilanteessa pitemmällä sahattavilla vaaditaan mahdollisesti 2 työntekijän tekemä mittaus) sekä tarkentaa sahattavien kappaleiden toleranssia ja minimoida mahdolliset mittavirheet. Toisinaan myös sahattavat kappalemäärät ovat suuria, jolloin laite myös parantaa tuottavuutta, kun tarkastusmittaukset vähenevät ja vastinta ei tarvitse olla säätämässä vähän väliä. Suunnittelussa pyrittiin myös ottamaan huomioon jo varastossa olevia komponentteja ja näiden mahdollista hyödyntämistä kyseisen laitteen valmistuksessa.

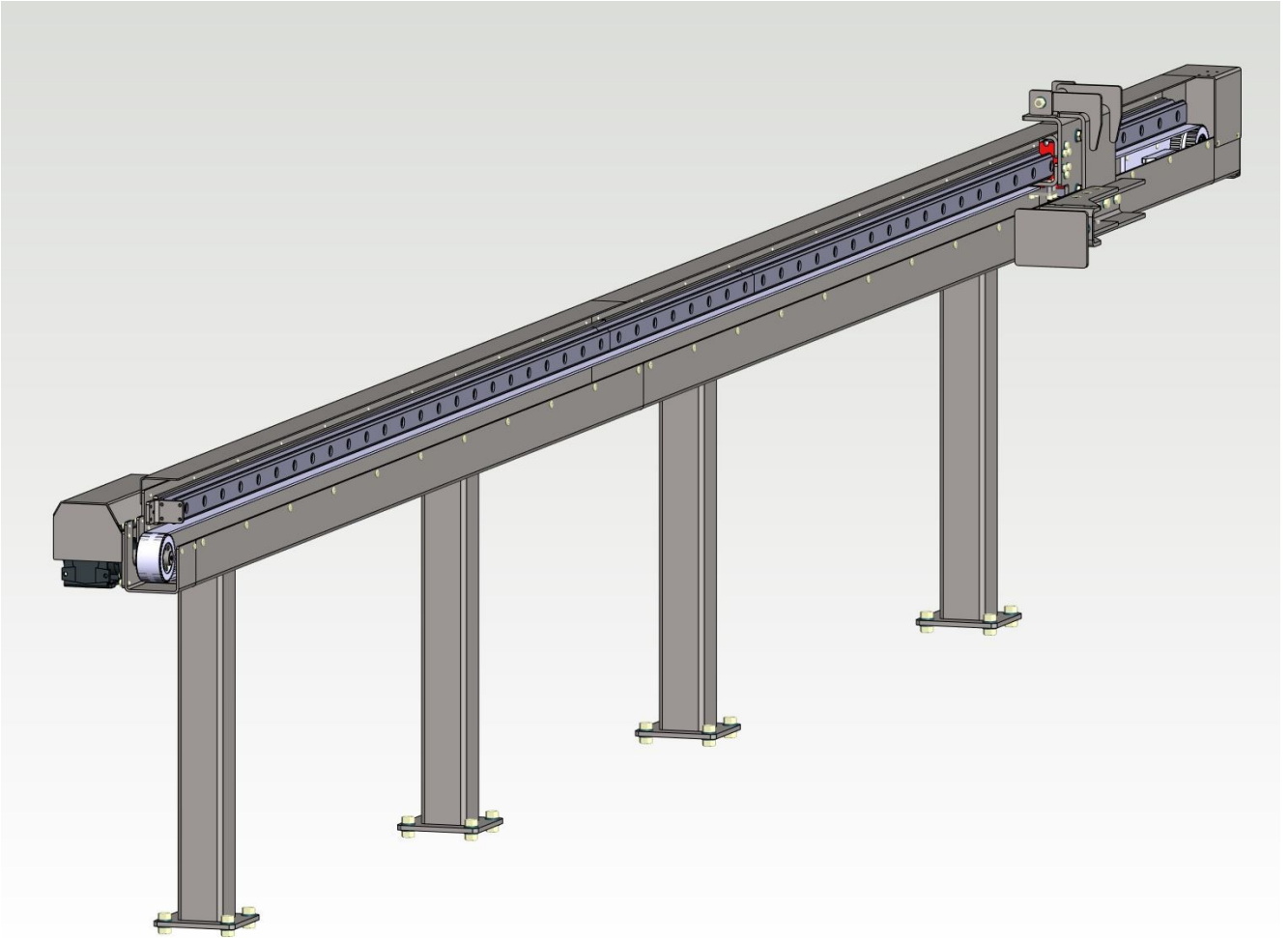
Mittavasteeseen suunnitellut komponentit (moottori ja vaihteisto) valittiin Siemensin TIA-Selection tool-ohjelman ja asiantuntijan avulla, jolloin komponenttien yhteensopivuus on varmaa. Ohjelma ei itsessään anna valita komponentteja, jotka eivät keskustele keskenään. Valitut komponentit, parametrit ja vaatimukset ovat nähtävissä liitteissä.

### 7.1 Runko

Rungon suunnittelussa otettiin huomioon hyvä kotelointi, turvallisuus sekä valmistettavuus. Runko suunniteltiin myös tehtäväksi särmätyistä levyosista, jolloin kotelomainen rakenne on helposti ja kustannustehokkaasti valmistettavissa. Liikkuvat ja lineaariliikkeen osat haluttiin suojata lialta, pölyltä sekä konepajan muilta ulkoisilta epäpuhtauksilta. Näin mahdollisesti pidentäen liikkuvien osien ikää, sekä minimoida mahdolliset käytössä syntyvät tapaturman vaarat.

Mittavasteen käyttöalueeksi haluttiin kuusi metriä. Todettiin, että pidemmät sahattavat sarjat ovat sen verran harvinaisia, että kuusimetrinen riittää mainiosti palvelemaan tämänhetkistä tarvetta. Suunnittelussa otettiin myös huomioon laitteen pidentäminen tai muu muuttaminen tarpeen mukaan. Suhteellisen pienillä muutoksilla laitteesta saadaan jokaiseen tarpeeseen sopiva ja tehokas. Alun perin laite oli tarkoitus istuttaa jo olemassa olevan vasteen paikalle

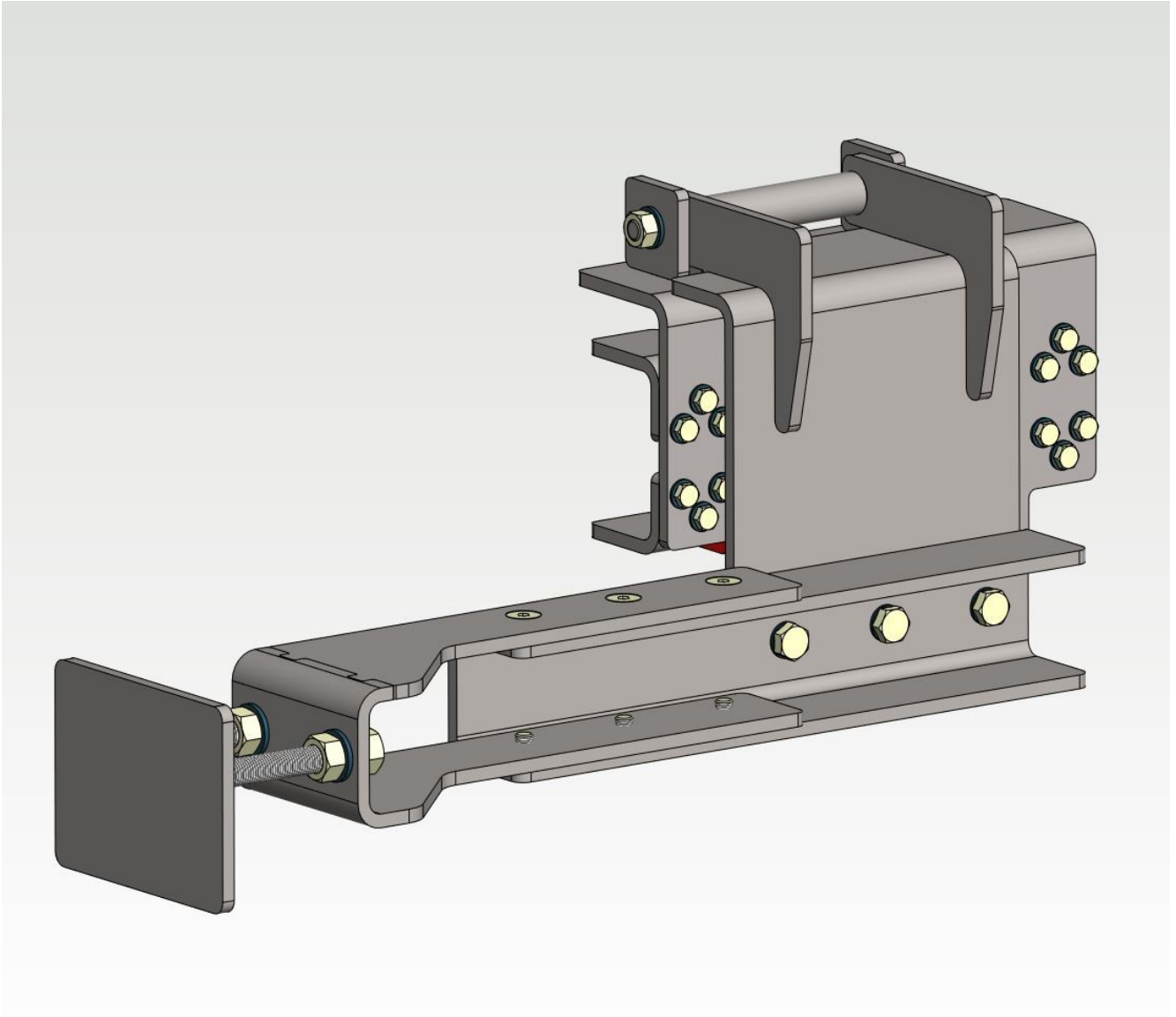
tälle suunnitelluille kannakkeille, mutta loppujen lopuksi päädyttiin tekemään laitteelle täysin omat jalat. Tällä saatiin asennukseen hieman vapautta sekä säätövaroja ajatellen oikeaa paikoitusta.



Kuvio 8. Mittavasteen runko (Ketola 2021).

Jaloilla pystytään säätämään korkeutta sekä tarvittaessa sivusuunnassa koko laitetta. Kotelomaisella rakenteella saatiin kaikki lineaariliikkeen komponentit suojaan (kuvio 8.).

Itse vastin (kuvio 9.) suunniteltiin siten, että pidempiä kappaleita sahattaessa vasteen saa käännettyä pois tieltä niin, ettei se aseta rajoituksia sahalle, sekä haluttiin tarpeeksi jämäkkyyttä käyttöikää ajatellen. Vasteen suunnittelussa pyrittiin ottamaan huomioon myös siihen kohdistuvat törmäysvoimat, joiden ei pitäisi olla kovinkaan suuria. Ohjelmaan suunnitellaan niin sanottu sähköinen iskunvaimennus, jolloin voimat saadaan pysymään mahdollisimman pieninä ja näin ollen itse vastin pitkäikäisenä.



Kuvio 9. Vastin (Ketola 2021).

Viimeinen mekaaninen säätö tehdään kuviossa 9 näkyvillä kierretangoilla, jonka jälkeen ne lukitaan lopullisesti. Pulttiliitokset toteutetaan uppokantaruuveilla, jolloin saadaan ”löysät pois” ja mittaheitto ei aiheudu esimerkiksi ruuvien väljyydestä. Vasteeseen ja sen runkoon lovetaan ”tarkastuspiste” metrin etäisyyteen, josta pystytään kalibroimaan mittalaite ja tarkastamaan, että mittaus myös pitää paikkansa. Runkokotelon pohjalle asennetaan vielä liukumuovit, jotta hihnan mahdollisesta venymisestä aiheutuva laahaaminen rungon pohjaan vältetään, eikä näin hammashihna kulu tarpeettomasti. Veto- ja taittopyörän suuresta etäisyydestä johtuen, on mahdollista, että hammashihna pääsee laahaamaan kiristyksestä huolimatta vasten liukumuovia. Tämä on kuitenkin epätodennäköistä, johtuen hammashihnan rakenteesta.

## 7.2 Käyttölaite

Käyttölaitteeksi vasteelle valittiin Siemensin servomoottori, koska tällä päästään myös tarkkaan mittaustulokseen, niin myös riittävään tehoon vastimen siirtoa ajatellen. Moottori ja vaihdelaatikkopaketti valittiin TIA-Selection toolin avulla yhdessä Siemensin asiantuntijan kanssa. Valintaprosessiin vaikuttivat liikuteltava massa, hihnapyörien halkaisija, haluttu liikenopeus sekä paikoitustarkkuus. Hammashihnapyörät löytyivät jo konepajalta varastosta. Hihnapyörät ovat halkaisijaltaan 100 mm ja käytettävä hihna on kiilalla varustettu hammashihna. Liikuteltavaksi massaksi vasteelle tuli painoa noin 32 kg, liikenopeudeksi haluttiin noin 1–1,5 m / sekunti ja paikoitustarkkuudeksi 0,5 mm. Tällä servomoottorilla tavoitteisiin päästiin hienosti. Kaikki taustatiedot ja valintaprosessi ovat nähtävissä liitteestä. Vaihdelaatikon mitoituksessa otettiin huomioon myös täystörmäys mahdollisuus ja näin ollen valittiin sellainen vaihteisto, joka kestää myös törmäyksen kuitenkin hajoamatta siihen.

## 7.3 Lineaariliike

Lineaariliikkeen suunnittelu toteutettiin jo olemassa olevista osista. Lineaarikiskoksi saatiin järeä Hiwinin HGR55R lineaarikisko ja tälle sopiva johdekelkka HGW55 HAZ 0C. Molemmat ovat reippaasti ylimitoitettuja kyseiseen käyttökohteeseen, mutta kyseiset komponentit olivat jo olemassa, joten päädyttiin suunnittelemaan laite toteutettaviksi näistä. Samoin hammashihna, sekä hihnapyörät olivat jääneet ylimääräiseksi jostain projektista, joten nekin päätettiin hyödyntää mittavasteen komponenteiksi. Hihnapyörät ovat Mulcon valmistamat ja hihna on Breco 50-ATK 10/K13. Lineaariliikkeen toteutus hammashihnalla perustuu ensisijaisesti hammashihnan välittämään paikoitustarkkuuteen, mutta myös hihnalla saatiin välyksetön, äänetön ja huoltovapaa lineaariliike aikaiseksi.

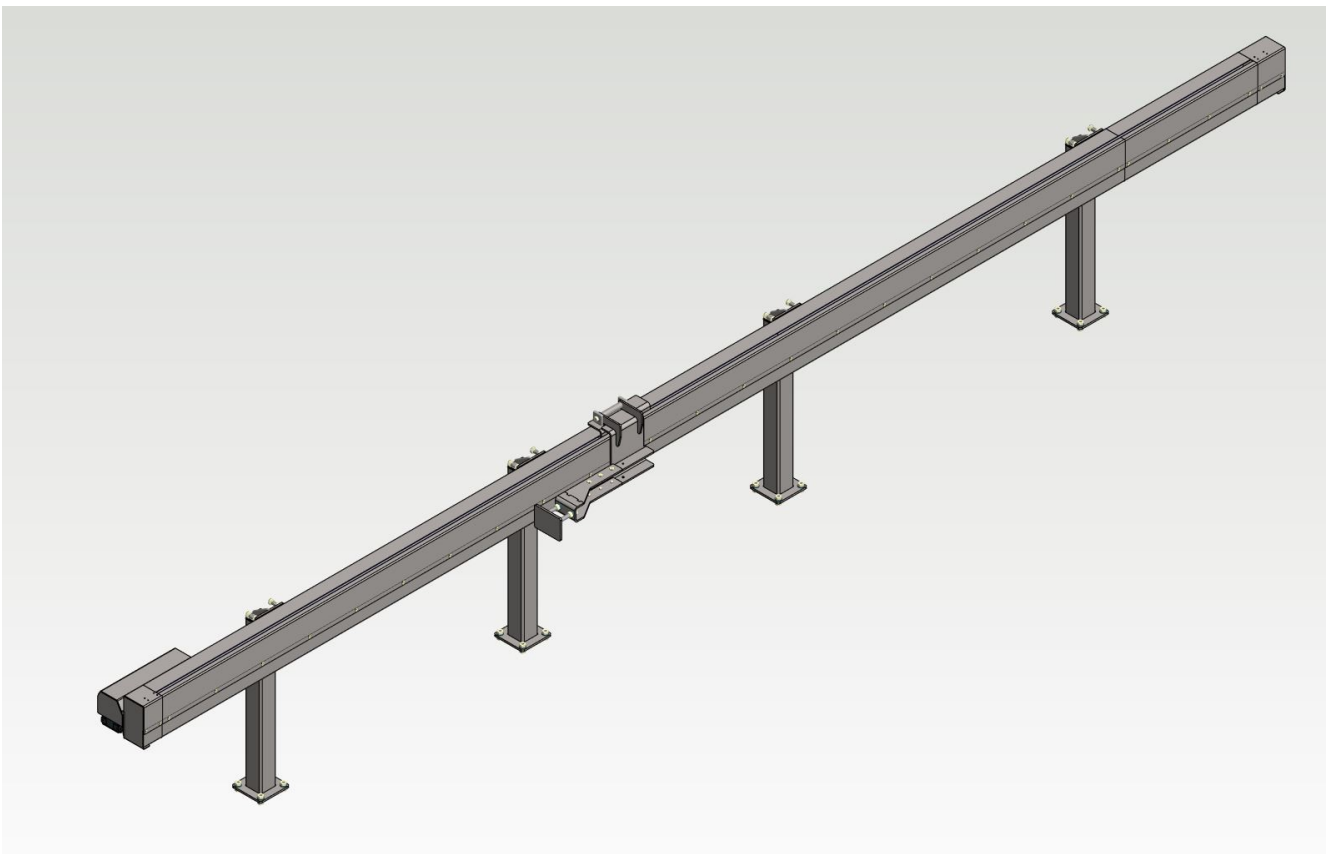
Vetopään hihnapyörä lukitaan akselille Bonfix–kiinnityselementillä, joka myöskin löytyy jo varastosta. Tällöin myös vetoakselin suunnittelu, valmistus sekä asennus helpottuvat.

Laitteeseen suunniteltiin asennettavaksi päätyrajakytkimet varmuuden vuoksi, jos laite ajaa yli omien kykyjen, katkaisee rajakytkin ohjausvirran vastimen osuessa, ennen pahempaa törmäystä. Muuten rajat asetetaan itse ohjelmaan, jolla muutkin turvallisuustoimenpiteet ovat tarkoitus tehdä ja toteuttaa.

## 7.4 Toimintaperiaate

Toimintaperiaatteena laitteella on ajaa itsensä annettuun mittaan. Voimansiirtoelementteinä toimivat moottori ja vaihteisto sekä hammashihnapyörät ja hammashihna, jonka molemmat päät ovat kiinnitetty liikkuvaan vasteeseen. Moottori ohjelmoidaan toimivaksi niin, että pulssianturin avulla moottori osaa paikoittaa itsensä kuuden metrin matkalla aina tarkasti annettuun pisteeseen. Näin pystytään rullakuljettimella ajamaan sahattavaa kappaletta päin vastetta ja sahaamaan aina tarkasti määrämittäisiä kappaleita.

Laitteesta saatiin näillä komponenttivalinnoilla suhteellisen huoltovapaa, turvallinen sekä yksinkertainen käyttää. Huollettavia kohteita ei juurikaan ole muuta kuin hammashihnan kireyden sekä kunnan tarkastus. Rungosta saatiin myös helposti muunneltava jokaiseen käyttötarkoitukseen sopivaksi kokonaisuudeksi, jos ajatellaan tuotetta markkinoitavaksi eteenpäin. Painoa laitteelle tuli kaiken kaikkiaan noin 520 kg.



Kuvio 10. Mittavaste (Ketola 2021).



## 8 AUTOMAATION TOIMINTA

Tässä opinnäytetyössä pääpaino oli mekaanisessa suunnittelussa, joten automaatio suunnittelu rajattiin käytännössä komponenttien valintaan ja näiden soveltuvuuteen käyttötarkoitukseensa suunniteltavan laitteen kannalta sekä jonkin verran laitteen toiminnan suunnitteluun. Automaation toiminta suunniteltiin toimimaan niin, että kosketusnäytölle annetaan haluttu mitta, jonka jälkeen painetaan start-näppäintä, lähtee vaste ajamaan haluttuun mittaan. Sahan puristusleukojen mennessä kiinni ja sahauksen alettua, vaste pakittaa noin kymmenen milliä sahattavasta kappaleesta, jolloin kappale ei jää ns. puristuksiin ja näin ollen pidentää sahan terän käyttöikää. Jos sahataan monta saman mittaista, palautuu vaste annettuun mittaan aina start-näppäintä painaessa. Annettaessa uusi mitta, laite paikoittaa itsensä uudelleen. Jos vastetta ei tarvita ollenkaan, paikoitetaan ohjelmaan vasteelle niin sanottu kotipiste, jolloin vaste voidaan kääntää radalta pois ja näin ollen sahata ilman vastetta.

Komponenttien käyttöikää ajatellen, vasteeseen ohjelmoidaan myös sähköinen iskunvaimennin. Tarkoitetaan sitä, että jos vasteeseen ajetaan liian suurta ja raskasta kuormaa, ymmärtää moottori/vaihteisto antaa myöden ja vaste liikkuu palkin tai sahattavan kappaleen mukana, jolloin ei rikota törmäyksessä altistuvia komponentteja. Kun momentti laskee tarpeeksi pieneksi, vastin palautuu annettuun mittaan ja sahaus voidaan aloittaa. Iskunvaimentimen on tarkoitus toimia myöskin toisin päin, eli jos radalla onkin jotain esteitä tai sahattava kappale on vielä leuoissa kiinni ja vastetta yritetään ajaa kappaletta päin, ymmärtää vaste törmäyksestä palata vanhaan annettuun pisteeseen odottamaan, että kulku on esteetön. Laitteeseen lisätään myös merkkivalo, joka kertoo käyttäjälle, milloin vaste on annettu mitassa ja sahaus voidaan aloittaa.

Automaatio suunnittelussa otettiin huomioon vain tämänhetkinen tarve, sekä vastin haluttiin toimivaksi kokonaisuudeksi. Kehitysmahdollisuuksia on lukuisia ja niitä käsitellään omassa pohdinnassa. Automaatiokomponentit ovat myös valittu Siemensin TIA-Selection Toolin avulla yhdessä asiantuntijan kanssa, jolloin voidaan olla varmoja komponenttien yhteensopivuudesta. Tarvittavat komponentit laitteen rakentamiselle ovat nähtävissä taulukossa 2.

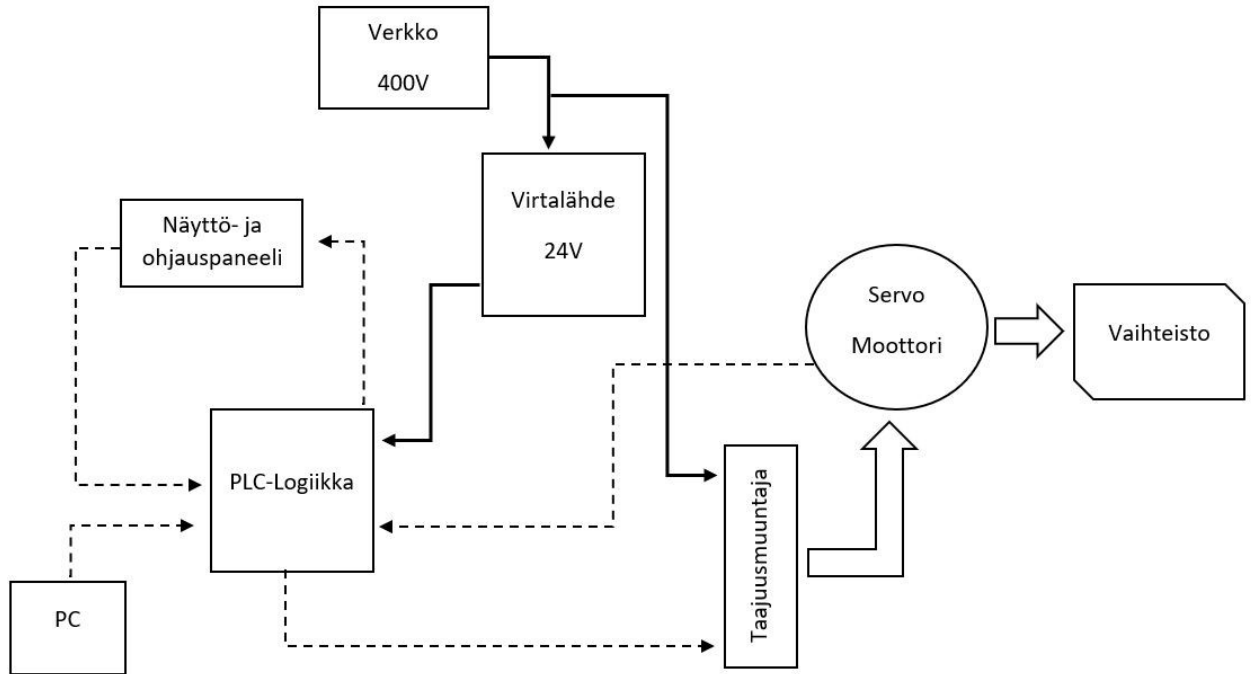
Komponentti	Määrä
Hätäseis painike	1
Näyttöpaneeli	1
24V sulake	1
Virtalähde	1
Din kisko	1
Turva input-kortti	1
RJ45 BusAdapter	1
Input kortti	1
PLC logiikka	1
Muistikortti 4MB	1
Näytön suojakalvo	10
Taajuusmuuntaja	1
Servomoottori	1
OCC-kaapeli	1

Taulukko 2. Automaatiokomponentit (Ketola 2021).

Laitteista oli alun perin tarkoitus suunnitella automaattisia itsestään toimivia kokonaisuuksia, mutta turvallisuussyistä päädyttiin toistaiseksi suunnittelemaan laitteista manuaalikäyttöisiä. Täysin automaattisten laitteiden turvallisuustoimenpiteet sekä suojaukset olisivat vaatineet suurempia muutostöitä, sekä sahan käyttöasteeseen suhteutettuna ne eivät olisi palvelleet käyttöä enää positiivisessa suhteessa. Sahan käyttö on kuitenkin kausiluontoista, mutta välttämätöntä. On projekteja, joissa sahattavien materiaalien määrä on vähäistä, kun taas on projekteja, joissa sahausmäärä on todella suuri. Täysin automaattisen laitteen suojausineen suunnittelu olisi kannattavaa vasta, kun sahan käyttö olisi päivittäistä ja jatkuvaa.

Itse sahan käyttö tapahtuu edelleen sahan omasta käyttöpaneelistä. Kuljettimen ja mittavasteen käyttö tapahtuu sahan käyttöpaneelin välittömään läheisyyteen asennettavasta omasta käyttöpaneelistä, eli kosketusnäytöstä. Turvallisuuteen liittyvistä komponenteista välttämätön on hätäseis-painike. Käyttäjällä on koko ajan visuaalinen yhteys rataan, jolloin ennen ajoa on varmistettava, ettei ketään ole laitteiden operointialueilla ja että ajo voidaan toteuttaa turvallisesti. Saha käyttää tavallisestikin pääasiassa vain yksi käyttäjä. Käyttäjän on myös oltava koko operoinnin ajan paneelin läheisyydessä, joten itsensä vaarantaminen laitteiden käytössä on todella hankalaa. Tahallista väärinkäyttöä on tietenkin miltei mahdoton ehkäistä, mutta tapaturman vaarat otettiin suunnittelussa huomioon tarkasti. Kaikki liikkuvat ja pyörivät osat ovat koteloituja lukuun ottamatta itse liikkuvaa vastinta. Visuaalisella tarkastuksella ennen käyttöä varmistetaan, ettei ketään tai mitään ole operointialueella.

Hätäseis-painikkeella katkaistaan laitteen käyttö, mikäli havaitaan tapaturman vaara, jolloin riskit jäävät pieniksi.



Kuvio 11. Automaation toimintakaavio (Ketola 2021).

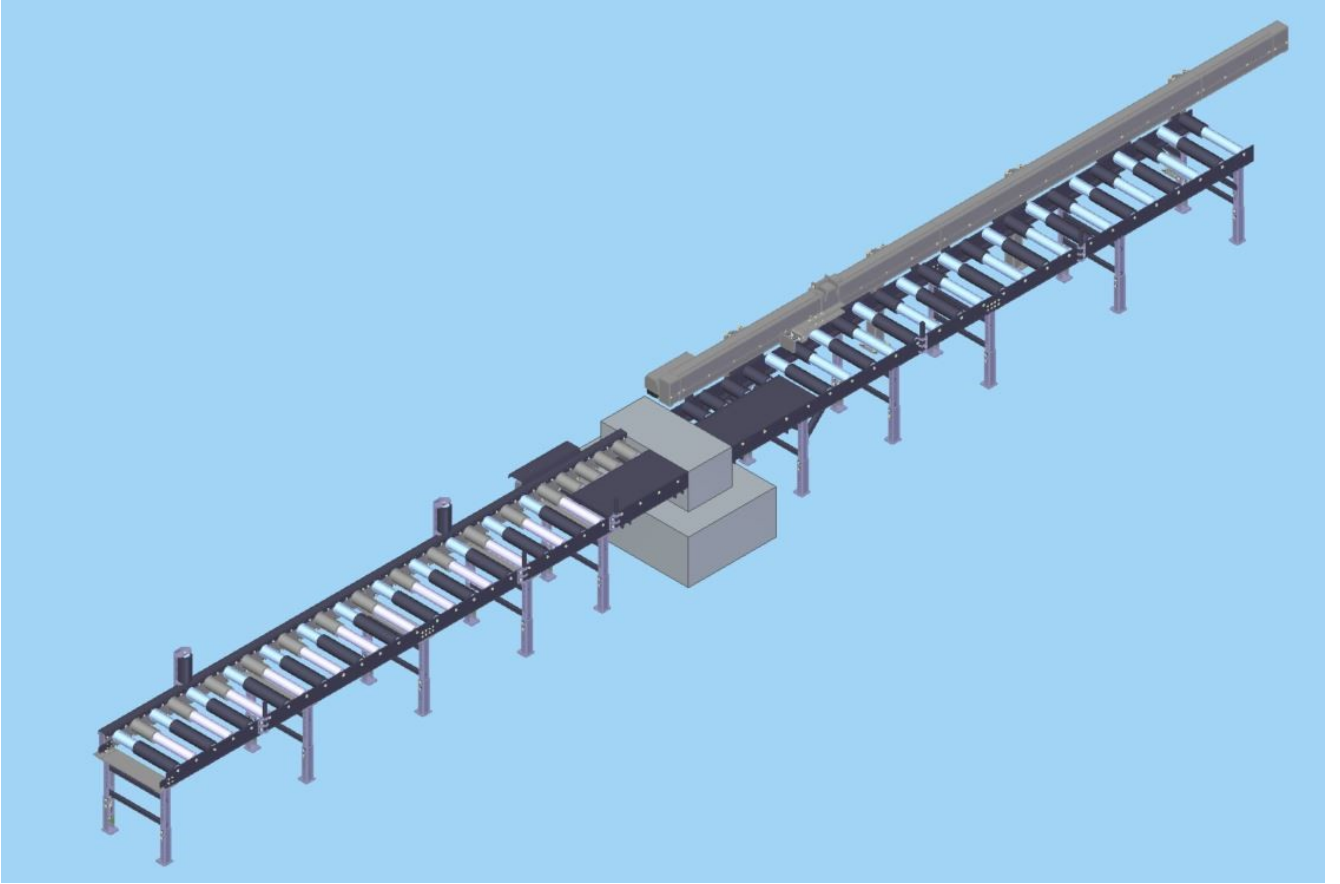
## 9 TULOKSET

Tavoitteena oli suunnitella syöttö- ja mittalaitte vannesahan yhteyteen, jonka avulla pystyttäisiin nostamaan turvallisesti sahauksen tehokkuutta, nopeutta ja tarkkuutta. Tuloksena opinnäytetyössä saatiin aikaiseksi toimiva kokonaisuus, joka myös täytti sille annetut vaatimukset. Laitteiden rakenteet ja yksityiskohdat käytiin yrityksessä läpi suunnittelun valmistuttua, jotta laitteet vastaavat haluttuja kokonaisuuksia ja tyydyttävät yrityksen tarpeita (Kuvio 12).

Kuljettimen rakenteesta tuli yksinkertainen ja onnistunut, jolloin valmistuskustannukset pysyvät kohtuullisina sekä kuljetin on nopea valmistaa. Ruuviliitosten ansiosta myös osien vaihto ongelmien ilmetessä on suhteellisen helppoa. Kuljettimesta saatiin myös kohtuullisen huoltovapaa ja huomioon ottaen kuljettimen sijoitus sisätiloihin, se pidentää huollettavien komponenttien käyttöikää sekä pidentää huoltoväliä.

Mittavasteesta saatiin myös yksinkertainen ja tämän työn tekijän mielestä onnistunut kokonaisuus. Runkorakenne on suhteellisen yksinkertainen ja helposti rakennettavissa sekä muokattavissa tarpeeseen sopivaksi. Lineaariliikkeen komponenteiksi saatiin toimintavarmoja, mittatarkkoja ja huoltovapaita komponentteja, jolloin laitteesta saatiin luotettava, helppokäyttöinen ja helppohuoltoinen. Valmistuskustannukset pysyivät myös kilpailukykyisinä, joka tekee laitteen investointikynnyksestä matalamman. Opinnäytetyössä suunniteltu mittavaste on suunniteltu järeään teollisuuskäyttöön, mutta käyttötarpeen mukaan laite on muokattavissa kevyemmällekin käytölle suhteellisen helposti.

Turvallisuus molemmissa suunniteltavissa laitteissa, joka oli yksi opinnäytetyön keskeisiä tavoitteita, toteutui tämän työn tekijän mielestä hyvin. Molemmat laitteet suunniteltiin niin, että tapaturman vaara pysyy pienenä sekä laitteiden käyttöön liittyvät käyttäjän terveydelle haitalliset riskit pystyttiin minimoimaan.



Kuvio 12. Valmis kokoonpano (Ketola 2021).

## 10 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella konepajassa käytettävälle vannesahalle syöttö- ja mittalaite. Työ aloitettiin kartoittamalla jo markkinoilla olevia laitteita ja järjestelmiä, mutta suhteellisen suppean tarjonnan myötä päädyttiin kuitenkin suunnittelemaan laitteet itse. Suunnittelu aloitettiin tekemällä kartoitus laitteiden vaatimuksista sekä ominaisuuksista. Tämän jälkeen aloitettiin itse laitteiden osien suunnittelu ja jokaisesta osasta tehtiin osa- ja valmistuspiirustukset. Laitteissa käytettävät voimansiirtokomponentit sekä lineaariliikkeen komponentit valittiin jo konepajalta löytyvistä komponenteista ja runkojen osien suunnittelu toteutettiin näiden pohjalta sopiviksi. Mekaanisessa suunnittelussa otettiin huomioon eritoten laitteiden turvallisuus. Huomioitavia asioita oli myös valmistettavuus, materiaalien kustannus sekä kokonaisuusien yksinkertaisuus. Suunnittelun päätyttyä tehtiin molemmista laitteista riskianalyysit, joilla todettiin laitteiden turvallisuus.

Automaation suunnittelu sisältyi myös opinnäytetyöhön, mutta koko työn laajuuden vuoksi rajattiin se komponenttien valintaan ja toiminnan suunnitteluun. Toiminnan suunnittelussa otettiin huomioon vain tämänhetkinen tarve, mutta kehittymismahdollisuuksia laitteiden automaatioon on lukuisia. Esimerkiksi projektikohtaisten sahauslistojen syöttäminen sähköisesti suoraan mittalaitteelle, jolloin mittalaite itse osaa kertoa montako sahattavaa mittaa mitään materiaalia sahataan. Myös tuloste sahauksen jälkeen, joka kertoo paljonko materiaalia, vähennetään olemassa olevasta varastosaldosta, jolloin inventaarion tarve vähenee, sekä pysytään paremmin tietoisuudessa varaston tilanteesta. Laitteista on myös mahdollista tehdä automaattisia yhdistämällä logiikkaan mukaan itse saha, jolloin järjestelmä on mahdollista automatisoida kokonaan. Tämä kuitenkin vaatii asianmukaiset turvallisuustarkastelut sekä komponentit, eikä välttämättä ole tällä hetkellä ajankohtaista.

Suurimmat haasteet olivat suunnitella toimivat kokonaisuudet kustannustehokkaasti, valmistusteknisesti tuottavaksi sekä turvallisiksi käyttää. Myös haasteita asettivat nykyisten rullaratojen paikoitus. Rullakuljettimen voimansiirto suunniteltiin sijoitettavaksi vastapuolelle käyttölaiteista, samalle puolelle vasteen kanssa, jolloin tilaa jäi käytettäväksi noin 140 mm. Tämä osaksi turvallisuuden takia, koska tuolla puolen oleskelu ja kulku on mahdotonta. Rullakuljettimen suunnittelussa onnistuttiin hyvin sijoittamaan voimansiirto tälle puolen, sekä tilaa jäi vielä käyttämättäkin. Moottorin sijoitus asetti myös omat haasteet. Sahalla sahattaessa kulmaan, kääntyy sahan peräpäätä juuri käyttölaitetta kohti, joten käyttö tuli sijoittaa niin, ettei se

rajoita sahan käyttöä kulmia sahattaessa. Toisesta suunnasta vastaan tuli hallin peruspilari, mutta käyttölaite saatiin sovitettua tähän väliin käytön pienestä koosta johtuen.

Vasteessa suurimmat haasteet olivat myös tilarajoitus. Sahan jättöpuolella olevan vapaaradan ja peruspilarin välissä oli myöskin tilaa vain 140 mm. Haasteet asettivat lineaariliikkeen komponentit, jotka olivat jo itsessään mitoiltaan massiiviset käytettävään tilaan. Lineaarikelkkaan oli myös vielä saatava mahtumaan itse liikkuvan vasteen runko, joka liitettiin lineaarikelkkaan ruuviliitoksella. Myös voimansiirron komponentit oli saatava mahtumaan samaan tilaan. Ratkaisuna nostettiin rungon korkeutta ja voimansiirto sijoitettiin kokonaan vasteen alapuolelle. Tuloksena kaikki saatiin kuitenkin mahtumaan pieneen tilaan ja tilaa jäi myöskin vielä huoltotoimenpiteille.

Myös laitteen mittaustapahtuman toteutuksen suunnittelu oli haasteellinen. Alun perin suunniteltiin mittauksen tapahtuvan erilaisilla antureilla, kuten magneettijuova, absoluuttianturi, absoluuttianturia varustettuna pienellä vaijerikelalla, joka liikkuu vasteen mukana sekä koko kuuden metrin matkalle sijoitettavalla magneettisella lineaarisella paikoitusanturilla. Ongelma ratkaistiin servomootorikäytöllä, joka paljastui loppujen lopuksi myöskin edullisimmaksi vaihtoehdoksi.

Opinnäytetyö oli opettavainen kokonaisuus. Tärkeimpinä asioina voidaan mainita koneturvallisuuden ja tässä huomioon otettavien asioiden tunnistamisen konesuunnittelussa. Komponenttien suunnittelun valmistus- ja kustannustehokkaasti sekä riskianalyysiin tutustuminen ja perehtyminen. Riskianalyysi on yksi tärkeä osa käyttöönottoa ja suunnittelua, koska tässä on otettu huomioon kaikki kohdistuvat riskit.

Tämän työn tekijän mielestä työ onnistui hyvin ja laitteista saatiin toimivat kokoonpanot, joihin yritys oli myös tyytyväinen. Suunnittelussa ilmenneet ongelmat saatiin ratkaistua suhteellisen nopeasti pienillä ratkaisuilla eikä tarvinnut ryhtyä suurempiin muutoksiin esimerkiksi layoutin kanssa. Ajankäyttö suunnittelussa oli kohtuullisen tehokasta ja ongelmatilanteissa saatiin apua aina tarvittaessa. Kokonaisuutena laitteista saatiin turvalliset ja käyttötarkoitukseensa sopivat.

## LÄHTEET

2006–42-EY. 2006. Konedirektiivi.

Anola-Pukkila, T. 2021. Tuotantopäällikkö. Vesmes Oy. Haastattelu 10.3.2021.

Björk, T., Hautala, P., Huhtala, K., Kivioja, S., Kleimola, M., Lavi, M., Martikka, H., Miettinen, J., Ranta, A., Rinkinen, J. & Salonen, P. 2014. Koneenosien suunnittelu. 6. p. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Hietikko, E. 2008. Tuotekehitystoiminta. Kuopio: Savonian-ammattikorkeakoulun kuntayhtymä.

Jokinen, T. 1987. Tuotekehitys. 6. p. Helsinki: Otatieto.

Kunnaspuro, K. 2021. Toimitusjohtaja. Vesmes Oy. Haastattelu 10.3.2021.

Lyly-Yrjänäinen, J. 2021. Mekaniikkasuunnittelija. Vesmes Oy. Haastattelu 17.3.2021.

Saarela, J. 2021. Asiantuntija. Siemens Oy. Haastattelu 5.5.2021.

Sepponen, J-M. 2021. Asiantuntija. Siemens Oy. Haastattelu 5.5.2021.

SFS-EN ISO 12100. 2010. Koneturvallisuus: Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. Helsinki: Suomen standardoimisliitto ry.

SFS-EN ISO/TR 14121-2. 2013. Koneturvallisuus. Riskin Arviointi. Osa 2: Käytännön opastusta ja esimerkkejä menetelmistä. 2. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto ry.

Siirilä, T. & Tytykoski, K. 2016. Koneturvallisuuden käsikirja. 2.p. Keuruu: Inspecta Oy.

Taloustutkimus. Ei päiväystä. Laadullinen tutkimus. [Verkkosivu]. [Viitattu 17.6.2021]. Saatavana: <https://www.taloustutkimus.fi/tuotteet-ja-palvelut/laadullinen-eli-kvalitatiivinen-tutkimus.html>

Tammertekniikka. 2017. Tekniikan kaavasto. 17.p. Tampere: Amk-Kustannus Oy.

Tilastokeskus. Ei päiväystä. Käsitteet. [Verkkosivu]. [Viitattu 17.6.2021]. Saatavana: [https://www.stat.fi/meta/kas/kvanti\\_tutkimus.html](https://www.stat.fi/meta/kas/kvanti_tutkimus.html)

Toivakka, T. 2021. Automaatiosuunnittelija. Vesmes Oy. Haastattelu 12.4.2021.

Valtanen, E. 2000. Koneenrakentajan Taulukkokirja. 11.p. Jyväskylä: Genesis-kirjat Oy.

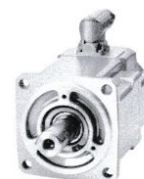


Vesmes. 2021. Yritys. [Verkkosivu]. [Viitattu 15.3.2021]. Saatavana: <https://www.vesmes.fi/>

## LIITTEET

Liite 1. Servomootorin tekniset tiedot.....	1
Liite 2. Vaihteiston tekniset tiedot .....	1
Liite 3. Moottorin ja vaihteiston valintaprosessi .....	1
Liite 4. Rullakuljettimen riskianalyysi.....	1
Liite 5. Mittavasteen riskianalyysi.....	1

## Liite 1. Servomootorin tekniset tiedot

**SIEMENS****Data sheet for SIMOTICS S-1FK2****Article No. : 1FK2104-4AF10-0MA0**Client order no. :  
Order no. :  
Offer no. :  
Remarks :Item no. :  
Consignment no. :  
Project :

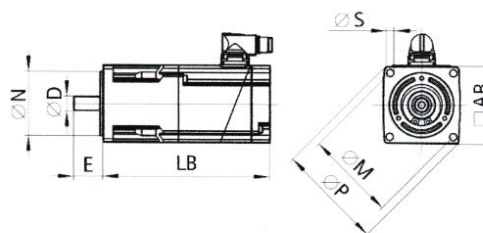
Basic motor data	
Motor type	Permanent-magnet synchronous motor, Natural cooling, IP64
Motor type	High Dynamic
Static torque	1.27 Nm
Static current	1.2 A
Maximum torque	3.75 Nm
Maximum current	4.2 A
Maximum speed	7,200 rpm
Rotor moment of inertia	0.4300 kgcm <sup>2</sup>
Weight	2.9 kg

Rated data	
SINAMICS S210, 3AC 400V	
Rated speed	3,000 rpm
Rated torque	1.27 Nm
Rated current	1.2 A
Rated power	0.40 kW

Encoder system	
Encoder system	Encoder AM22DQC: Absolute encoder 22 bit + 12 bit multiturn

Motor connection	
Connection type	OCC for S210
Connector size	M17

Mechanical data	
Design acc. to Code I	IM B5 (IM V1, IM V3)
Vibration severity grade	Grade A
Shaft height	40
Flange size (AB)	80 mm
Centering ring (N)	70 mm
Hole circle (M)	90 mm
Screw-on hole (S)	6.5 mm
Overall length (LB)	142 mm
Diameter of shaft (D)	19 mm
Length of shaft (E)	40 mm
Length of flange diagonal (P)	105 mm
Shaft extension	Plain shaft
Color of the housing	Standard (Anthracite, similar to RAL 7016)



Holding brake	
Holding torque	3.30 Nm
Opening time	50 ms
Closing time	15 ms
Maximum single switching energy <sup>1)</sup>	270 J
Service life, operating energy	120,000 J
Holding current	0.2 A
Break-induced current for 500 ms <sup>2)</sup>	1.2 A

<sup>1)</sup>Up to three consecutive emergency stops and up to 25% of all emergency stops as a Wmax high energy stop possible.

<sup>2)</sup>Typical value for 20°C ambient temperature. At -15°C the break-induced currents can be increased by up to 30%.

## Liite 2. Vaihteiston tekniset tiedot

**SIEMENS****Datasheet for SIMOGEAR Geared Motors**

20.11

MLFB-Ordering data : **2KJ3501-6CA01-0FM1-Z**  
**D11+H02+K08+L02+L75+Y00**  
**{Y00:\*ANL@0.37\*]\*AND@2500\*}**

Client order no. :

Order no. :

Offer no. :

Remarks :

Item no. :

Consignment no. :

Project :

Gearbox	
Type designation	SIMOGEAR BAF29-KS-(4.1)
Gearbox	Bevel gearbox BAF29
Mounting type gearbox	Flange-mounted design
Output shaft	H25 mm (Hollow shaft)
Mounting position	(D11) M1 output side A
Transmission ratio	11.46 (275 / 24)
Nominal torque	110.00 Nm
Output speed	218.150 rpm
Output torque	16.20 Nm
Service factor	6.79
Gear oil	(K08) Synthetic oil CLP PG VG460
Oil charge	0.2 l
Specification	CE (Europe / other countries)
Environment temperature	(K95) -20 ... +40 °C
Weight without oil	7.8 kg
Housing material first gearbox	Aluminum

Gearbox options	
Flange diameter	(H02) 120 mm
Hollow shaft cover	Sealing cap
Output shaft bearing	Standard bearing
Output shaft sealing	Standard sealing
Gearbox breather	Non-ventilated
Oil level control	Without
Oil drain	Oil drain plug

Adapter	
Adapter	KS Coupling adapter for servo motors
Hole circle	90 mm
Centering	70 mm
Motor shaft	19x35 - 19x40 mm
Input speed (Info)	2500 rpm
Input power (Info)	kW
Input torque	1.4 Nm
Max. perm. input torque for continuous duty T1perm	5.1 Nm
Max. perm. input torque for short-time duty	12.7 Nm
Max. perm. input speed	4,500.0 rpm

Adapter options	
-----------------	--

General options	
Surface treatments	Painted
Coating	(L02) Coating for normal environmental stress C1
RAL Color	(L75) 7016 anthracite gray
Coating on flange	-
Packing	Standard packing

Further information	
---------------------	--

General product information	<a href="#">SIMOGEAR</a>
Configurator	<a href="#">2KJ.....</a>
<u>Operating instructions</u>	
Gearbox	<a href="#">BA 2030</a>
Adapter	<a href="#">BA 2039</a>
Catalog	<a href="#">MD 50.11</a> Gearboxes with adapter

<u>Compatible motors</u>	
Designation	MLFB-Ordering data
1FK2104	1FK2104-xxxx0-0xxx
1FK2204	1FK2204-xxxx0-0xxx
1FL604	1FL604x-2xxxx-xxGx 1FL604x-2xxxx-xxHx

The KS adapter is designed for attaching servomotors with plain shafts (without feather key).

**SIMOTICS S-1FK2:**

The system consisting of motor, adapter and gearbox can be executed in IP65 degree of protection. Due to its attachment to the KS adapter, the SIMOTICS S-1FK2 does not require the shaft sealing ring to meet the IP65 degree of protection and is also not mechanically compatible.  
 Permissible: - 1FK2XXX-XXXX0-XXXX (IP64; without shaft sealing ring)  
 Not permissible: - 1FK2XXX-XXXX1-XXXX (IP65; with shaft sealing ring)

## Liite 3. Moottorin ja vaihteiston valintaprosessi

TIA Selection Tool Project Project takavaste 5.5.2021

Axis

SIEMENS

### 2. Overview



#### Mechanics parameters - Feed drive



##### Masses

$m_{\text{payload}}$	Steady payload	32.0 kg
$m_{\text{carriage}}$	Mass of carriage	0.00 kg
$m_{\text{counter}}$	Counterweight	0.00 kg
$F_{\text{comp}}$	Weight compensation	0.00 N

##### Moments of inertia

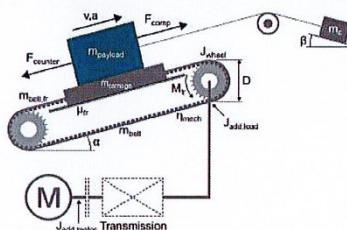
$J_{\text{wheel}}$	Drive wheel moment of inertia	0.00 kg m <sup>2</sup>
$J_{\text{add,load}}$	Additional moment of inertia in relation to load	0.00 kg m <sup>2</sup>
$J_{\text{add,motor}}$	Additional inertia in relation to motor	0.00 kg m <sup>2</sup>

##### Mechanics

D	Diameter of the drive wheel	100 mm
$\alpha$	Angle of inclination for the payload	0.00 °
$\beta$	Angle of inclination for the counterweight	90.0 °

##### Friction

$m_{\text{belt}}$	Belt mass	4.00 kg
$m_{\text{belt,fr}}$	Belt mass contributing to sliding friction	2.00 kg
$r_{\text{sliding}}$	Ratio of belt mass contributing to sliding friction	0.500
$M_{\text{fr}}$	Friction torque	0.00 Nm
$F_{\text{counter}}$	Additional counter force	0.00 N
$\eta_{\text{mech}}$	Efficiency of the mechanical system	1.00
$\mu_{\text{fr}}$	Coefficient of friction	0.0136
$D_{\text{shaft}}$	Wheel shaft diameter	20.0 mm
$\mu_{\text{l}}$	Coefficient of bearing friction	0.00300
f	Lever arm of rolling resistance	0.500 mm
c	Coefficient of track guide friction	0.00300



#### System requirements

##### Explosion protection

Certificates and standards	CE
----------------------------	----

##### Operating conditions


Ambient temperature (Motor / FC)	$\leq 40.0 \text{ °C} / \leq 40.0 \text{ °C}$
Installation altitude (Motor / FC)	$\leq 1000 \text{ m} / \leq 1000 \text{ m}$
Line voltage / Frequency / Grounding system	400 V / 50.0 Hz / TN-S

#### Drive data overview

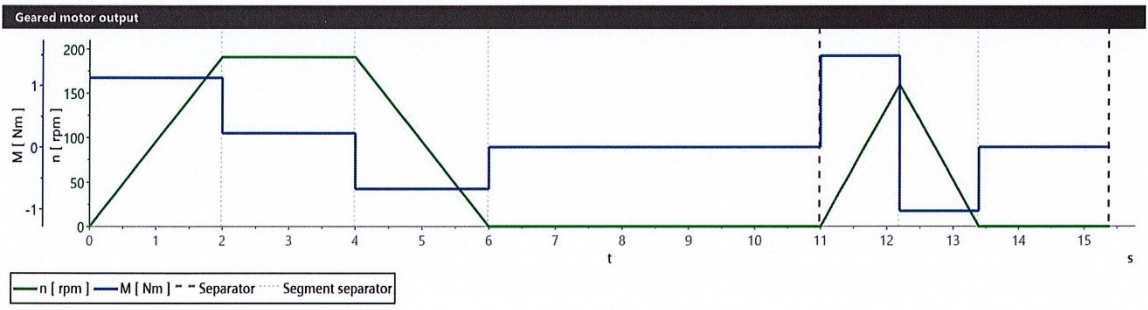
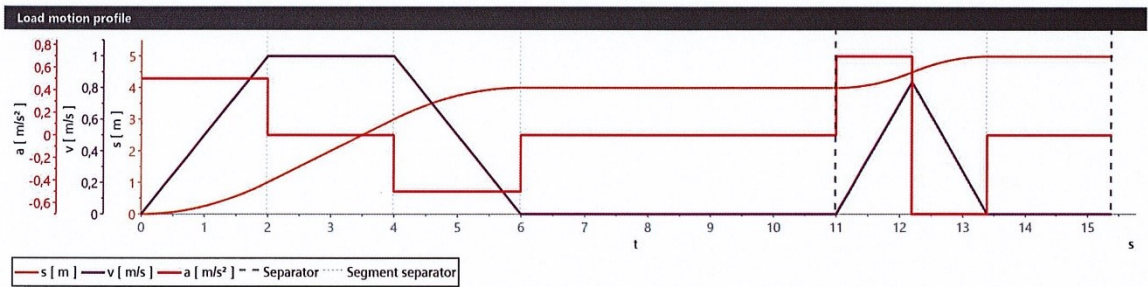
TIA Selection Tool Project Project takavaste 5.5.2021

Axis

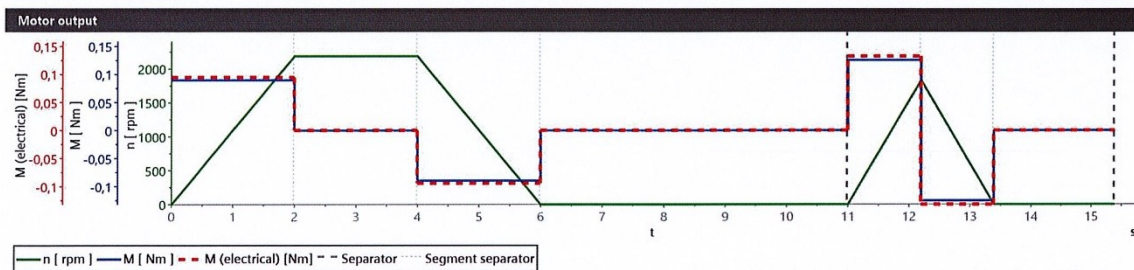
**SIEMENS**

Mechanics parameters - Feed drive 	
Motor data	Frequency converter data
Motor series	SIMOTICS S - 1FK2
Frequency converter series	SINAMICS S210
Gearbox series	SIMOGEAR 2KJ3
Braking resistor	Yes
Number of poles / Frequency / Connection	6 / 50.0 Hz / Star
Cooling method	Self-cooling
With brake	Yes

5. Motion profile



Axis

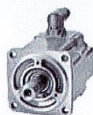






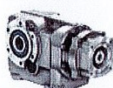
## 6. Motor

## Motor parameters



SIMOTICS S - 1FK2, Synchronous servo motor, High Dynamic, Static torque 1.27 Nm, Motor power 0.400 kW, Rated speed 3000 rpm, Shaft height 40.0 mm, Self-cooling

1FK2104-4AF10-0MA0



SIMOGear 2KJ3, Gearbox with adapter, 2-stage bevel gearbox, B29, Gearbox ratio 11.46, Adapter KS BAF29-KS-(4.1)

2KJ3501-6CA01-0FM1-Z D11+H02+K08+L02+L75+Y00 {Y00:\*ANL@0.4\*}\*AND@3000\*

Motor data		
	Catalog	Derated
Rated power	0.400 kW	
Rated speed	3000 rpm	
Rated torque	1.27 Nm	1.28 Nm
Rated output torque	110 Nm	
Rated current	1.19 A	
Max. speed	3.75 rpm	
Max. torque	n/a	
Max. current	4.20 A	
Static torque	1.27 Nm	
Output torque	14.55208 Nm	
Stall current	1.19 A	
Gearbox	B29	
Gearbox ratio	11.5	
Service factor	7.559055	
Shaft height	40.0 mm	
Version	High Dynamic	
Winding voltage	n/a	
Connection	Star	
Motor frequency	50.0 Hz	

Motor brake		
Maximum dynamic braking torque	9.00 Nm	
Dynamic braking torque	3.30 Nm	3.30 Nm
Supply voltage	DC3	
Application time	15.0 ms	15.0 ms *
Disconnection time	50.0 ms	

\*Engaging time  $t_1$  is estimated as  $t_{11}+t_{12}/2$  acc. to VDI 2241

## Configure parameters

Mounting position			
(D09) Permissible mounting position deviation	No		
Mounting type			
Mounting gearbox	Flange design	Output shaft dimensions	H25
Fitting dimension	120 mm	Hollow shaft cover	Sealing cap

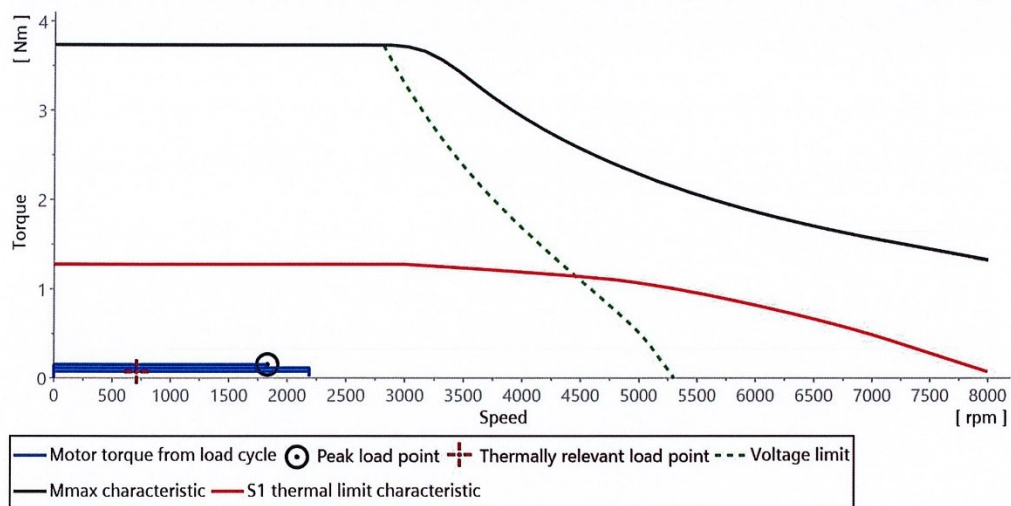
## TIA Selection Tool Project Project takavaste 5.5.2021

SIEMENS

## Axis

Output shaft design	Hollow shaft		
<b>Output shaft bearing</b>			
Output shaft bearing	Standard bearing		
<b>Lubrication and sealing</b>			
Gear oil	(K08) Synthetic oil CLP PG VG460	Output shaft sealing	Standard sealing
<b>Ventilation and oil level control</b>			
Gearbox breather	non-ventilated	Oil drain	Oil drain plug
Oil level control	none		
<b>Special Version</b>			
(G99) Backlash design	No	(G97) Shrinkglued output gearwheel	No
<b>Adapter</b>			
Adapter	KS Coupling adapter servomotor		
<b>Surface treatments</b>			
Surface treatments	Painted	(L19) Pretreatment	No
Coating	(L02) Coating for normal environmental stress C1	Coating on flange	Standard
RAL hue	(L75) 7016 anthracite grey		
<b>Rating plate</b>			
Second rating plate	none	(Y00) Free text	
(Y00) customer-ident-nr			
<b>Supply and packaging options</b>			
Long-term preservation	No	Liability for defects	Standard
<b>Documentation</b>			
(W21) 1 set operating instructions GERMAN per geared motor	No	(W11) Works test certificate 3.1 gearbox	No
(W22) 1 set operating instructions ENGLISH per geared motor	No	(W12) Works test certificate 3.1 Painting	No
(W10) Works test certificate 3.1 motor	No	(W13) Works test certificate 3.1 projects	No
<b>Motor options</b>			
Brake type	Holding brake	Shaft end extend	19 x 40
Degree of protection	IP64	Encoder	Absolute encoder 22 bit + 12 bit Multiturn (AM22DQC)
Shaft end type	Plain shaft	Connection type	OCC (One cable connection) for SINAMICS S210
<b>Details and options</b>			
Color	Anthracite gray (RAL 7016)	Vibration severity grade	A
Type of construction	IM B5 (IM V1, IM V3)		

## Motor properties



## TIA Selection Tool Project Project takavaste 5.5.2021

SIEMENS

## Axis

Motor peak load point			
	required	available	Utilization
Max. torque	0.152 Nm	3.73 Nm	4.08 %
at speed	1830 rpm		

Thermally relevant load point of the motor			
	required	available	Utilization
Torque	0.0725 Nm	1.28 Nm	5.67 %
at speed	711 rpm		

Motor utilization				
	Actual	Limit	Unit	
Thermal utilization	5.67	100	%	✓
Max. torque utilization	4.08	100	%	✓
Max. mechanical torque	0.152	12.8	Nm	✓
RMS current	0.0752	4.20	A	✓
Max. current	0.160	4.20	A	✓
Maximum speed	2190	7200	rpm	✓
Inertia ratio	4.90	7.00		✓

Gearbox utilization				
	Actual	Limit	Unit	
Oil temperature	48.8	80.0	°C	✓
Mechanical utilization	1.08	100	%	✓
Output torque	1.49	110	Nm	✓
Output torque (emergency off)	1.49	187	Nm	✓
Input speed	2190	4500	rpm	✓

Motor brake (Move 1)			
	Actual	Limit value	
Braking torque at gearbox output	✓ 103 Nm	187 Nm	
Torque at rotor due to gravitational force (limit value: total friction torque + braking torque)	✓ 0.00 Nm	3.32 Nm	
Braking energy	✓ 21.5 J	270 J	
Safety factor for motor (braking torque / rated torque)	2.60		
Safety factor for load (braking torque / max. static load torque)	167		
Rotor speed at start of brake deceleration	2190 rpm		
Delay until braking operation (approximated as $t_{11}+t_{12}/2$ )	15.0 ms		
Rotor speed at brake activation	2180 rpm		
Deceleration of payload	17.5 m/s <sup>2</sup>		
Stopping duration	71.9 ms		
Stopping distance	43.4 mm		
Reversal distance			

Inertia ratio		
$J_{load}$	Load moment of inertia	900 kg cm <sup>2</sup>
$J_{mot}$	Motor moment of inertia	184 kg cm <sup>2</sup>
$J_{mot2}$	Motor moment of inertia without $J_{add,motor}$ , $J_{gear}$ , and $J_{adapter}$	0.430 kg cm <sup>2</sup>
$\lambda$	Ratio ( $J_{load} / J_{mot}$ )	4.90

Speed	
Frequency at min. speed	0.00 Hz
Frequency at max. speed	109 Hz
Field weakening factor	0.418

## Liite 4. Rullakuljettimen riskianalyysi

			<b>Riskianalyysi</b> <b>Rullakuljetin</b>		Numero/ tunnus		
					<b>1053158</b>		
Laatija	Tark	Hyv.	Päiväys		Muutos	Tyyppi	Sivu
TKE			16.9.2021			--	1 (8)

### 1. Perusteet

Tämä riskien arviointi perustuu seuraaviin standardeihin:

SFS-EN ISO 12100: Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin -arviointi ja riskin pienentäminen.

ISO/TR 14121-2 Koneturvallisuus. Riskin arviointi. Osa2: Käytännön opastusta ja esimerkkejä menetelmistä.

Käytetty menetelmä: Numeerinen pisteytys

### 2. Koneen raja-arvot

#### 2.1. Yleistä

Rullakuljetin on tarkoitettu kuljettamaan erinäisiä sahattavia materiaaleja ja kappaleita konepajan vannesahalle ja sen läpi.

Rullakuljetin on suunniteltu teollisuuskäyttöön ja sen käyttäjänä voi toimia kuka tahansa opastuksen saanut henkilö.

Seuraavia töitä saa suorittaa vain pätevä ammattihenkilöstö:

- kuljetus
- kokoonpano / asennus
- liitäntä
- käyttöönotto
- huolto
- kunnossapito

#### 2.2. Käyttöraajat

Rullakuljettimen normaali käyttö tarkoittaa erinäisten sahattavien materiaalien kuljettamista rullakuljettimen pituudella tai/ ja kappaleiden siirtämistä rullakuljettimen avulla edelliseltä kuljettimelta seuraavalle.

Käyttäjälle asetettaviin perusedellytyksiin kuuluu laitteen toimintaperiaatteen tuntemus sekä vaarojen tunnistaminen.

Laitetta tulee käyttää vain silloin, kuin se on todettu toimintakuntoiseksi. Ennen koneen käyttöä tulee varmistaa, ettei se ole vikatilassa ja kaikki sen komponentit ovat toimintakuntoisia.

Rullakuljettimen käyttövoimana toimii sähkö 230/400V AC.

Käyttövoiman ja kytkentöjen osalta riskinä voi olla sähköiskun vaara tai vahinkokäynnistyminen, josta voi seurata loukkaantuminen.

Käytön aikainen kuvaus: Pyöriviä/ liikkuvia osia ovat kuljetinrullat, voiman välityksessä käytetyt rullaketjut, käyttölaitteen akseli ja sen hammaspyörä.

Jännitteellisiä osia ovat käyttölaite.

Rullakuljettimen käyttö henkilökuljetuksiin on kielletty.

**vesmes****Riskianalyysi  
Rullakuljetin**

Numero/ tunnus

**1053158**

Laatija	Tark	Hyv.	Päiväys	Muutos	Tyyppi	Sivu
TKE			16.9.2021		--	2 (8)

**Tilarajat**

Kuljettimen pituus 5960 mm  
 Kuljettimen leveys 710 mm  
 Kuljettimen korkeus rullapintaan 896 mm +-40  
 Kuljettimen omapaino 1225 kg.  
 Kuljettimen maksimikuormitus 500 kg/ m.  
 Kuljettimen maksiminopeus 9 m/min

**2.3. Aikarajat**

Rullakuljetin on suunniteltu toimimaan 24 tuntia päivässä 7 päivänä viikossa. Kuljetinta tullaan kuitenkin käyttämään maksimissaan 8 tuntia päivässä 5 päivänä viikossa.

Rullakuljettimen kuluvia osia ovat rullaketjut, kuljetinrullat ja hammaspyörä. Nämä vaativat huoltotoimenpiteitä ja jossain vaiheessa niiden korvaamista uusilla.

**2.4. Muut raja-arvot**

Muita raja-arvoja on lähinnä laitteiston puhtaus.

**3. Riskien arviointi****3.1. Perusteet**

Riskin suuruus arvioidaan käyttämällä numeerista pisteytystä. Eri tapauksiin liittyvät vaarat, vaaratilanteet ja mahdolliset vahingot on kuvattu standardin SFS-EN ISO 12100 kohdan 5.4 mukaisesti tuotteen elinkaaren eri vaiheissa:

- kuljetus, kokoonpano ja asennus
- käyttöönotto
- käyttö ja kunnossapito
- purku, käytöstä poisto ja hävittäminen.

Vaaratilanteissa syntyvien seurausten vakavuudelle on määritelty numeroarvot. Vakavuutta kuvaavalla muuttujalla on seuraavat pistemäärät (SS, severity score):

- tuhoisa SS = 100
- vaikea 99 => SS => 90
- kohtalainen 89 => SS => 30
- vähäinen 29 => SS => 0

# Vesmes

## Riskianalyysi Rullakuljetin

Numero/ tunnus

**1053158**

Laatija	Tark	Hyv.	Päiväys	16.9.2021	Muutos	Tyyppi	Sivu
TKE						--	3 (8)

Seurausten vakavuuksien arviointi lyhyiden kuvausten avulla		
	Kuvaus	Luku-arvo
Vähäisiä seuraamuksia	Ei seuraamuksia	1
	Naarmuja, mustelmia, palovammoja, vierasesineet silmässä. paikalliset hoitotoimenpiteet (esim. laastari), työtä voi jatkaa.	10
Kipua ja työstä poissaolo aiheuttavia vammoja	Suurehkoja haavoja (käynti ensiavussa, lyhyt sairausloma). Pienehkö sijoiltaanmeno (tukiside). Vierasesineet silmässä. Huimausta pahaa oloa.	20
	Lyhyehköä sairaalahoitoa vaativat vammat. (parantuu ennalleen)	30
	Pala pois sormesta (ei luiden vahingoittumista)	40
	Käden tai jalan murtuminen (pitkä sairausloma, parantuu lähes ennalleen) Vaikea sijoiltaanmeno	50
Vakavia vammoja. Työssä jatkaminen voi hankaloitua.	Raajan toimintakyvyn heikkeneminen (nivelten liikealue pienentynyt. Silmän menettäminen. 2. asteen palovamma.	60
	Pahoja ruhjevammoja (luunmurtumia, sairaalahoitoa. Huomattava kuulon heikkeneminen. 3. asteen palovamma. Sormen menettäminen	70
Vakavia pysyviä vammoja. Työssä jatkaminen mahdotonta tai hyvin vaikeaa.	Raajan tai sen toimintakyvyn menettäminen. Kahden tai useamman sormen menettäminen tai niiden toimintakyvyn menettäminen. Sähköisku.	80
	Nelirajahalvaus. Alaraajojen halvaantuminen. Sokeutuminen. Pitkäaikainen tajuttomuus (kooma). Pysyvä aivovamma.	90
Kuolema	Kuolema	100

<b>vesmes</b>			<b>Riskianalyysi</b>			Numero/ tunnus		
						<b>1053158</b>		
Laatija			Tark			Hyv.		
TKE			Päiväys			Muutos		
			16.9.2021			Tyyppi		
						Sivu		
						4 (8)		

Tapahtumien todennäköisyyksiä kuvaavalla muuttujalla on seuraavat todennäköisyyden pistemäärät (PS, probability scores):

- erittäin todennäköinen PS = 100 tapahtuu todennäköisesti tai varmasti.
- todennäköinen 99 => PS => 70 voi tapahtua (mutta ei todennäköistä)
- epätodennäköinen 69 => PS => 30 todennäköisesti ei tapahdu
- erittäin epätodennäköinen 29 => PS => 0 todennäköisesti ei tapahdu

Tapahtumien todennäköisyydet lyhyiden kuvausten avulla	
Kuvaus	Lukuarvo
Erittäin epätodennäköinen, ei pitäisi käytännössä tapahtua.	10
Hyvin epätodennäköinen, kuitenkin ajateltavissa oleva.	20
Hyvin epätavallinen.	30
Epätavallinen. Tapahtuu satunnaisesti, mutta tapahtumista ei normaalisti odoteta.	40
Tapahtuminen ja tapahtumatta jääminen on yhtä todennäköistä	50
Todennäköinen.	70
Usein tapahtua ja odotettavissa oleva	80
Tapahtuu varmasti.	90
Tapahtuminen on varma koneen elinkaaren aikana.	100

Riskin suuruuden laskenta perustuu yhtälön:

Riskin suuruus (RS) = seurausten vakavuus (SS) + todennäköisyys (PS)

Riskit luokitellaan neljään luokkaan:

Riskin suuruuden lukuarvo (RS)	Riskin luokitus	Tarvittavat toimenpiteet
0 - 89	Merkityksetön	Ei tarvita toimenpiteitä
90 - 119	Pieni	Seuranta ja valvonta sekä myöhemmin uudelleen arviointi.
120 - 159	Keskimääräinen	Ryhdyttävä toimenpiteisiin riskin vähentämiseksi
=> 160	Suuri	Työtä ei saa aloittaa ja käynnissä oleva työ tulee keskeyttää, kunnes riski on vähennetty ainakin keskimääräiseksi



<b>vesmes</b>			<b>Riskianalyysi</b> <b>Rullakuljetin</b>			Numero/ tunnus		
						<b>1053158</b>		
Laatija	Tark	Hyv.	Päiväys			Muutos	Tyyppi	Sivu
TKE			16.9.2021				--	5 (8)

#### 4. Vaarojen tunnistaminen ja riskien suuruksien laskenta

##### 4.1. Kuljetus, kokoonpano ja asennus

1	Kuljetus, kokoonpano ja asennus				
	Vaaratekijä Tapahtuma	Seuraus	Vakavuus SS	Todennäköisyys PS	Riskin suuruus
1.1	Nostaminen. Laite tipahtaa	Pahoja ruhjevammoja	70	20	90
1.2	Kuormaaminen. Laite tipahtaa	Pahoja ruhjevammoja	70	20	90
1.3	Kuormaaminen. Puristuminen laitteen ja kiinteiden rakenteiden väliin	Naarmuja, mustelmia	10	40	50
1.4	Siirtäminen. Puristuminen laitteen ja kiinteiden rakenteiden väliin	Naarmuja, mustelmia	10	50	60
1.5	Siirtäminen. Lattialla olevat vierasesineet. Kaatuminen	Naarmuja, mustelmia	10	50	60
1.6	Kuorman purkaminen. Laite tipahtaa	Pahoja ruhjevammoja	70	20	90
1.7	Kuorman purkaminen. Puristuminen laitteen ja kiinteiden rakenteiden väliin	Naarmuja, mustelmia	10	40	50
1.30	Asennus. Lattialla olevat vierasesineet. Kaatuminen	Naarmuja, mustelmia	10	50	60
1.31	Asennus. Puristuminen laitteen ja kiinteiden rakenteiden väliin	Pahoja ruhjevammoja	70	20	90
1.32	Asennus. Nostot/ siirrot trukkaa käyttäen	Pahoja ruhjevammoja	70	20	90
1.33	Asennuksessa käytettävien työkalujen käyttö	Naarmuja, mustelmia, Vierasesineet silmässä.	40	20	60

**vesmes****Riskianalyysi  
Rullakuljetin**

Numero/ tunnus

**1053158**

Laatija	Tark	Hyv.	Päiväys	Muutos	Tyyppi	Sivu
TKE			16.9.2021		--	6 (8)

2	Käyttöönotto				
	Vaaratekijä Tapahtuma	Seuraus	Vakavuus SS	Todennä- köisyys PS	Riskin suuruus
2.1	Sähköistys Sähköturvallisuuden laiminlyönti	Sähköisku	90	10	100
2.2	Automaatio virhetoiminnot.	Naarmuja, mustelmia	10	50	60
2.3	Koskettaminen pyöriviin osiin.	Naarmuja, mustelmia	10	50	60
2.4	Koskettaminen liikkuviin osiin. (rullaketjut / pyörät)	Lyhyehköä sairaalahoitoa vaativat vammat	30	10	40

3	Käyttö ja kunnossapito				
	Vaaratekijä Tapahtuma	Seuraus	Vakavuus SS	Todennä- köisyys PS	Riskin suuruus
3.1	Automaatio virhetoiminnot.	Naarmuja, mustelmia	10	50	60
3.2	Koskettaminen pyöriviin osiin.	Naarmuja, mustelmia	10	50	60
3.3	Puristumis-, törmäysvaara tuotteen siirtyessä kuljettimella	Lyhyehköä sairaalahoitoa vaativat vammat	30	30	60
3.4	Koskettaminen liikkuviin osiin. (rullaketjut / pyörät)	Lyhyehköä sairaalahoitoa vaativat vammat	30	10	40
3.5	Kunnossapito Sähköturvallisuuden laiminlyönti	Sähköisku	90	10	100

**vesmes****Riskianalyysi  
Rullakuljetin**

Numero/ tunnus

**1053158**

Laatija	Tark	Hyv.	Päiväys	Muutos	Tyyppi	Sivu
TKE			16.9.2021		--	7 (8)

4 Purku, käytöstä poisto ja hävittäminen.					
	Vaaratekijä Tapahtuma	Seuraus	Vakavuus SS	Todennä- köisyys PS	Riskin suuruus
4.1	Sähköturvallisuuden laiminlyönti	Sähköisku	90	10	100
4.2	Siirtäminen. Puristuminen laitteen ja kiinteiden rakenteiden väliin	Naarmuja, mustelmia	10	50	60
4.3	Siirtäminen. Lattialla olevat vierasesineet. Kaatuminen	Naarmuja, mustelmia	10	50	60
4.4	Nostot/ siirrot trukkia käyttäen	Pahoja ruhjevammoja	70	20	90
4.5	Purussa käytettävien työkalujen käyttö	Naarmuja, mustelmia, Vierasesineet silmässä.	40	20	60

**Vesmes****Riskianalyysi  
Rullakuljetin**

Numero/ tunnus

**1053158**

Laatija	Tark	Hyv.	Päiväys	16.9.2021	Muutos	Tyyppi	Sivu
TKE						--	8 (8)

Riskien yhteenveto			
Riski no.	Riskin luokitus	Tarvittavat toimenpiteet	Huom.
1.1	Pieni	Seuranta ja valvonta	Yleiset nosto-ohjeet.
1.2	Pieni	Seuranta ja valvonta	Yleiset nosto-ohjeet.
1.3	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	
1.4	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	
1.5	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	
1.6	Pieni	Seuranta ja valvonta	Yleiset nosto-ohjeet
1.7	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	
1.30	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	
1.31	Pieni	Seuranta ja valvonta	Turvallisuusohjeet
1.32	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	Trukin käyttöluva
1.33	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	Turvallisuusohjeet
2.1	Pieni	Seuranta ja valvonta	Ammattipätevyys
2.2	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	Turvallisuusohjeet
2.3	Pieni	Seuranta ja valvonta	Pyörivät osat suojattu.
2.4	Pieni	Seuranta ja valvonta	Liikkuvat osat suojattu.
3.1	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	
3.2	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	Pyörivät osat suojattu.
3.3	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	
3.4	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	Liikkuvat osat suojattu.
3.5	Pieni	Seuranta ja valvonta	Ammattipätevyys
4.1	Pieni	Seuranta ja valvonta	Ammattipätevyys
4.2	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	
4.3	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	
4.4	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	Trukin käyttöluva
4.5	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	Turvallisuusohjeet

## Liite 5. Mittavasteen riskianalyysi

			<b>Riskianalyysi</b> <b>Mittavaste</b>			Numero/ tunnus		
						<b>1053520</b>		
Laatija	Tark	Hyv.	Päiväys			Muutos	Tyyppi	Sivu
TKE			16.9.2021				--	1 (8)

### 1. Perusteet

Tämä riskien arviointi perustuu seuraaviin standardeihin:

SFS-EN ISO 12100: Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin -arviointi ja riskin pienentäminen.

ISO/TR 14121-2 Koneturvallisuus. Riskin arviointi. Osa2: Käytännön opastusta ja esimerkkejä menetelmistä.

Käytetty menetelmä: Numeerinen pisteytys

### 2. Koneen raja-arvot

#### 2.1. Yleistä

Mittavaste on tarkoitettu vannesahan yhteydessä käytettäväksi mittalaitteeksi erinäisille sahattaville kappaleille sekä profiileille. Vasteen on tarkoitus toimia stopparina kappaleelle tai profiilille, jolloin sahauksista saadaan tarkkamittaisia. Mittavaste on suunniteltu teollisuuskäyttöön ja sen käyttäjänä voi toimia kuka tahansa opastuksen saanut henkilö. Seuraavia töitä saa suorittaa vain pätevä ammattihenkilöstö:

- kuljetus
- kokoonpano / asennus
- liitäntä
- käyttöönotto
- huolto
- kunnossapito

#### 2.2. Käyttörajat

Mittavasteen normaali käyttö tarkoittaa liikkuvan mittausvasteen ajamista annettuun määrämittaan ja tämän jälkeen erinäisten kappaleiden/profiilien ajamista päin mittausvastetta.

Käyttäjälle asetettaviin perusedellytyksiin kuuluu laitteen toimintaperiaatteen tuntemus sekä vaarojen tunnistaminen.

Laitetta tulee käyttää vain silloin, kuin se on todettu toimintakuntoiseksi. Ennen koneen käyttöä tulee varmistaa, ettei se ole vika tilassa ja kaikki sen komponentit ovat toimintakuntoisia.

Mittavasteen käyttövoimana toimii sähkö 230/400V AC. Anturinnoin sekä logiikan osalta 12-24V DC.

Käyttövoiman ja kytkentöjen osalta riskinä voi olla sähköiskun vaara tai vahinkokäynnistyminen, josta voi seurata loukkaantuminen.

Käytön aikainen kuvaus: Pyöriviä/ liikkuvia osia ovat liikkuva mittausvaste, voiman välityksessä käytetyt hammashihna, käyttölaitteen akseli ja sen hammashihnapyörät. Jännitteellisiä osia ovat käyttölaite sekä anturit.

Mittavasteen käyttö henkilökuljetuksiin on kielletty.

<b>vesmes</b>			<b>Riskianalyysi</b>			Numero/ tunnus		
						<b>1053520</b>		
			<b>Mittavaste</b>			Muutos	Tyyppi	Sivu
						Päiväys	16.9.2021	
Laatija	Tark	Hyv.						
TKE								

#### Tilarajat

Mittavasteen pituus 7070 mm  
Mittavasteen kokonaisleveys 460 mm  
Mittavasteen korkeus korkeimpaan kohtaan 1445 mm +/-100 mm  
Mittavasteen omapaino 520 kg.  
Mittavasteen maksiminopeus 800–1500 mm/s

#### 2.3. Aikarajat

Mittavaste on suunniteltu toimimaan 24 tuntia päivässä 7 päivänä viikossa. Vastetta kuitenkin käytetään maksimissaan 8 tuntia päivässä 5 päivänä viikossa.

Mittavasteen kuluvia osia ovat lineaarikelkka, lineaarijohde, hammashihnapyörät, laakerointi sekä hammashihna. Nämä vaativat huoltotoimenpiteitä ja jossain vaiheessa niiden korvaamista uusilla.

#### 2.4. Muut raja-arvot

Muita raja-arvoja on lähinnä laitteiston puhtaus. Laitteistossa voi esiintyä vikatiloja- ja häiriöitä, jos esim. antureihin kertyy likaa.

### 3. Riskien arviointi

#### 3.1. Perusteet

Riskin suuruus arvioidaan käyttämällä numeerista pisteytystä. Eri tapauksiin liittyvät vaarat, vaaratilanteet ja mahdolliset vahingot on kuvattu standardin SFS-EN ISO 12100 kohdan 5.4 mukaisesti tuotteen elinkaaren eri vaiheissa:

- kuljetus, kokoonpano ja asennus
- käyttöönotto
- käyttö ja kunnossapito
- purku, käytöstä poisto ja hävittäminen.

Vaaratilanteissa syntyvien seurausten vakavuudelle on määritelty numeroarvot.

Vakavuutta kuvaavalla muuttujalla on seuraavat pistemäärät (SS, severity score):

- tuhoisa SS = 100
- vaikea 99 => SS => 90
- kohtalainen 89 => SS => 30
- vähäinen 29 => SS => 0

# Vesmes

**Riskianalyysi**  
**Mittavaste**

Numero/ tunnus

**1053520**

Laatija	Tark	Hyv.	Päiväys	16.9.2021	Muutos	Tyyppi	Sivu
TKE						--	3 (8)

Seurausten vakavuuksien arviointi lyhyiden kuvausten avulla		
Kuvaus		Luku-arvo
Vähäisiä seuraamuksia	Ei seuraamuksia	1
	Naarmuja, mustelmia, palovammoja, vierasesineet silmässä. paikalliset hoitotoimenpiteet (esim. laastari), työtä voi jatkaa.	10
Kipua ja työstä poissaolo aiheuttavia vammoja	Suurehkoja haavoja (käynti ensiavussa, lyhyt sairausloma). Pienehkö sijoiltaanmeno (tukiside). Vierasesineet silmässä. Huimausta pahaa oloa.	20
	Lyhyehköä sairaalahoitoa vaativat vammat. (parantuu ennalleen)	30
	Pala pois sormesta (ei luiden vahingoittumista)	40
	Käden tai jalan murtuminen (pitkä sairausloma, parantuu lähes ennalleen) Vaikea sijoiltaanmeno	50
Vakavia vammoja. Työssä jatkaminen voi hankaloitua.	Raajan toimintakyvyn heikkeneminen (nivelten liikealue pienentynyt. Silmän menettäminen. 2. asteen palovamma.	60
	Pahoja ruhjevammoja (luunmurtumia, sairaalahoitoa. Huomattava kuulon heikkeneminen. 3. asteen palovamma. Sormen menettäminen	70
Vakavia pysyviä vammoja. Työssä jatkaminen mahdotonta tai hyvin vaikeaa.	Raajan tai sen toimintakyvyn menettäminen. Kahden tai useamman sormen menettäminen tai niiden toimintakyvyn menettäminen. Sähköisku.	80
	Neliraajahalvaus. Alaraajojen halvaantuminen. Sokeutuminen. Pitkäaikainen tajuttomuus (kooma). Pysyvä aivovamma.	90
Kuolema	Kuolema	100

<b>vesmes</b>			<b>Riskianalyysi</b>		Numero/ tunnus		
					<b>1053520</b>		
			<b>Mittavaste</b>		Muutos	Tyyppi	Sivu
					Päiväys	16.9.2021	
Laatija	Tark	Hyv.					
TKE							

Tapahtumien todennäköisyyksiä kuvaavalla muuttujalla on seuraavat todennäköisyyden pistemäärät (PS, probability scores):

- erittäin todennäköinen PS = 100 tapahtuu todennäköisesti tai varmasti.
- todennäköinen 99 => PS => 70 voi tapahtua (mutta ei todennäköistä)
- epätodennäköinen 69 => PS => 30 todennäköisesti ei tapahdu
- erittäin epätodennäköinen 29 => PS => 0 todennäköisesti ei tapahdu

Tapahtumien todennäköisyydet lyhyiden kuvausten avulla	
Kuvaus	Lukuarvo
Erittäin epätodennäköinen, ei pitäisi käytännössä tapahtua.	10
Hyvin epätodennäköinen, kuitenkin ajateltavissa oleva.	20
Hyvin epätavallinen.	30
Epätavallinen. Tapahtuu satunnaisesti, mutta tapahtumista ei normaalisti odoteta.	40
Tapahtuminen ja tapahtumatta jääminen on yhtä todennäköistä	50
Todennäköinen.	70
Usein tapahtua ja odotettavissa oleva	80
Tapahtuu varmasti.	90
Tapahtuminen on varma koneen elinkaaren aikana.	100

Riskin suuruuden laskenta perustuu yhtälön:

Riskin suuruus (RS) = seurausten vakavuus (SS) + todennäköisyys (PS)

Riskit luokitellaan neljään luokkaan:

Riskin suuruuden lukuarvo (RS)	Riskin luokitus	Tarvittavat toimenpiteet
0 - 89	Merkityksetön	Ei tarvita toimenpiteitä
90 - 119	Pieni	Seuranta ja valvonta sekä myöhemmin uudelleen arviointi.
120 - 159	Keskimääräinen	Ryhdyttävä toimenpiteisiin riskin vähentämiseksi
=> 160	Suuri	Työtä ei saa aloittaa ja käynnissä oleva työ tulee keskeyttää, kunnes riski on vähennetty ainakin keskimääräiseksi



**vesmes****Riskianalyysi  
Mittavaste**

Numero/ tunnus

**1053520**

Laatija	Tark	Hyv.	Päiväys	16.9.2021	Muutos	Tyyppi	Sivu
TKE						--	5 (8)

**4. Vaarojen tunnistaminen ja riskien suuruksien laskenta****4.1. Kuljetus, kokoonpano ja asennus**

1	Kuljetus, kokoonpano ja asennus		Vakavuus SS	Todennä- köisyys PS	Riskin suuruus
	Vaaratekijä Tapahtuma	Seuraus			
1.1	Nostaminen. Laite tipahtaa	Pahoja ruhjevammoja	70	20	90
1.2	Kuormaaminen. Laite tipahtaa	Pahoja ruhjevammoja	70	20	90
1.3	Kuormaaminen. Puristuminen laitteen ja kiinteiden rakenteiden väliin	Naarmuja, mustelmia	10	40	50
1.4	Siirtäminen. Puristuminen laitteen ja kiinteiden rakenteiden väliin	Naarmuja, mustelmia	10	50	60
1.5	Siirtäminen. Lattialla olevat vierasesineet. Kaatuminen	Naarmuja, mustelmia	10	50	60
1.6	Kuorman purkaminen. Laite tipahtaa	Pahoja ruhjevammoja	70	20	90
1.7	Kuorman purkaminen. Puristuminen laitteen ja kiinteiden rakenteiden väliin	Naarmuja, mustelmia	10	40	50
1.30	Asennus. Lattialla olevat vierasesineet. Kaatuminen	Naarmuja, mustelmia	10	50	60
1.31	Asennus. Puristuminen laitteen ja kiinteiden rakenteiden väliin	Pahoja ruhjevammoja	70	20	90
1.32	Asennus. Nostot/ siirrot trukkaa käyttäen	Pahoja ruhjevammoja	70	20	90
1.33	Asennuksessa käytettävien työkalujen käyttö	Naarmuja, mustelmia, Vierasesineet silmässä.	40	20	60

# vesmes

## Riskianalyysi Mittavaste

Numero/ tunnus

**1053520**

Laatija	Tark	Hyv.	Päiväys	Muutos	Tyyppi	Sivu
TKE			16.9.2021		--	6 (8)

2 Käyttöönotto					
	Vaaratekiä Tapahtuma	Seuraus	Vakavuus SS	Todennäköisyys PS	Riskin suuruus
2.1	Sähköistys Sähköturvallisuuden laiminlyönti	Sähköisku	90	10	100
2.2	Automaatio virhetoiminnot.	Naarmuja, mustelmia	10	50	60
2.3	Koskettaminen pyöriviin osiin (hammashihna / pyörät).	Naarmuja, mustelmia	10	10	20
2.4	Koskettaminen liikkuviin osiin. (vaste)	Lyhyehköä sairaalahoitoa vaativat vammat	30	10	40

3 Käyttö ja kunnossapito					
	Vaaratekiä Tapahtuma	Seuraus	Vakavuus SS	Todennäköisyys PS	Riskin suuruus
3.1	Automaatio virhetoiminnot.	Naarmuja, mustelmia	10	50	60
3.2	Koskettaminen pyöriviin osiin.	Naarmuja, mustelmia	10	30	40
3.3	Puristumis-, törmäysvaara vasteen siirtyessä	Lyhyehköä sairaalahoitoa vaativat vammat	30	30	60
3.5	Kunnossapito Sähköturvallisuuden laiminlyönti	Sähköisku	90	10	100

# vesmes

**Riskianalyysi**  
**Mittavaste**

Numero/ tunnus

**1053520**

Laatija	Tark	Hyv.	Päiväys	Muutos	Tyyppi	Sivu
TKE			16.9.2021		--	7 (8)

4	Purku, käytöstä poisto ja hävittäminen.				
	Vaaratekijä Tapahtuma	Seuraus	Vakavuus SS	Todennä- köisyys PS	Riskin suuruus
4.1	Sähköturvallisuuden laiminlyönti	Sähköisku	90	10	100
4.2	Siirtäminen. Puristuminen laitteen ja kiinteiden rakenteiden väliin	Naarmuja, mustelmia	10	50	60
4.3	Siirtäminen. Lattialla olevat vierasesineet. Kaatuminen	Naarmuja, mustelmia	10	50	60
4.4	Nostot/ siirrot trukkia käyttäen	Pahoja ruhjevammoja	70	20	90
4.5	Purussa käytettävien työkalujen käyttö	Naarmuja, mustelmia, Vierasesineet silmässä.	40	20	60

**vesmes****Riskianalyysi  
Mittavaste**

Numero/ tunnus

**1053520**

Laatija	Tark	Hyv.	Päiväys	Muutos	Tyyppi	Sivu
TKE			16.9.2021		--	8 (8)

Riskien yhteenveto			
Riski no.	Riskin luokitus	Tarvittavat toimenpiteet	Huom.
1.1	Pieni	Seuranta ja valvonta	Yleiset nosto-ohjeet.
1.2	Pieni	Seuranta ja valvonta	Yleiset nosto-ohjeet.
1.3	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	
1.4	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	
1.5	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	
1.6	Pieni	Seuranta ja valvonta	Yleiset nosto-ohjeet
1.7	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	
1.30	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	
1.31	Pieni	Seuranta ja valvonta	Turvallisuusohjeet
1.32	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	Trukin käyttöluva
1.33	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	Turvallisuusohjeet
2.1	Pieni	Seuranta ja valvonta	Ammattipätevyys
2.2	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	Turvallisuusohjeet
2.3	Pieni	Seuranta ja valvonta	Pyörivät osat suojattu.
2.4	Pieni	Seuranta ja valvonta	Liikkuvat osat suojattu.
3.1	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	
3.2	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	Pyörivät osat suojattu.
3.3	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	
3.5	Pieni	Seuranta ja valvonta	Ammattipätevyys
4.1	Pieni	Seuranta ja valvonta	Ammattipätevyys
4.2	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	
4.3	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	
4.4	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	Trukin käyttöluva
4.5	Merkityksetön	Ei tarvittavia toimenpiteitä	Turvallisuusohjeet