

# Ruuvikuljettimen vaihtosuunnitelma

LAB-ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)  
2024  
Aleksi Häkkänen

## Tiivistelmä

Tekijä(t)	Julkaisun laji	Valmistumisaika
Aleksi Häkkänen	Opinnäytetyö, AMK	2024
	Sivumäärä	
	41	
Työn nimi		
<b>Ruuvikuljettimen vaihtosuunnitelma</b>		
Tutkinto ja koulutusala		
Insinööri (AMK), konetekniikan koulutus		
Toimeksiantajaorganisaatio (jos opinnäytetyöllä on toimeksiantaja)		
Stora Enso Oyj		
Tiivistelmä		
<p>Tässä opinnäytetyössä luotiin vaihtosuunnitelma CTMP- laitoksen ruuvikuljettimen ruuvikierukalle. Vaihtosuunnitelmaa on tarkoitus hyödyntää sellaisen häiriön sattuessa, jossa ruuvikierukka joudutaan vaihtamaan. Vaihtosuunnitelman oheistuotteena oli myös suunnitella haalausvaunu ruuvikierukan kuljettamista varten.</p> <p>Vaihtosuunnitelma tehtiin yhteistyössä osaavien asentajien ja insinöörien kanssa CTMP-laitoksella. Suunnitelman tekoon hyödynnettiin David Ullmanin mekaanista suunnitteluprosessia sekä Stora Enson yleisiä kunnossapito- ja työturvallisuuskäytäntöjä.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin luotua vaihto-ohje Stora Ensolle sekä konseptitason suunnitelma haalausvaunulle, jotka ovat nopeasti saatavilla tilanteen vaatiessa.</p> <p>Opinnäytetyöstä opittiin, että kunnossapitotyötä suunnitellessa tulee ottaa todella laajasti useita eri asioita huomioon, ja että itse työtä tehdessä voi alkuperäisestä suunnitelmasta joutua poikkeamaan missä tahansa vaiheessa.</p>		
Asiasanat		
ruuvikuljetin, ruuvikierukka, vaihtosuunnitelma, kunnossapito		

## Abstract

Author(s)	Type of Publication	Published
Aleksi Häkkänen	Thesis, UAS	2024
	Number of Pages	
	41	
Title of Publication		
<b>Screw conveyor replacement plan</b>		
Degree, Field of Study		
Engineer (UAS), Mechanical Engineering		
Organisation of the client (if the thesis work is commissioned by another party)		
Stora Enso Ltd		
Abstract		
<p>The purpose of this thesis was to create a replacement plan for a screw conveyor located in a CTMP-facility. The replacement plan is supposed to be utilized in the event of a screw failure. A by-product of this replacement plan was to create a conceptual design of a haulage wagon used to transport the screw outside of the facility.</p> <p>The replacement plan was made in cooperation with experienced mechanics and engineers. David Ullman's mechanical design process and Stora Enso's work safety and maintenance standards were utilized in the making of the replacement plan.</p> <p>As a result of the thesis a proper replacement plan of the screw and a conceptual design plan of the haulage wagon were created and made easily accessible when necessary.</p> <p>It was learned during the process of the thesis that maintenance work always requires lots of points to be considered and that there's always a chance to have to deviate from the original plan during any phase of the maintenance work.</p>		
Keywords		
screw conveyor, screw, replacement plan, maintenance		

## Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Kunnossapito.....	2
2.1	Kunnossapidon määritelmä .....	2
2.2	Kunnossapitolajit .....	2
2.3	Kunnossapidon tärkeys .....	5
2.4	Kunnossapito Stora Ensolla.....	7
3	Koneensuunnittelu .....	9
3.1	Suunnitteluprosessi .....	9
3.2	Määrittelyvaihe / projektin suunnittelu .....	13
3.3	Konseptisuunnittelu .....	15
3.4	Tuotesuunnittelu.....	15
4	Työturvallisuus.....	16
4.1	Työturvallisuuden määritelmä.....	16
4.2	Nostotyöturvallisuus .....	17
4.3	Työturvallisuus Stora Ensolla .....	18
5	Kuljettimet.....	21
5.1	Yleistä .....	21
5.2	Ruuvikuljettimet.....	21
6	Ruuvikierukan vaihdon suunnittelu .....	25
6.1	Työn tarkoitus.....	25
6.2	Työn lähtökohdat.....	25
6.3	Ideointi ja pisteytys .....	27
6.4	Vaihtosuunnitelman skenaariot.....	29
6.5	Nosto- ja haalausapuvälineet .....	32
6.6	Vaihtosuunnitelman toteutus .....	40
7	Yhteenveto ja pohdinta .....	41
	Lähteet .....	42

## 1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö tehdään toimeksiantona Stora Enson Kartonkitehtaalle Kaukopään CTMP (Chemithermomechanical pulp) -laitokselle, joka sijaitsee Kaakkois-Suomessa Imatralilla. Opinnäytetyön tavoitteena on luoda vaihtosuunnitelma CTMP-laitoksella sijaitsevalle valkaisutornin purkuruuvikuljettimen ruuvikierukalle. Kyseistä ruuvikierukkaa ei ole ikinä vaihdettu CTMP-laitoksen 28 vuoden elinkaaren aikana, joten riski ennalta arvaamattomalle hajoamiselle on kasvanut huomattavasti. Vaihtotyön sivutuotteena tilaajalle suunnitellaan haalausvaunu, jolla ruuvikierukkaa voidaan kuljettaa laitoksen sisällä. Valmiilla vaihtosuunnitelmalla voidaan huoltotyö suorittaa tehokkaasti ja turvallisesti, säästäten aikaa ja samalla minimoiden loukkaantumisriskejä.

Imatran tehtaat on vuonna 1935 perustettu kemiallista massaa ja kuluttajakartonkia tuottava tehdas. Se on yksi maailman suurimpia kuluttajakartonkitehtaita, joka työllistää 1000 työntekijää ja kuuluu Stora Enson Packaging Materials divisioonaan. Tehtaan vuotuinen kuluttajakapakkauksetonkin kapasiteetti on 1 200 000 tonnia ja sellun kapasiteetti 1 300 000 tonnia. Imatran tehtailla on kaksi tuotantoyksikköä: Kaukopää ja Tainionkoski. Kaukopään CTMP-laitoksella tuotetaan kemihierremassaa, jota nestepakkauksetonkia valmistavat kolme kartonkikonetta hyödyntävät. Kemihierremassaa voidaan valmistaa valkaistuna tai valkaisemattomana, ja sitä voidaan myös kuivata suoraan paaleiksi kuivauskoneella. (Stora Enso 2024a.)

Vaihtosuunnitelman pohjalta toteutettava vaihtotyö on kunnossapitotyö, mutta sen suunnitteleminen on hyödynnettävä myös koneensuunnittelun prosessimallia. Prosessimallia hyödynnetään myös haalausvaunun suunnittelussa. Vaihtotyöhön sisältyy paljon turvallisuusriskejä, sillä ruuvikuljetin on iso, painava ja geometrialtaan haastava, sekä sijaitsee ahtaassa paikassa. Siksi vaihtoa varten on suunniteltava valmiiksi apuvälineitä työn suorittamisen helpottamiseksi ja luotava useampi skenaario vaihtosuunnitelmalle siltä varalta, jos ensimmäinen vaihtoehto koituukin liian hankalaksi toteuttaa.

Opinnäytetyön teoriaosiossa käsitellään yleistä teoriaa kunnossapidosta sekä siihen liittyvistä työturvallisuusriskeistä ja -määreistä. Koska projekti vaatii suunnittelutyötä kunnossapitotyön mahdollistamiseksi, on hyvä avata myös koneensuunnitteluprosessin kulkua ja vaiheita, sekä niiden tärkeyttä. Opinnäytetyötä tehdään yhdessä kokeneiden asentajien sekä insinöörien kanssa. Vierailuja kohteessa sekä palavereja aiheesta pidetään keskimäärin kerran viikkoon, jotta pysytään ajan tasalla työn kulusta sekä voidaan yhdessä ideoida työn eri vaiheita.

## 2 Kunnossapito

### 2.1 Kunnossapidon määritelmä

Kunnossapidon standardi SFS-EN 13306 (2017) määrittelee kunnossapidon seuraavasti:

*Kaikki kohteen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon.*

Puolestaan standardi PSK 6201 (2022) määrittelee kunnossapidon näin:

*Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana.*

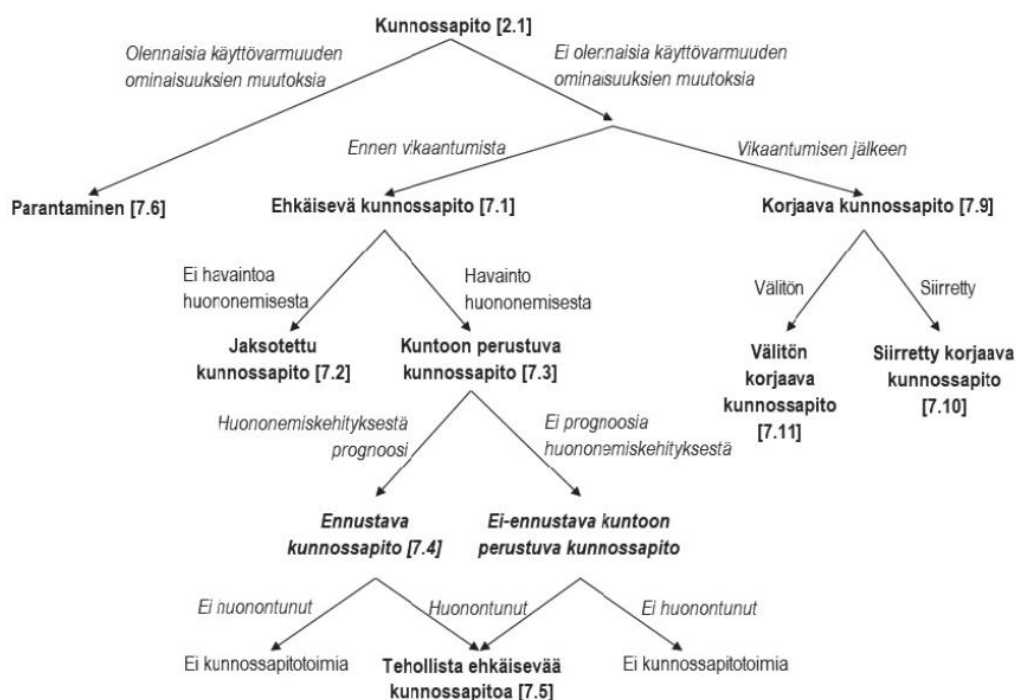
Järviö (2004) lisää standardien kunnossapidon määritelmiin, että toimintakyvyn lisäksi kohteen on toimittava luotettavasti sekä ympäristö- ja turvallisuusriskit on hallittava (Järviö 2004, 11). Ansaharju (2009) mainitsee kunnossapitoon liittyvän myös kohteiden pidon toimintakunnossa, jossa tuotanto on mahdollisimman edullista ja tuotteen hintaan nähden laadukasta (Ansaharju 2009, 298). Tarve kunnossapitotöille voi siis johtua esimerkiksi koneen tai laitteen vikaantumisesta, toimintakyvyn ylläpitämisestä tai riittämättömän tehokkaan ja luotettavan toimintakyvyn parantamisesta.

Kunnossapitotyöt ovat usein hyvin erilaisia ja niitä joudutaan monesti tekemään ahtaissa, meluisissa ja eri lämpöisissä kohteissa. Ne vaativat asentajalta tietyntäsoista tuntemusta itse työn kohteesta, sen ympäristöstä sekä laitoksen tms. kunnossapitojärjestelmistä, jotta työ voidaan suorittaa tehokkaasti ja turvallisesti. Edes hyvä tuntemus ja osaaminen eivät kuitenkaan aina riitä kunnossapitotyön turvalliseen suorittamiseen, sillä yllätyksiä ja ongelmia tulee usein vastaan niin uusissa kuin tutuissakin kohteissa. (Ansaharju 2009, 295.) Siksi on hyödyllistä suunnitella ennakkoon tarkka kunnossapito-ohje, jota seurata ja soveltaa uusissakin tilanteissa. Hyvillä hoito- ja huolto-ohjeilla vältetään mahdollisimman paljon äkillisiä hälytystöitä ja pahimmissakin tapauksissa säästetään suuria määriä aikaa.

### 2.2 Kunnossapitolajit

Kunnossapitoa luokitellaan useilla eri tavoilla. Esimerkiksi standardi SFS-EN 13306 (2017) jakaa kunnossapidon kolmeen eri päälajeihin ja niiden alalajeihin vian havaitsemisen mukaan (kuvio 1). Tämä tarkoittaa, että kaikki toimenpiteet, jotka suoritettiin ennen tiedossa olevaa vikaa, sisältyvät ehkäisevään kunnossapitoon, ja vasta vian ilmentymisen jälkeiset

toimenpiteet sisältyvät korjaavaan kunnossapitoon. Standardi PSK 7501 (2022) puolestaan jakaa kunnossapitolajit kahteen pääläjiin sen mukaan, ovatko ne suunniteltuja vai aiheuttavako ne tuotantohäiriön. (Järviön 2004, 38 mukaan.) Standardissa SFS-EN 13306 (2017) mainitut kolme pääläjää, ehkäisevä kunnossapito, korjaava kunnossapito ja parantava kunnossapito, ovat yleisimmin käytetyt kunnossapitolajit, kun puhutaan itse huolto-, purku- ja vaihtotöistä. Kunnossapitoon voidaan kuitenkin lisätä vielä kaksi pääläjää: huolto sekä vikojen ja vikaantumisen selvittäminen (Järviö 2004, 37). Kunnossapidon viittä pääläjää avataan tarkemmin kuvion 1 jälkeen.



Kuvio 1: Kunnossapitolajit (SFS-EN 13306:2017)

## Huolto

Huolto on pääsääntöisesti jaksotettuja toimintaa, jolla pidetään kohteiden toimintaympäristö ja -edellytykset mahdollisimman hyvänä. Huoltotyöt voi olla määrätty tehtäviksi päivittäin, viikoittain, vuosittain ja niin edelleen (Ansaharju 2009, 299). Esimerkiksi koneiden huolto sisältää muun muassa tarkastamista, säätöä, puhdistamista, rasvausta, öljynvaihtoa, suodattimen vaihtoa ja muita vastaavia toimenpiteitä (PSK 6201 2017).

## Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevä kunnossapito ja huolto ovat käsitteinä lähellä toisiaan. Myös ehkäisevää kunnossapittoa toteutetaan huollon tapaan usein etukäteen jaksotettuna toimintana. (Ansaharju

2009, 307.) Ehkäisevän kunnossapidon päämääränä on vähentää kohteen vikaantumisen todennäköisyyttä tai toimintakyvyn heikkenemistä toimenpiteillä, kuten tarkastaminen, kunnonvalvonta, määräystenmukaisuuden toteaminen, testaaminen, käynninvalvonta ja vikaantumistietojen analysointi. Näiden toimenpiteiden tulosten pohjalta voidaan kunnossapidon tehtäviä suunnitella ja aikatauluttaa. Ehkäisevää kunnossapitoa voidaan suorittaa kohteen käydessä tai huoltoseisokin aikana. (Järviö 2004, 40.)

Standardi SFS-EN 13306 (2017) jakaa ehkäisevän kunnossapidon kahteen alalajiin: jaksotettu ja kuntoon perustuva kunnossapito, joista jälkimmäinen on vielä jaettu yhä useampiin alalajeihin. Jaksotettu kunnossapito tarkoittaa kalenteriaikaan ja käytön määrään pohjautuvia kunnossapidon toimenpiteitä riippumatta kohteen kunnosta. Kuntoon perustuva kunnossapito taas tarkoittaa kohteen suorituskyvystä tai sen parametreista tehtyjen havaintojen pohjalta toimimista. Kun suorituskykyä ja sen parametreja on seurattu tarpeeksi pitkään, voidaan näiden tekijöiden tarkastelulla ja analysoinnilla suorittaa ennakoivaa kunnossapitoa. (Järviö 2004 40–42.)

### **Korjaava kunnossapito**

Korjaavaa kunnossapitoa suoritetaan kohteeseen vian ilmennyttyä, päämääränä palauttaa kohteen toimintakunto normaaliksi. Korjaavan kunnossapidon toimenpiteitä ovat muun muassa vian määrittäminen, tunnistaminen ja paikallistaminen sekä korjaus, väliaikainen korjaus ja toimintakunnon palauttaminen. (Järviö 2004, 39.)

SFS-EN 13306 (2017) jakaa korjaavan kunnossapidon kahteen osaan: välitön sekä siirretty korjaava kunnossapito. Ero näiden välillä on kohteen toimintakyvyn palauttamisen kriittisyydessä. Mikäli esimerkiksi koneessa esiintyvä vika seisauttaa koko tuotantolaitoksen prosessin, on se korjattava välittömästi. Jos koneessa esiintyvä vika ei aiheuta suurempia ongelmia prosessille, voidaan sen korjauksesta siirtää myöhemmälle ajalle esimerkiksi tulevaan huoltoseisokkiin. Etenkin kohteille, joille ei ole olemassa kunnollista korjaus-/vaihtosuunnitelmaa, on hyvä luoda sellainen ennen kunnossapitotyön aloittamista työn sujuvoittamiseksi.

### **Parantava kunnossapito**

Parantavalla kunnossapidolla on tarkoitus muuttaa olemassa olevien kohteiden käytettävyyttä, luotettavuutta, suorituskykyä ja kunnossapidettävyyttä. Tarve parantavalle kunnossapidolle voi syntyä esimerkiksi teknologian kehityksestä, kustannuspaineista tai asiakkaan tarpeiden muuttumisesta. (Ansaharju 2009, 308.) Parantava kunnossapito sekä vikojen analysointi voitaisiin sisällyttää ennakoivaan kunnossapitoon, mutta iso ero on siinä, että



parantava kunnossapito ja vikojen analysointi ovat luonteeltaan kertaluonteisia ”investointitoita”, joilta puuttuu ehkäisevän kunnossapidon kaltainen jatkuvuus (Järviö 2004, 59).

Järviö (2004) jakaa parantavan kunnossapidon kolmeen eri pääryhmään. Ensimmäisessä pääryhmässä kohteen rakennetta muutetaan uudemmilla osilla tai komponenteilla. Tämä usein parantaa kohteen käytettävyyttä ja kestävyyttä, muttei varsinaisesti vaikuta suorituskykyyn. Toisessa pääryhmässä parannetaan kohteen luotettavuutta erilaisilla uudelleensuunnitteluilla ja korjauksilla. Kohde muuttuu täten luotettavammaksi, mutta sen suorituskyky ei muutu. Kolmannessa pääryhmässä kohteita modernisoidaan, eli niiden suorituskykyä parannetaan. Koneita modernisoidessa usein myös niiden valmistusprosessi uudistetaan. (Järviö 2004, 40.)

### **Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen**

Vikojen ja vikaantumisen selvittämisen päämääränä on selvittää vikaantumisen perussyyn sekä vikaantumisprosessi. Tulosten avulla voidaan estää vastaavien vikojen uusiutumista käyttämällä korjaavia toimenpiteitä. Jokaista rikkoontumista ei kuitenkaan ole järkevää analysoida, sillä analyysien tekeminen vaatii erityistä osaamista. Järviön (2004) mukaan *amerikkalaiset esittävät, että esimerkiksi perussyyselvittelyistä kannattaa käyttää vain alle 10 % vikatapauksista*. Tavanomaisimpia menetelmiä analysointiin ovat vika-analyysit, vikaantumisen selvittäminen, mallintaminen, perussyyn selvittäminen, materiaalianalyysit, suunnittelun analyysit sekä vikaantumispotentiaalin kartoitukset. Kyseinen kunnossapitolaji ei ole toistaiseksi mielletty kunnossapitoon kuuluvaksi ja täten ei ole käsitelty kunnossapidon standardeissa. (Järviö 2004, 41.)

### **2.3 Kunnossapidon tärkeys**

Yhteiskunnassa korostetaan entistäkin enemmän mahdollisimman edullisen elinkeinoelämän tavoittelemista. Elinkeinoelämän taloudellisia vaikutuksia enemmän esiin nousevat kuitenkin ympäristötekijät, kuten kestävä kehityksen periaatteet ja työsuojelu. Edullisiin ja ympäristöystävällisiin tavoitteisiin pyrittäessä vaikuttamiskohteita onkin useita. Esimerkiksi laitteiden elinkaaria tarkastellessa nousee tärkeäksi tekijäksi suunnitteluvaatimukset ja suunnittelun merkitys. On kuitenkin otettava huomioon, että vaikka suunnittelulla on iso taloudellinen merkitys teollisuudessa, tapahtuu toiminta nyt ja lähitulevaisuudessa niillä koneilla ja laitteilla, jotka ovat jo käytössä. Tämä nostaa laitteiden kunnossapidon ja käytön hyvin keskeiseksi tavoitteeksi ympäristön suojelua tavoitellessa. Myös työturvallisuus on elintärkeä tavoite kunnossapidossa, sillä suuri osa työtaturmista sattuu viallisia laitteita käyttäessä. (Asp ym.)

Laitteiden ja koneiden elinkaarten aikana voidaan niistä kerätä talteen kunnossapitodataa. Näihin kuuluvat muun muassa merkinnöt koneiden vioista, korjauksista ja huolloista sekä tuotantolaitosta kuvaavat laitehierarkiat, kuten varaosatieidot, huoltosuunnitelmat, piirustukset ja osaluettelot. Laadukas kunnossapitodata on kriittinen osa tuotantolaitoksen toimintaa. Helposti löydettävät ja kattavat laitedokumentit tukevat työnsuunnittelua, jotta työt voidaan suorittaa ajallaan, budjetin sisällä ja turvallisesti. Laitteiden kriittisyysluokittelulla voidaan priorisoida eri kunnossapitotoimia sekä suunnitella resurssien käyttöä. (Vilhu 2022.)

Kunnossapidon vaikutusta tuotantolaitoksen kannattavuuteen tutki myös professori Veli Siekkinen. Siekkisen (1998) luoma kuvio (2) kertoo, kuinka kunnossapidon vaikutus tuotantolaitoksen tuloksiin on välillinen, ts. epäsuora. Vaikutusketjun ollessa myös pitkä, tarvitaan sen ymmärtämiseen ammattitaitoa ja kokemusta. Virheellisillä tulkinnoilla kunnossapitoyritykselle kuuluvat ansiot ja budjetit saattavat joku toinen yrityksen osasto ”omia” itselleen. (Järviö 2004, 17 mukaan.)



Kuvio 2: Kunnossapidon vaikutus yrityksen kannattavuuteen (Siekkinen 98, Järviön 2004, 17 mukaan)

Kunnossapidon vaikutusta ja mahdollista parannuspotentiaalia yritykselle voidaan paremmin havainnoida Kunnossapitoyhdistyksen (2003) taulukosta (1). Taulukossa esiintyvällä goodwill-sanalla tarkoitetaan yrityksen aineetonta arvoa, johon kuuluu yrityksen imagon, osaamisen, kulttuurin sekä asiakassuhteiden arvot (Järviön 2004, 17 mukaan).

Kohde	Vaikutuskohde	Vaikutuksen suuruus	Vaikutuksen arvo M€
Tuotteen laatu	Parempi valinta		suuri
Käytettävyys	Lisämyynti	Käytettävyys + 1%, lisämyynti	780
Toimintavarmuus	Asiakastyytyväisyys, pienemmät varastot	Varastoihin sidottu pääoma -10%	80
Energian käyttö	Säästö	-5 %	170
Raaka-aineiden käyttö	Säästö ostoissa ja jätteiden käsittelyssä	-1 %	340
Laitos- ja työturvallisuus	Pienemmät korvaukset ja vakuutusmaksut		suuri
Laitoksen parantaminen	Kustannussäästö	Hukkatyö -1%, kp- kustannukset -10%	440
Ympäristön suojele	Yrityskuva, pääoman tuotto	suuri (yrityksen arvon (goodwill) kasvaminen)	suuri
Eliniän jatkaminen	Lisämyynti, pääoman tuotto	suuri	suuri
Laitoksen imago, yrityskuva	Arvon nousu (goodwill)	suuri	suuri

Taulukko 1: Kunnossapidon vaikutus liiketoimintaan (muokattu Kunnossapitoyhdistys 2003, Järviön 2004, 18 mukaan)

## 2.4 Kunnossapito Stora Ensolla

Kunnossapito Stora Ensolla on tärkeä osa tehokkaan ja laadukkaan tuotannon aikaansaamista. Kunnossapidon neljä päätavoitetta ja prosessia ovat turvallisuuden lisäksi käyttövarmuuden optimointi, suunniteltu kunnossapito, seisokkien hallinta sekä käyttäjäkunnossapito. Näihin tavoitteisiin pääsemiseksi ja prosessien hallitsemiseksi on keksitty keinoja pitää yllä järjestelmällisyyttä, motivoida ja kehittää henkilöstöä sekä edistää turvallisuutta ja hyvinvointia. (Stora Enso 2024b.)

Stora Ensolla pyritään hallitsemaan laitteiden koko elinkaarta taltioimalla tietoa huolloista, häiriöistä, muutoksista ja kunnonvalvonnasta. Näitä tietoja hyödyntämällä voidaan laitteille luoda ennakoivaa analytiikkaa ja ennakkohuoltosuunnitelmia. Toteuttamalla ennakkohuoltotehtäviä säännöllisesti ylläpidetään laitteiden käyttövarmuutta. Tieto laitteen historian varrelta auttaa myös selvittämään vikojen syitä häiriötilanteissa. (Stora Enso 2024b.)

Ennakoivat huoltotehtävät sekä niiden suunnittelu ovat Stora Ensolla jaettu päivähenkilöstölle, kuten kunnossapitoinsinööreille ja asentajille. Myös tuotannon työntekijät suorittavat päivittäisiä tarkastustehtäviä ja ilmoittavat havainnoistaan. Häiriötilanteita varten on Stora Ensolle perustettu vuorokunnossapito, jossa vuorokunnossapitoinsinööri sekä vuoromes-tari yhdessä tuotannon kunnossapitoluvallisten työntekijöiden kanssa pyrkivät hoitamaan ongelmat mahdollisimman nopeasti päivästä ja kellonajasta riippumatta. Häiriötilanteiden

selvittämiseksi on vuorokunnossapidolle luotu nelivaiheinen toimintaohje, jota seurata. Ensimmäisessä vaiheessa häiriön vakavuus, mahdollinen vaikutus, seisokkiaika ja tarvittavat resurssit arvioidaan, ja luodaan sen pohjalta korjaussuunnitelma. Toisessa vaiheessa korjaus toteutetaan suunnitelman mukaisesti. Kolmannessa vaiheessa tehdään välitarkastus, meneekö korjaus suunnitelman mukaisesti, sekä kirjataan ylös tapahtuman kulkua ja olennaisia tietoja sähköiseen järjestelmään. Neljännessä ja viimeisessä vaiheessa ongelman selvittyä varmistetaan, että kaikki kirjaukset on tehty oikein, sekä pohditaan, miten vastaavalta tapahtumalta voitaisiin välttää tulevaisuudessa. (Stora Enso 2024b.) Häiriötilanteisiin joutuvat alueet eivät välttämättä ole vuorokunnossapidon työntekijöille entuudestaan tuttuja, jolloin ennakkoon luodut vaihto-ohjeet ja -suunnitelmat auttavat korjaussuunnitelman teossa sekä säästävät paljon aikaa. Tässä opinnäytetyössä valmistettava vaihtosuunnitelma on tarkoitettu juuri häiriötilannetta varten käytettäväksi, mutta sitä voidaan tarvittaessa hyödyntää myös suunnitelmallisessa tekemisessä.

Säännöllisin väliajoin Stora Ensolla järjestetään seisokkeja. Seisokeissa laitoksen tai koneen tuotanto pysäytetään määrätyksi ajaksi. Tänä aikana pyritään tekemään mahdollisimman paljon ennakoivia kunnossapitotöitä sekä huoltamaan korjausta vaativia laitteita. Seisokeilla saadaan ylläpidettyä laitosten ja koneiden käyttövarmuutta sekä välttämään mahdollisimman paljon häiriötilanteiden aiheutumista tuotannon aikana. Seisokeissa liikenne tehtaalla voi olla todella ruuhkaista. Tehtaalla omia työntekijöitä sekä mahdollisesti myös ulkopuolista työvoimaa kohdistetaan paljon yhdelle alueelle samaan aikaan. Tätä varten täytyy työt olla suunniteltu järjestelmällisesti ja jaksotetusti sekä muut huomioiden. Kaikista isoin seisokki, integraattiseisokki, on vuosittain toteutettava, koko tehdasintegraatin laajuinen seisokki. Seisokin kesto vaihtelee laitos- ja konekohtaisesti muutamasta päivästä jopa useaan viikkoon. Integraattiseisokissa toteutetaan kaikista suurimmat kunnossapidon muutos- ja huoltotyöt sekä uudistukset. (Stora Enso 2024b.)

### 3 Koneensuunnittelu

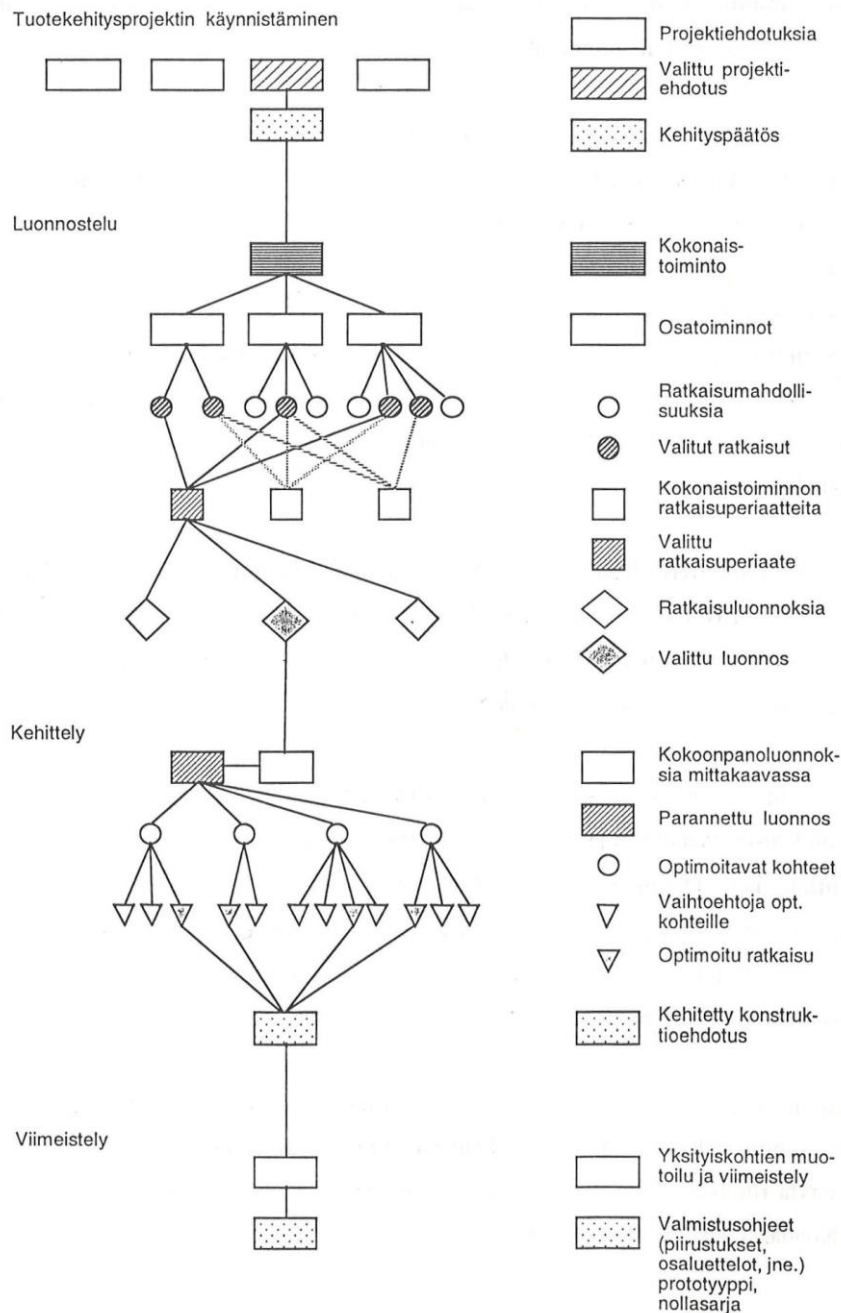
#### 3.1 Suunnitteluprosessi

Alasta riippumatta syy suunnitteluprosessin käynnistämiseen johtuu lähes aina tarpeesta luoda ja/tai automatisoida jotain tai poistaa olemassa oleva ongelma. Maailman kehittyessä jatkuvasti myös tarve tuotteiden kehitykselle korostuu entisestään. Ongelmallista tuotteiden kehittämistä kuitenkin tekee se, että tuotteiden laadun parantuessa hintojen ja kehityskustannusten on päinvastaisesti laskettava (Jokinen 1999).

Noin 85 % tuotteiden ongelmista johtuu huonosta suunnittelusta. Matka tarpeesta valmiiksi tuotteeksi voi kulkea monenlaisten polkujen kautta erilaisiksi ratkaisuksi, jotka lopulta toteuttavat tarpeen. Tuotteen toimivuuden ratkaisee suunnittelijan tietotaito prosessista sekä ongelman toimialasta. Esimerkiksi insinööri, jolla on tietotaitoa polttomooottoreista, suunnittelee erilaisen auton moottorin, kuin kameroihin erikoistunut insinööri. (Ullman 1992, 3–4.)

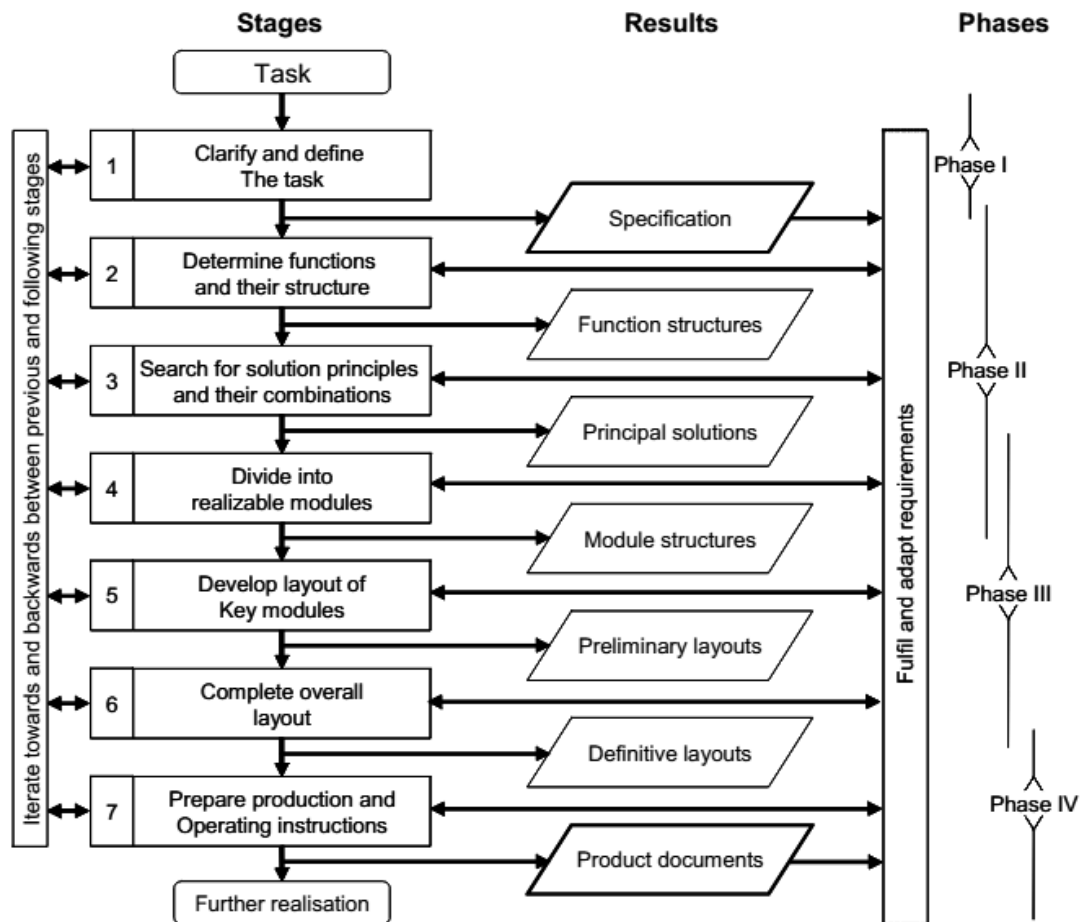
Suunnitteluprosessimalleja on pääpiirteittäin kahdentyyppisiä: lineaarisia ja spiraalisia. Niemiensä mukaisesti lineaarinen suunnitteluprosessi etenee suoraviivaisesti vaiheesta toiseen ja spiraalinen suunnitteluprosessi toistaa jatkuvasti eri vaiheita, kunnes tuote on valmis (Pohjonen 2002, 42). Riippumatta tyypistä, suunnitteluprosessi on kuitenkin aina iteratiivinen prosessi, jossa aikaisempiin vaiheisiin palataan uusien ongelmien ilmentyessä vastaan.

Jokaisella tuotteella on oma elinkaari. Elinkaarta voidaan ajatella kahdessa osassa: suunnittelu- ja käyttöjakso. Nämä jaksot jaetaan vielä useampiin osiin eri suunnitteluprosessien teorioissa. Suunnitteluprosessien vaiheiden nimet ja lukumäärät vaihtelevat riippuen teorioiden kehittäjistä ja heidän lähtökohdistaan. Suunnitteluprosesseja on myös erilaisia riippuen alasta ja suunnittelun kohteesta. Esimerkiksi Jokinen käsittelee suunnitteluprosessia ”tuotekehitysprojektina” ja jakaa sen neljään eri lineaariseen vaiheeseen: käynnistäminen, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely (kuvio 3) (Jokinen 1999, 14–17).



Kuvio 3: Tuotekehitysprojektin toimintavaiheet (Jokinen 1999)

Suunnitteluprosessille on myös kehitetty standardi, VDI 2221, joka esittelee suositellun tavon toteuttaa suunnitteluprosessi. Pahl & Beitzin kirja, koneensuunnitteluoppi, käsittelee tuotteen elinkaaren syntyä usealla eri metodilla. Itse tuotteen konstruoinnissa, eli tuotetta suunniteltaessa tehtävästä tuotedokumentaatioksi, he suosittelevat VDI 2221 mukaista lineaarista prosessia, joka on jaettu neljään eri osaan: tehtävänasettelun selvitys, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. Nämä neljä osaa on sitten jaettu vielä useampiin vaiheisiin ja välituloksiin (kuvio 4). (Pahl & Beitz 1986, 47.)

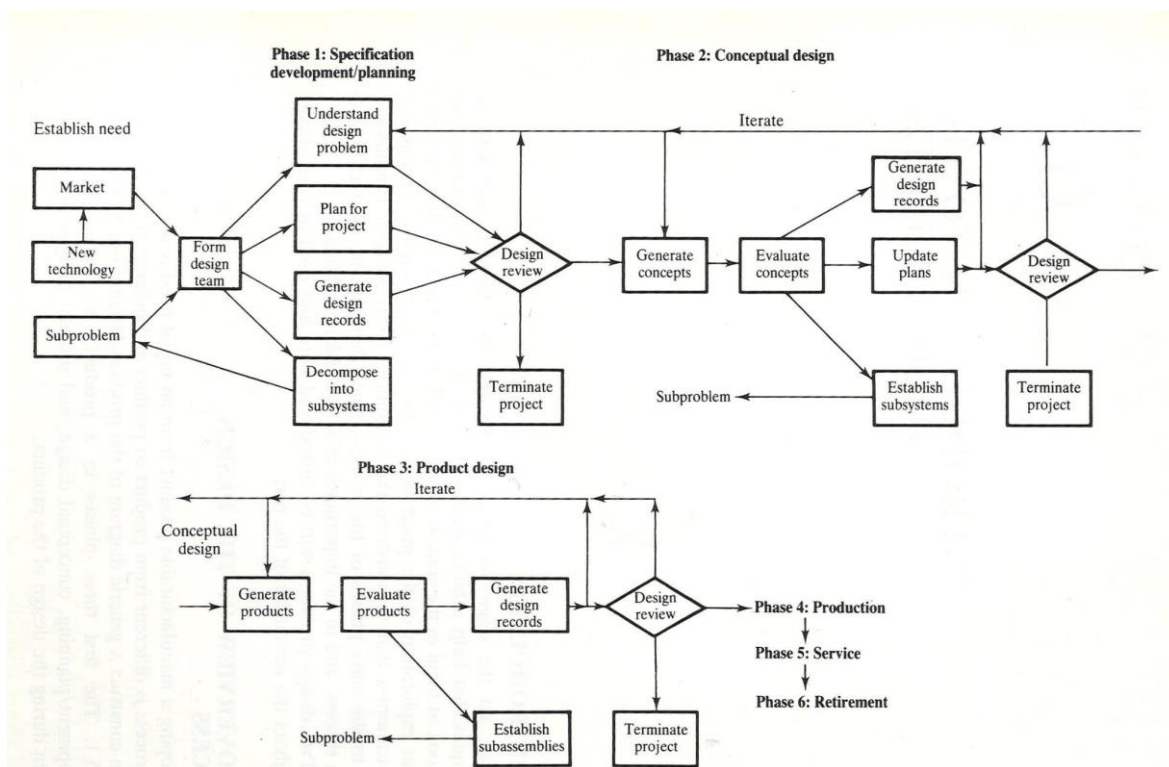


Kuvio 4: Kehitystyön ja konstruoinnin yleinen kulku VDI 2221 mukaan (International Design Conference, 2006)

Hyvän esimerkin spiraalisesta suunnitteluprosessista antaa tohtori Barry W. Boehmin kehittämä spiraalimalli (kuvio 5), jota käytetään paljon esimerkiksi ohjelmien kehittämissuunnitelmissa. Monet organisaatiot eivät ole vastaavanlaisia malleja omaksuneet, koska usein tarve ohjelmiston suunnittelulle ja koodaukselle tai laitteiston mallinnukselle syntyy aiemmin elinkaaren aikana, jotta voidaan varmistaa projektin vaatimusten oikein ymmärrys ja tekninen toteuttamiskelpoisuus. Vastaavanlaiset spiraalimallit eivät ole sovellettavissa useimpiin todellisiin tilanteisiin. (Forsberg ym. 2003, 23.) Spiraalimallin toiminta perustuu iteratiivisuuteen, jossa neljää eri vaihetta toistetaan jatkuvasti tarkentaen, kunnes järjestelmä on valmis. Malli analysoi jatkuvasti prosessiin liittyviä riskejä ja uudelleen ohjaa prosessia tulosten mukaan, tavoitteena tarkentaa yksityiskohtia ja pienentää riskiä joka iteraatiolla. Jos riskit kuitenkin havaitaan jossakin vaiheessa liian suuriksi, voidaan prosessi keskeyttää. (Pohjonen 2002, 42–43.)







Kuvio 6: David Ullmanin lineaarinen suunnitteluprosessi (Ullman 1992)

### 3.2 Määrittelyvaihe / projektin suunnittelu

Määrittelyvaiheen tavoitteena on luoda suunnittelutiimi ja saada selkeä kuva tuotteen vaatimuksista, kuten tuotteelta vaadittava suorituskyky, suunnitteluun käytettävissä oleva aika, budjetti ja muut vaatimukset. Vaiheessa luodaan pohja, jonka tulokset vaikuttavat koko loppu suunnitteluprosessin kulkuun. Siksi on erittäin tärkeää täysin ymmärtää ongelma, jota suunniteltavalla tuotteella on tarkoitus ratkaista. (Ullman 1992, 93–93)

Ensimmäisenä määrittelyvaiheessa otetaan huomioon asiakkaan vaatimukset tuotteelle. Näiden pohjalta voidaan alkaa luomaan tuotannollisia vaatimuksia tuotteelle. Seuraavaksi asiakkaan vaatimuksille luodaan omat painoarvot, jotka antavat ideoita, paljonko vaivaa, aikaa ja rahaa kutakin vaatimusta varten käytetään. Vaatimuksen painoarvon määrittelymiseksi on vastattava kahteen kysymykseen: kenelle vaatimus on tärkeä ja miten tärkeyttä voidaan mitata kyseisten vaatimusten joukossa? Koska tuote on hyvä vain, jos asiakas väittää niin, on loogisinta vastata ensimmäiseen kysymykseen ”asiakkaalle”. Asiakkaita voi kuitenkin olla useampia, eivätkä he välttämättä osaa ajatella tuotteen tuotannossa olevien työntekijöiden tarpeita. Miellyttävän henkilön valinta voi joskus olla suunnittelijan vaikein tehtävä, mutta se on erittäin tärkeää tehdä heti prosessin määrittelyvaiheessa. (Ullman 1992, 119–122)

Seuraavaksi on eroteltava vaatimuslistasta pakolliset vaatimukset ja vaihtoehtoiset toiveet. Ilman pakollisten vaatimusten toteutumista on tuotteen suunnittelu turhaa. Loput pakollisten vaatimusten ulkopuolelle jäävistä vaatimuksista määritellään toiveina. Jokaista toivetta on todennäköisesti mahdoton toteuttaa, joten niille on luotava tärkeysjärjestys painoarvojen avulla. Tämä onnistuu hyvin luomalla pistetaulukko (taulukko 2), jossa jokaista asiakkaan toivetta on verrattu tuotannollisiin vaatimuksiin. Jokaisen toiveen painoarvo toimii kertomana annetuille pisteille. Vähiten pisteitä saaneet toiveet voidaan täten jättää toteuttamatta. (Ullman 1992, 119–122)

		ENGINEER REQUIREMENTS													Bench marks				
		Weighting (total 100)	Steps to attach	Time to attach	Steps to detach	Time to detach	# of parts	# nonstd tools needed	# of std tools needed	Weight of all parts	Force to cause release	Bikes fit (currently on market)	Stiffness (lateral)	% of water blocked	Nonremovable fenders	Raincoat			
CUSTOMERS REQUIREMENTS	Functional performance	Keeps water off rider	•												9	4	5		
		Attach/detach	Easy to attach	7	9	3			3	3	9							1	4
			Easy to detach	4	3	9			3	3								1	5
			Fast to attach	3			9	3	3	3	9							1	4
			Fast to detach	1			3	9	3	3								1	5
			Can attach when bike is dirty	3					3	3								1	3
		Can detach when bike is dirty	1					3	3								1	5	
		Interface with bike	Not mar	10	1	1	1	1		1								3	5
			Not catch water, etc.	7					9									3	5
		Structural integrity	Not rattle	8	1		1		3									3	3
	Not wobble		7	1		1		3					9			2	2		
	Not bend		4	1		1		3					3			3	N/A		
	Long life		11	1		1		3								3	2		
	Lightweight		7					3		9						5	3		
	Spatial constraints	Fit	Most bikes	7									9				4	5	
			Not interfere	With rider	•													5	1
		With drive train		•													5	3	
		With lights & generator		•													4	4	
		With brakes		•													4	3	
		With pannier		•													5	3	
With kickstand		•													5	5			
Appearance	Streamlined	5														2	1		
	Popular color	5														5	3		
Time	3 months' development	•														/	5		
	Marketable in 12 months	•														/	5		
Cost	Minimum capital <\$15,000	•														/	5		
	Manufacturing <\$3 each	•														5	5		
Manufacture	200,000/year for 5 years	•														/			
	Use existing facilities	•														7			
Units		#	sec	#	sec	#	#	#	oz	lb	%	in/lb	%						
Targets			1	2	2	3	2	0	0	8	10	95	.01	95					
Nonremovable fender			4	300	4	200	3	0	2	8	300	100	.01	95					
Raincoat			3	15	3	5	1	0	0	6	?	100	Low	100					

Taulukko 2: Esimerkki pistetaulukosta (Ullman 1992)

Pistetaulukkoa voidaan hyödyntää muissakin suunnitteluprosesseissa, kuin pelkästään tuotteen suunnittelussa. Esimerkiksi kunnossapitotoita suunniteltaessa on hyvä verrata erilaisia huoltoskenaarioita ja antaa niiden vaatimuksille eri painoarvoja ja pisteytyksiä parhaiden vaihtoehtojen valitsemiseksi.

### 3.3 Konseptisuunnittelu

Konseptisuunnitteluvaiheessa aletaan määrittelyvaiheessa syntyneistä tuloksista luoda konsepteja tuotteelle. Käyttämällä asiakkaan vaatimuksia pohjana, luodaan konsepteilla malli tuotteen toiminnasta ja ulkonäöstä mahdollisimman pienellä panostuksella. Monipuolisilla konsepteilla saavutetaan tärkeää ymmärrystä tuotteen toiminnasta laadukkaan tuotteen suunnittelemiseksi. (Ullman 1992, 119–122)

Konseptien luomisen jälkeen seuraa konseptien arviointi, jossa konsepteja vertaillaan toisiinsa määrittelyvaiheessa syntyneiden vaatimusten pohjalta. Konsepteja arvioidessa syntyy aina uusia ideoita, joita on jälleen arvioitava ja vertailtava keskenään. Iteratiivinen konseptien luonti ja arviointi on kuitenkin kannustettua, sillä tässä vaiheessa tuotteen suunnitteluprosessia se on vielä halpaa. Arvioiduista konsepteista parhaimmat valitaan jatkosuunniteltaviksi. (Ullman 1992, 119–122)

Konseptisuunnittelussa saavutetun tiedon pohjalta tuotteen alkuperäinen ongelma usein joudutaan jakamaan useampiin helpommin hallittaviin alaosiin. Täten alkuperäinen yksittäinen ongelma voi aiheutua useammaksi pienemmäksi ongelmaksi, joista jokaisesta on kehitettävä oma valmistettava tuote. (Ullman 1992, 119–122)

### 3.4 Tuotesuunnittelu

Konseptisuunnittelun jälkeen parhaimmat konseptit jalostetaan varsinaisiksi tuotteiksi. Konsepteista aletaan luomaan tarkempia piirustuksia ja toimivia malleja. Tuotteen jalostuessa lisää arviointimenetelmiä avautuu käytettäväksi. Tuotteen kehitys ja arviointi etenevät täten synergisesti ja muodostavat iteratiivisen kierteen. Tarpeeksi pitkän jalostuksen jälkeen on tuote valmiina viimeisteltäväksi. (Ullman 1992, 119–122)

## 4 Työturvallisuus

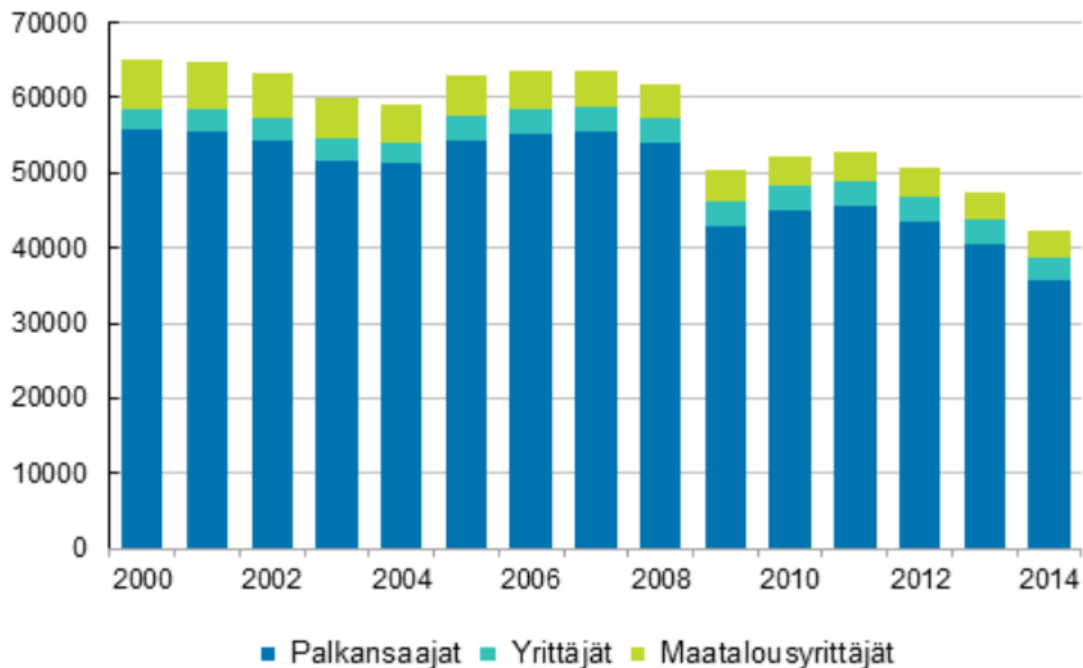
### 4.1 Työturvallisuuden määritelmä

Työturvallisuuskeskuksen (2019) mukaan työturvallisuus saavutetaan pitämällä fyysiset, psyykkiset ja sosiaaliset työolosuhteet kunnossa työpaikalla. Tätä varten on oltava laaja käsitys kaikkiin työtehtäviin liittyviin vaaroihin, haittoihin ja kuormitustekijöihin. Turvallinen ja terveellinen työ luo edellytykset työhyvinvoinnille. (Työturvallisuuskeskus 2019, 3.)

Työturvallisuuden parantamiseksi on luotu työturvallisuuslaki, jolla pyritään turvaamaan ja ylläpitämään työntekijöiden työkykyä sekä ennalta ehkäisemään työympäristöstä aiheutuvia fyysisen ja henkisen terveyden haittoja (Työturvallisuuslaki 738/2002 1 §). Työturvallisuuslaissa on laajasti eritelty työturvallisuuteen liittyvät velvollisuudet ja säännökset. Kaikki työpaikoilla työturvallisuuteen liittyvä perustuu aina jollakin tapaa työturvallisuuslakiin, mutta työturvallisuutta voidaan kehittää myös työkokemuksien ja turvallisuushavaintojen kautta.

Työturvallisuus ei tule itsestään, vaan jokaisella työntekijällä on vastuu ylläpitää sitä. Työtehtäviin liittyvät vaarat, haitat ja kuormitustekijät on tunnettava, jotta voidaan muodostaa selvä kokonaiskuva työpaikan työturvallisuudesta ja työsuojelusta. Kokonaiskuvan pohjalta asetetaan työturvallisuustavoitteet ja korjataan toimintaa suunnitelmallisesti. Kaikilla työntekijöillä tulee olla tiedossa työn vaarat ja oikeat toimintatavat, jotta mahdollisten häiriöiden sattuessa ne voidaan tunnistaa ajoissa ja korjata. (Työturvallisuuskeskus 2019, 3.)

Työturvallisuutta on vuosi vuodelta valistettu työpaikoilla enemmän, ja se myös näkyy. Vuosien aikana työtapaturmien määrä on pienentynyt huomattavasti. Niitä kuitenkin edelleen tapahtuu, jonka takia työturvallisuuden valistusta työpaikoilla jatketaan. Monilla työpaikoilla on keksitty hyviä tapoja edistää yhdessä työpaikan turvallisuutta esimerkiksi vaaratilanteiden viestimiseen kannustamisella, turvakierrosten rutinoitumisella ja työturvallisuuden muuttamisella osaksi arkea (Työterveyslaitos 2024).



Kuvio 7: Työpaikkatapaturmien lukumäärän muutos ammattiaseman mukaan vuosina 2000–2014 (Tilastokeskus 2014)

#### 4.2 Nostotyöturvallisuus

Jos jonkin asian nostamisessa tarvitaan nostolaitteita tai nostoapuvälineitä, kuten esimerkiksi siltanosturia, trukkia, ketjutaljaa, tunkkia tai liinoja, on nostettava kohde todennäköisesti niin painava, ettei sitä kannata tai pysty nostamaan käsin. Tämänlaisia nostoja tehdessä on nosto aina suunniteltava huolellisesti. Etenkin suurten ja raskaiden kappaleiden nostot vaativat aina erillisen nostotyösuunnitelman. (Työturvallisuuskeskus 2019, 39.)

Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta (403/2008) määrittelee nostotyön suunnittelulle ja nostolaitteen valinnalle kahdeksan eri vaihetta:

- Nostot on suunniteltava huolellisesti, jotta ne voidaan toteuttaa työntekijöiden turvallisuutta vaarantamatta.
- Nostolaitteen on oltava käyttötarkoitukseen sopiva ja suorituskyvyltään riittävä.
- Nostolle on oltava riittävästi tilaa.
- Nostolaite on sijoitettava tasaiselle ja kantavalle alustalle, jossa se ei voi kallistua, kaatua tai liikkua hallitsemattomasti.
- Tarvittaessa on käytettävä kuorman nostoon sopivia nostoapuvälineitä.
- Nostolaitteen käyttöpaikalta on oltava riittävä näkyvyys. Jos näkyvyys on rajallinen, täytyy nostolaitteessa olla liikkeestä varoittava huomioääni/-merkki.

- Kahta tai useampaa nostolaitetta käyttäessä samassa nostossa on laadittava nostosuunnitelma, jolla varmistetaan niiden yhteensovittaminen.
- Jos kahden tai useamman nostolaitteen toiminta-alueet ovat päällekkäin, pitää niiden välistä törmäystä välttää asianmukaisilla toimenpiteillä. (Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 403/2008 20 §.)

Nostoissa käytetyt nostolaitteet ja nostoapuvälineet tulee aina olla hyväksytyjä, tarkastettuja sekä ehjiä. Tarkastuksia täytyy suorittaa nostotyökaluille säännöllisin välein, vaikkei niitä edes käytettäisi. Lisäksi nostoapuvälineiden kunto on tarkastettava aina ennen nostoa. Jokaiselle nostolaitteelle ja nostoapuvälineelle on olemassa jokin suurin sallittu kuormitus, jota ei saa ylittää. Kyseinen kuormitus täytyy aina olla merkittynä nostotyökaluun, jotta sitä saadaan käyttää. Tämän lisäksi nostoapuvälineistä tulee myös löytyä CE-merkintä, valmistajan tiedot, valmistuspäivämäärä sen vaikuttaessa tuotteen käyttöikänsä sekä tarkastusmerkintä yli vuoden ikäisille tuotteille. Nostureita saavat käyttää vain henkilöt, kenelle on annettu riittävä koulutus laitteesta. (Skanska 2020, Työturvallisuuspankki 2024 & Työturvallisuuskeskus 2019, 39.)

Nostettavaan kohteeseen on aina mietittävä saatavilla olevista nostolaitteista ja -apuvälineistä soveltuvimmat. Usein sopivan nostotyökalun valintaan vaikuttaa suurimman sallitun kuorman lisäksi nostettavan kuorman tyyppi. Esimerkiksi terävät reunat voivat viiltää kangasliinan poikki, kun taas ketjut saattavat liukua pyöreitä pintoja vasten tai muljahtaa loivien kulmien yli. (Työturvallisuuspankki 2024.)

#### 4.3 Työturvallisuus Stora Ensolla

Työturvallisuus Stora Ensolla perustuu työturvallisuuslakiin niin kuin kaikilla muillakin työpaikoilla. On kuitenkin huomattu, että pelkkä lakiin nojaaminen ei ole riittävä keino välttää työtapaturmia ja pitää yllä hyvää työturvallisuutta ja -hyvinvointia. Tätä varten Stora Ensolla on määritelty turvallisuusohjeet, joihin kaikki tekeminen pohjautuu. Stora Ensolla kerätään myös dataa sattuneista työtapaturmista. Jokainen tapaturma ja vaaratilanne analysoidaan, jotta vastaavilta tapahtumilta voidaan välttyä. Tavoitteena on saada tapaturmien määrä tip-pumaan nolnaan. Tehtävä voi kuulostaa mahdottomalta, mutta useilla osastoilla tähän on pystytty useiden vuosienkin ajan. Tapaturmataajuutta mitataan TRI-luvulla (total recordable incident, ts. lääketieteellistä hoitoa vaatineet tapaturmat), johon sisältyy kuoleman tapaukset, vakavat tapaturmat, poissaoloon johtaneet tapaturmat sekä ei poissaoloon johtaneet tapaturmat. TRI-luvun lisäksi myös vähäisiä tapaturmia, läheltä piti -tilanteita ja turvallisuusilmoituksia tarkkaillaan. (Weshare 2024.)

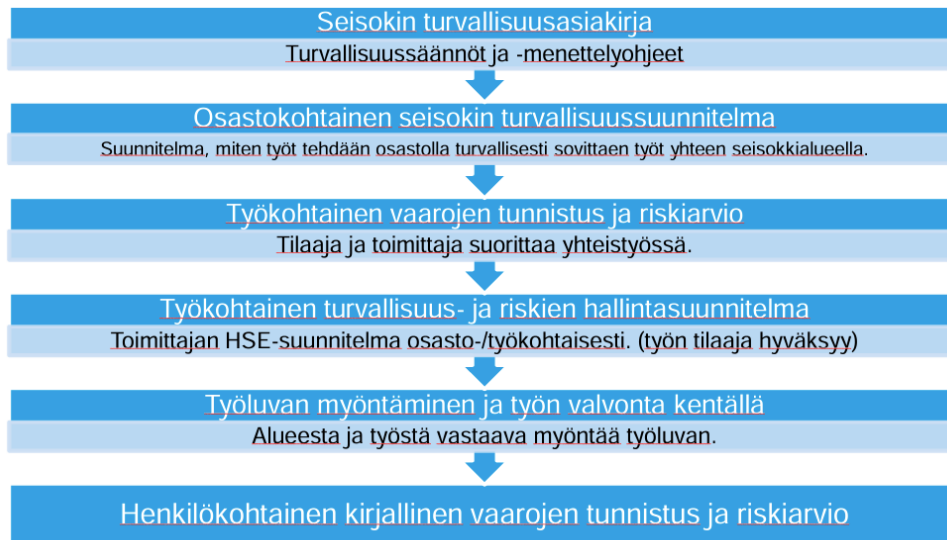
TRI-luvun pienentämiseksi on tehtaalle keksitty laajasti erilaisia turvallisuuskäytäntöjä. Näitä ovat esimerkiksi säännölliset turvallisuuskeskustelut, turvallisuusraportit, yhteiset pelisäännöt ja laaja turvallisuusperehdytys. TRI-luvun määrä onkin laskenut huomattavasti vuosien aikana samalla, kun turvallisuusraporttien määrä on kasvanut. Turvallisuusraportteja on jokaisen työntekijän tavoitteena tehdä vähintään 10 vuodessa. Nämä raportit sisältävät kommentin turvallisuushavainnosta, joko negatiivisesta tai positiivisesta, ja luokittelun havainnon kriittisyydestä. Turvallisuuskeskusteluissa mm. käydään läpi muiden tekemiä turvallisuushavaintoja. Näin havaintoja voidaan seurata ja hoitaa kuntoon sopivan hetken koittaessa. Yhteisistä pelisäännöistä kaikista tärkeimmiksi on valittu 8 hengenpelastavaa sääntöä, jotka koskevat kaikkein vakavimpia tilanteita yrityksen alueella. Painottamalla näitä sääntöjä etenkin jo perehdytysvaiheessa saadaan työntekijöille luotua tietoisuutta vaaroista ja niiden välttämisestä. Mikäli sääntöjä ja määräyksiä rikotaan seuraa siitä heti toimenpiteitä. (Weshare 2024.)

Stora Enson tehtailla on aina käytettävä näkyvää vaatetusta. Myös töihin tultaessa ja kotiin lähtiessä on pidettävä päällä huomioliiviä. Työvaatteita on erilaisia riippuen työtehtävistä, mutta pääpiirteittäin ne voidaan jakaa tuotannon ja kunnossapidon työvaatteisiin. Erona näissä on, että kunnossapidon työvaatteet on suunniteltu suojaamaan paremmin tulelta, kemikaaleilta, jännitteeltä tms. kunnossapitotöissä vaikuttavilta vaaroilta. Työvaatteet ovat kuitenkin aina pitkähihaisia ja -lahkeisia. Työvaatteiden lisäksi myös työsuojaimia on käytössä. Tuotantotiloissa liikkussa tulee jokaisella olla käytössä turvakengät ja suojalasit, kunnossapitotöitä tehdessä työhanskat ja kypärä sekä meluisissa tiloissa kuulosuojaimet. (Weshare 2024.)

Ennen jokaisen työn aloittamista on työkohte käytävä tarkastamassa ja tarvittaessa muokattava sellaiseksi, että työn pystyy suorittamaan. Vaikka kunnossapitotöihin ryhtyessä asentajat joutuvat aina ensimmäisenä tekemään työhön liittyvien vaarojen sähköisen arvioinnin, on vastuu silti aina työn johtajalla/suunnittelijalla. Mikäli työ sisältää esimerkiksi tulitai säiliötöitä, on siitä tehtävä sähköinen työlupa, jonka useampi henkilö joutuu allekirjoittamaan ennen kuin työtä saadaan aloittaa. Näin varmistetaan, että kaikki työhön sisältyvät riskit ovat tiedostettu ja mahdollisimman hyvin eliminoitu vaaratilanteiden välttämiseksi. (Weshare 2024.)

Jos kunnossapitotyössä on vaarallisia alueita, on alueet aina rajattava mahdollisimman selkeästi. Esimerkiksi nostotöitä tehdessä täytyy nostokuorman koko vaikutusalue rajata, ettei kukaan ulkopuolinen vahingossakaan kävele huomaamattaan kuorman alle. Mikäli rajattu alue tukkii jotain kulkureittejä, on niihin merkattava ohjeet turvallisille kiertoteille. Työalueet ja niiden lähiympäristö on myös pidettävä siistinä työn aikana ja sen jälkeen, jottei kukaan

esimerkiksi kompastu lojumaan jätettyihin työkaluihin tai varaosiin. (Weshare 2024.) Nämä turvallisuustoimenpiteet ovat elintärkeitä etenkin seisokeissa, joissa liikenne yhden laitoksen tai konelinjan sisällä voi olla todella ruuhkainen. Siksi seisokkien aikana työturvallisuutta korostetaan laajasti. Kuviossa 8 on esitelty Stora Enson integraattiseisokin työturvallisuuden ohjausmenettelyä. (Stora Enso 2024b.)



Kuvio 8: Seisokkiturvallisuuden ohjausmenettely (Stora Enso 2024b)

Hätätilanteiden sattuessa on Stora Ensoilla selkeät toimintaohjeet pikaisen avun saamiseksi ja itsensä suojelemiseksi. Tehtaalla on mm. useita hätäsuihkuja, tulipalohälyttimiä, ensiapupakkauksia ja defibrillaattoreita, ja näiden sijaintien tiedostaminen kuuluu jokaisella olla hallussa. Avun tarpeessa nopein keino on soittaa suoraan hätänumeroon, jota kautta myös tehtaalla oma pelastusyksikkö saa tiedon hälytyksestä. Ympäri tehtaasta löytyy useita infokortteja, joissa lukee kyseisen sijainnin tarkka osoite sekä lähimmät kokoontumis- ja suojatilat sekä ensiaputarvikkeet. (Weshare 2024.)

Työturvallisuutta on Stora Ensoilla alettu katsomaan myös eri näkökulmista, kuin pelkkien fyysisten työtehtävien osalta. Kyberturvallisuuden tietoisuutta on lisätty jokaiselle työntekijälle, jottei arkaluontoista tietoa joutuisi väärin henkilöiden käsiin. Myös työhyvinvointi on isossa roolissa, sillä kaikenlainen epäeettinen käytös tai toisten kiusaaminen on täysin kielletty tehtaalla alueilla. Näihinkin aiheisiin on tarjolla apua alan ammattilaisilta sekä jokaiselle on opetettu selvät toimintaohjeet vastaavia tilanteita kohdatessa. (Weshare 2024.)



## 5 Kuljettimet

### 5.1 Yleistä

Standardin SFS 4200 (1978) mukaan:

*Kuljetin on kiinteä tai siirrettävä, kappale- tai massatavaran kuljettamiseen suunniteltu, ainakin osittain itsetoiminen, jatkuvasti tai vaihteittain toimiva lähisiirtolaite.*

Kuljettimet ovat osa tuotannon automaatioprosessia. Ne mahdollistavat suurien materiaalmäärien siirron tehokkaasti ja järjestelmällisesti ja täten säästävät työvoimakuluja eliminoidulla lisäarvotonta kuljetusaikaa sekä lisäävät tuottavuuden hallintaa (CSS 2024, 2–3). Materiaalin kuljettamisen lisäksi on tietyillä kuljetintyypeillä muitakin käyttökohteita. Tästä lisää kappaleessa 5.2. Kuljettimien voimanlähteenä voidaan käyttää painovoimaa, hydraulikkaa tai sähköä (CSS 2024, 3).

### 5.2 Ruuvikuljettimet

Standardi SFS-EN 618 + A1 (2002) määrittelee ruuvikuljetin seuraavasti:

*Irralliselle massatavaralle tarkoitettu kuljetin, jossa massatavara kulkee kourussa tai putkessa saaden liikkeensä jatkuvasta tai epäjatkuvasta pyörivästä ruuvista. Ruuvi voi olla jäykkä tai joustava, jolloin se voi kaartua.*

Pelkän aineiden siirtämisen paikasta toiseen lisäksi ruuvikuljettimia voidaan käyttää useissa eri tehtävissä. Käyttökohteita ovat esimerkiksi sekoitus, paakkujen hajottaminen, viilentäminen, lämmittäminen, laimentaminen, repiminen tai kuivaaminen. Ruuvikuljettimet ovat kustannustehokkaita ja pitkäaikaisia sekä esimerkiksi hihnakuljettimiin verrattuna huoltovapaampia ja edullisempia. (Siirtoruuvi Oy 2024.) Ruuvikuljettimet eivät kuitenkaan sovellu pitkille matkoille. Niiden pituuden ylittäessä paljonkin yli kymmenen metrin, tulee ne valmistaa useissa pätkissä ja yhdistää toisiinsa välilaakereilla (Koivisto 2018, 64).

Itse aineiden siirto ja yleensä käsittely ruuvikuljettimissa tapahtuu ruuvikierukan avulla. Ruuvikierukan kierteen nousu suunnitellaan pienemmäksi kuin kierteen ulkohalkaisija. Riippuen käytettävän rungon tyypistä, voivat ruuvikuljettimet olla pysty- tai vaakasuuntaisia tai kymmenien asteiden nousukulmassa. Kulmasta ja aineen valuvuudesta riippuen voi kierteen nousua joutua pienentämään sekä pyörimisnopeutta lisäämään. (Koivisto 2018, 64 & Siirtoruuvi Oy 2024.)

Ruuvikuljettimet voivat poiketa toisistaan paljonkin moninaisien käyttömahdollisuuksien takia. Yhteistä kaikille ruuvikuljettimille on kuitenkin suljettu rakenne, joka tekee niistä

turvallisia ja tiiviitä, mikä taas mahdollistaa kosteiden ja pölyvien aineiden käsittelyn. Se on myös itsekantava, eli tukirakenteista riippumaton. (Koivisto 2018, 64–67.) Seuraavaksi käsitellään ruuvikuljettimen pääosia Koiviston (2018) mukaan.



Kuva 1: 3D-malli tyypillisestä materiaalin siirtoon tarkoitetusta ruuvikuljettimesta (Yermolaev, 2017)

### **Runko**

Ruuvikuljettimen runkona käytetään U-muotoista kourua tai umpinaista putkea. Kourumuotoisen rungon kannet ovat pultattu kiinni, joten ne ovat helppo avata. Tämä mahdollistaa ruuvikierukan huoltamisen sekä kourun tyhjennyksen ja puhdistamisen. Putkirunko on kourua edullisempi valmistaa, mutta se on täysin suljettu rakenne, mikä vaikeuttaa huoltotoimenpiteiden suorittamista. Putkirungon tapaan myös koururungosta saadaan pölytiivis, kun kannet tiivistetään. (Koivisto 2018, 67.)

### **Ruuvikierukka**

Ruuvikierukan avulla itse kuljettimen suoritettava toiminta tapahtuu. Kierukka koostuu käytöpään ja vapaan pään akseleista sekä niiden välillä olevista keskusputkesta ja kierteestä. Riippuen kuljettimen käyttötarkoituksesta, voi kierukan kierre olla joko umpi- tai avokierre ja kierteen nousu vaihteleva. (Koivisto 2018, 69.)

### **Päädyt ja laakerit**

Ruuvikuljetin eroaa muista kuljettimista siten, että sen käyttöpään laakeriin kohdistuu aksiaalivoimaa. Täten käyttöpäädyn laakerointina toimii yleensä pystylaakeripesä ja

pallomainen rulla- tai kuulalaakeri, jotka pystyvät yhdessä ottamaan vastaan aksiaali- ja säteisvoimaa. Käyttöpäättyyn asennetaan myös kuljettimen käyttölaite, eli vaihdemoottori. Ruuvikuljettimen vapaaseen päättyyn kohdistuu pelkästään säteisvoimaa, joten laakerointi voi olla kevyempi. (Koivisto 2018, 69–70.)

### **Käyttökoneisto, akselit ja tiivistys**

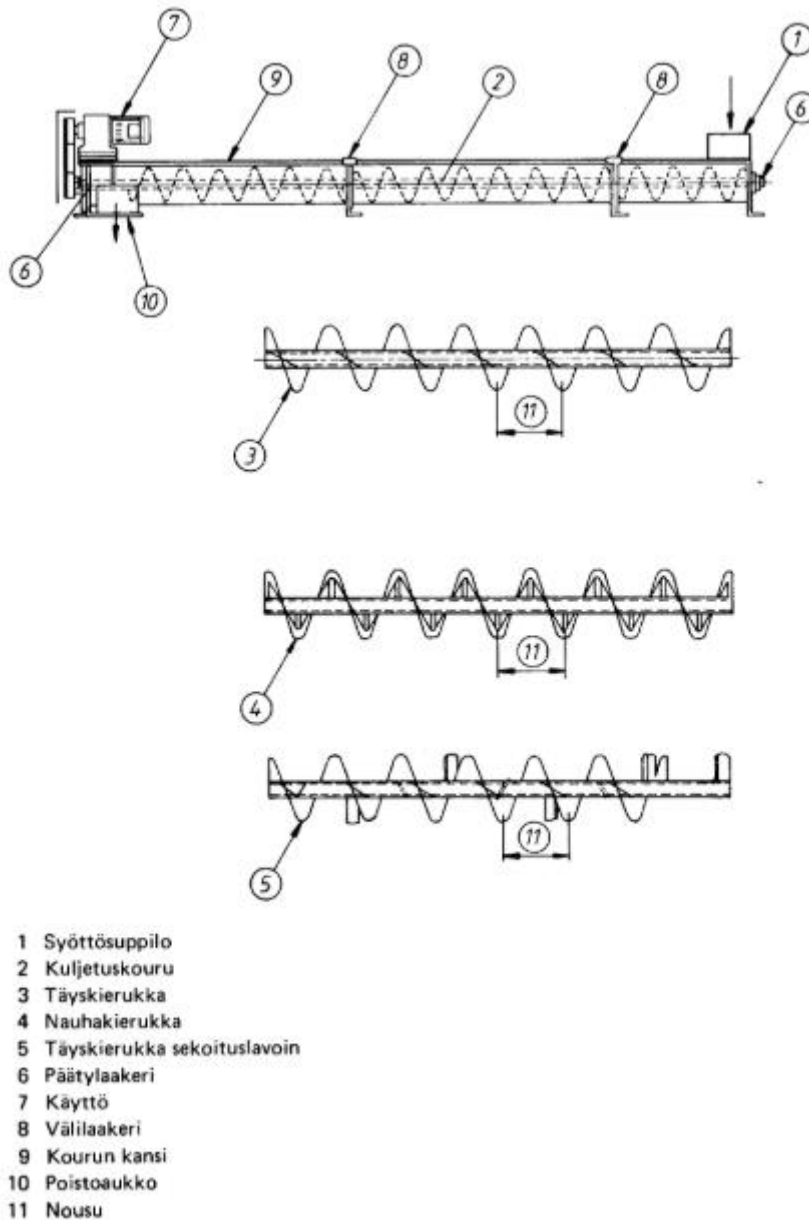
Ruuvikuljettimissa, niin kuin muissakin kuljettimissa, käyttökoneistona käytetään yleensä vaihtosähkömoottorin ja hammaspyörävaihteen yhdistelmää. Vaihdemoottori asennetaan kuljettimen käyttöakselille ja tuetaan momenttikorvakkeestaan kuljettimen momenttitukeen, jonka on kestävä moottorin vääntömomentin aiheuttama voima. Myös käyttöpään akselin on kestävä käyttökoneiston aiheuttama vääntö- ja taivutusmomentti. Molempien päiden akselien läpiviennit tiivistetään tiivistenauhoilla (ns. nauhapoksi). (Koivisto 2018, 70.)

### **Tulo- ja poistoaukot (suppilot)**

Tulo- ja poistoaukot ovat tarkoitettu materiaalin syöttöön ja poistamiseen ruuvikuljettimista. Tulo- ja poistoaukkoja voi olla useita. Materiaalin ruuhkautumisen riskin pienentämiseksi on poistoaukot suunniteltava riittävän väljiksi. Ruuvikuljettimen tulosuppilo sijoitetaan yleensä vapaaseen päättyyn ja poistosuppilo käyttöpäättyyn, riippuen siitä, toimiiko kuljetin työntävällä vai vetävällä periaatteella. (Koivisto 2018, 72.)

### **Turvalaitteet**

Mahdollisen vaaratilanteen sattuessa turvalaitteiden tehtävä on tunnistaa vaara ja pysäyttää kuljetin mahdollisimman nopeasti. Vaaratilanteita voi sattua niin kuljettimen käydessä, kun seistessäkin. Kuljettimen huoltotöiden aikana käynnistyskytkin lukitaan niin, ettei kuljetinta voi vahingossa käynnistää. Tarkastusluukuilla kuljettimen sisälle voidaan katsoa ilman, että koko ruuvikierukkaa otetaan ulos. Hätät pysäytintä painamalla ruuvikuljetin voidaan manuaalisesti pysäyttää vaaratilanteen sattuessa. Pyörintävahti asennetaan ruuvikuljettimen akselin yhteyteen, ja sen tehtävänä on tunnistaa vaaratilanteita ja katkaista sähkövirta moottorista sellaisten sattuessa. Pyörintävahdin tunnistamia vaaratilanteita ovat esimerkiksi ruuvikierukan katkeaminen, pyörimisnopeuden yllättävä hidastuminen tai siirrettävän materiaalin ruuhkautuminen. Materiaalin ruuhkautumista seurataan myös poistoaukkojen kohdalta ruuhkavahdilla, joka katkaisee sähkövirran moottorista materiaalin tukkiutuessa poistoaukon kohdalle.



Kuva 2: Ruuvikuljettimen rakenne (SFS 4200, 1978)

Erona Koiviston (2018) esittelemiin ruuvikuljettimen pääosiin, SFS 4200 (1978) jättää turvalaitteet mainitsematta sekä käsittelee runkoa vain kourun muodossa. SFS 4200 (1978) kuitenkin esittelee kolme erilaista ruuvikierukkaa, jotka ovat kaikki tarkoitettu lähinnä materiaalin kuljettamiseen.

## 6 Ruuvikierukan vaihdon suunnittelu

### 6.1 Työn tarkoitus

Opinnäytetyön kohteena olevaa ruuvikuljettimen ruuvikierukkaa ei ole ikinä vaihdettu, eikä sille ole olemassa vaihtosuunnitelmaa. Ruuvikuljettimen ikääntyessä myös sen hajoamisriski kasvaa. Ruuvikuljettimen lähiympäristö on voinut muuttua laitoksen elinkaaren aikana uusien laitteiden ja muutostöiden takia, joten ruuvikierukalle alun perin suunniteltu purkureitti on todennäköisesti nykyään mahdoton toteuttaa. Uuden vaihtosuunnitelman päätarkoituksena on nopeuttaa korjaavaa kunnossapitoa ruuvikierukkaan kohdistuvan vaurion sattuessa ajon aikana. Vaihtosuunnitelmaa voidaan hyödyntää myös ruuvikuljettimen ennakoivien huoltotöiden suunnittelussa.

Valkaisutornin ruuvikuljettimet ovat laitoksen tuotantoprosessin kannalta kriittisiä, sillä yhdenkin pysähtyessä koko tuotantoprosessi keskeytyy. Tehtailla jokainen prosessilta menetetty ajanjakso tarkoittaa isoa tuoton menetystä, joten tavoitteena on pitää prosesseja käynnissä niin paljon kuin mahdollista ja huoltoseisokit mahdollisimman lyhyinä. CTMP-laitoksen kemiehierremassaa käytetään jokaisella kartonkikoneella tiettyjä kartonkilaatuja valmistessa sekä välillä kuivauskoneella paaleja muodostaessa, joten laitoksen alasajo saattaisi pahimmassa tapauksessa vaikuttaa koko kartonkitehtaan toimintaan. Kartongille ja paaleille on pitkät tilausjonot, jolloin yhden tilauksen viivästyminen voi aiheuttaa viivästystä seuraavissakin tilauksissa.

Mikäli ruuvikuljettimen ruuvikierukka äkillisesti hajoaisi, voisi vaihtosuunnitelman sekä apuvälineiden suunnitteluun ja valmisteluun mennä huomattava määrä aikaa. Valmiilla vaihtosuunnitelmalla sekä etukäteen rakennetuilla apuvälineillä voidaan vauriosta aiheutunut prosessin pysähtymisaika vähintäänkin puolittaa, ja täten säästää merkittäviä määriä rahaa. Laadukasta vaihtosuunnitelmaa voidaan myös hyödyntää muissakin kohteeseen liittyvissä huoltotöissä, jotka eivät suoranaisesti liity itse ruuvikierukan vaihtoon.

Huolella ja ajan kanssa tehty vaihtosuunnitelma on paljon tehokkaampi ja turvallisempi toteuttaa, kuin kiireellä mietitty suunnitelma. Isot kunnossapitotyöt sisältävät aina paljon turvallisuusriskejä, jotka on pyrittävä minimoimaan tai mahdollisesti jopa eliminoimaan. Ruuvia ei muutenkaan ole ikinä vaihdettu, joten työhön osallistuville henkilöille kohde on uusi kokemus.

### 6.2 Työn lähtökohdat

Ruuvikuljetin sijaitsee ison valkaisuutornin alapuolella, noin metrin korkeudessa maasta, ja sitä ympäröi valkaisuutornin purkaimen planeettavaihteiston neljä eri vaihdetta.

Ruuvikuljettimen kierukka on käyttöpäästä leveämpi kuin vapaasta päästä. Ruuvikuljettimella on kierukan muotoa mukaileva putkirunko, ja sen alapuolella oleva maa on epätasainen johtuen maahan valetuista betonisista tukirakenteista. Kokonaispainoa ruuvikuljettimella on 4500 kiloa, mutta itse kierukan painoa ei ole erikseen mainittu missään. Ruuvikuljettimen vapaan pään molemmin puolin ovat ylhäällä kulkevan hoitotason tukipilari sekä kuljettimesta ylöspäin jatkuva pystyruuvikuljetin, jotka estävät rungon paikaltaan kääntämisen noin kymmentä astetta enempää (kuvan 3 vasemmassa laidassa).



Kuva 3: Opinnäytetyön kohteena oleva ruuvikuljetin (vapaa pää)

Ruuvikuljettimen käyttöpäässä ruuvikierukkaa pyörittää vaihdemoottori. Rungon päädyssä on irrotettava levy, jonka kautta itse kierukka voitaisiin vetää ulos. Ennen kierukan poisvetoa edestä olisi kuitenkin ensin purettava kuljettimen käyttö sekä sähkökaappi.



Kuva 4: Ruuvikuljettimen käyttöpää

Ruuvikuljettimen kasauksen aikana sille on todennäköisesti suunniteltu yksinkertainen purkureitti, jota pitkin ruuvikierukka saataisiin tarvittaessa ulos laitoksesta. Laitoksen kehittyessä vuosien aikana tämä reitti on päässyt umpeutumaan tielle kasattujen säiliöiden, tukirakenteiden, laitteiden tms. takia. Jotta ruuvikierukka saataisiin kokonaisena ulos laitoksesta, on se kuljetettava toisella puolella laitosta sijaitsevasta nosto-ovesta, sillä se on suurin ja tilavin reitti ulos.

Ruuvikierukan kuljetusmatka laitoksen alakerrassa on siis suhteellisen pitkä. Siellä ei ole liikkuvia nostureita, joilla kierukkaa voitaisiin kuljettaa, joten on käytettävä jonkinlaista haalausvaunua. Stora Ensolla ei tiettävästi ole kyseiseen työhön soveltuvaa lavettia, joten on varmuuden vuoksi luotava konseptitason suunnitelma, josta haalausvaunu voidaan tarvittaessa nopeasti itse valmistaa tai teetättää muualla.

### 6.3 Ideointi ja pisteytys

Ruuvikuljettimen ruuvikierukan vaihto voidaan toteuttaa usealla eri tapaa. Vaihtosuunnitelmaan on järkevä luoda vähintäänkin kaksi erilaista skenaariota vaihdolle, mikäli ensimmäinen todetaankin työn ohessa liian haastavaksi tai jopa mahdottomaksi toteuttaa. Parhaiden vaihtoehtojen valitsemiseksi sovelletaan Ullmanin suunnitteluprosessissa esitettyä pisteytysmenetelmää, jolla eri skenaariot voidaan arvioida paremmuusjärjestykseen.



Vaihtosuunnitelmalle keksittiin yhteensä 5 erilaista skenaariota. Jotkin skenaariot tuntuivat heti paremmilta kuin toiset, mutta jokaista silti vertailtiin keskenään pistearviointitaulukon (taulukko 3) avulla. Taulukko on Ullmanin suunnitteluprosessissa käytetystä pistearviointitaulukosta muokattu yksinkertaisemmaksi ja vastaamaan paremmin kyseistä arviointikohdetta. Pistearviointitaulukkoon valittiin arvosteluperusteiksi kriittisimmät ja eniten työhön vaikuttavat perusteet. Mikäli skenaario toteuttaa arvosteluperusteen kohtuullisella tai paremmalla tasolla, merkitään sitä plusmerkillä. Jos skenaario ei sovellu jollekin arvosteluperusteista, merkitään sitä miinusmerkillä. Taulukkoon on lisätty myös kohta huomautuksille, mikäli jokin kohta skenaariossa vaatii vielä lisäpohdintaa.

Vaihtoskenaariot	Arvosteluperusteet								Päätös	
	A. Purkutöiden määrä	B. Turvallisuus	C. Etukäteen valmistelut	D. Kustannukset	E. Suunnittelutyön laajuus	F. Työn kesto (h)	G. Vaadittavat työkalut	H. Muuta		
1	+	?	+	+	+	+	-		B. Mahtuuko HIAB-trukki tarpeeksi lähelle?	+
2	+	+	-	+	-	+	+			+
3	+	+	-	+	-	-	-			-
4	+	+	-	-	-	-	-			-
5	-	+	-	-	-	+	+	?	H. Vaatisi tukipilareiden purkua ja huoltotasojen uudelleen suunnittelua	-

Taulukko 3: Pistearviointitaulukko, jossa kaikkia skenaarioita on verrattu

Pistetaulukon ja yhteisten palaverien pohjalta päädyttiin valitsemaan vaihtosuunnitelmaan skenaariot 1 ja 2, vaikka ensimmäisessä olikin yksi epäselvyyden aihe. Valittuja skenaarioita alettiin täten jatkojalostamaan alustavien suunnitelmien pohjalta.

Molempia skenaarioita käytiin yhdessä asentajien ja insinöörien kanssa mallailmassa paikan päällä hahmottaakseen paremmin työn kulkua. Kohteesta otettiin paljon kuvia ja kriittisiä mittoja sekä luotiin listaa kohteen ympäriltä purettavista asioista työn mahdollistamiseksi. Ruuvikuljettimen läheisyydessä oli kaksi isoa nosto-ovea ulos, mutta reitit molemmille oville olivat liian ahtaita ruuvikierukalle. Täten päädyttiin vaihtoehtoon, jossa ruuvi



kuljetettaisiin kaikista kauimmasta nosto-ovesta ulos. Kohteessa pohdittiin myös nostoapuvälineiden sijoittelua sujuvan ja turvallisen nostoreitin luomiseksi.

Seuraavaksi alettiin luomaan konsepteja vaihtoskenaarioiden eri työvaiheista. Paperille piirrettiin kuvia, joihin oli merkattu tärkeimpiä mittoja ja joista tuli ilmi jokaisen työvaiheen kulku sekä suurimmat uhkakuvat. Piirustusten avulla voitiin myös tehdä yksinkertaisia statiikkalaskuja nostoapulaitteiden kapasiteettien toteamiseksi riittäviksi. Osasta työvaiheita luotiin Solidworks-mallinnusohjelmalla yksinkertaisia 3D-malleja, joilla vaiheet todettiin mahdollisiksi ja järkeviksi toteuttaa. 3D-mallit loivat myös parempaa perspektiiviä ruuvikierukan suuruudelle sekä työn riskeille tosielämässä.

#### 6.4 Vaihtosuunnitelman skenaariot

Kunnossapitotöistä riippumatta on Stora Ensolla toimintatavat aina samat. Tämän takia molemmissa skenaarioissa on paljon samoja vaiheita. Ennen itse mekaanisen työn aloitusta on työkohteeseen vaikuttavat prosessit nollattava, laitteet sammutettava katkaisimesta ja katkaisimet lukittava sekä tarvittaessa sähköt kytkettävä irti. Kunnossapitotyöhön osallistuvien asentajien on aina täytettävä sähköiset vaaranarviointilomakkeet ennen työn aloittamista, jotta voidaan tunnistaa mahdollisimman paljon työhön liittyviä riskejä ja vaaroja sekä välttää niitä mahdollisimman paljon.

Molemmissa skenaarioissa ruuvikierukan nostotyö vaatii tarkan nostosuunnitelman johtuen ruuvikuljettimen ahtaasta ja haastavasta sijainnista. Ruuvikierukan ulos saamiseksi tarvitaan useita nosto- ja haalausapuvälineitä. On myös varauduttava siihen, että jopa huolellisesti tehtyä nostosuunnitelmaa voidaan joutua muuttamaan kesken vaihtotyön.

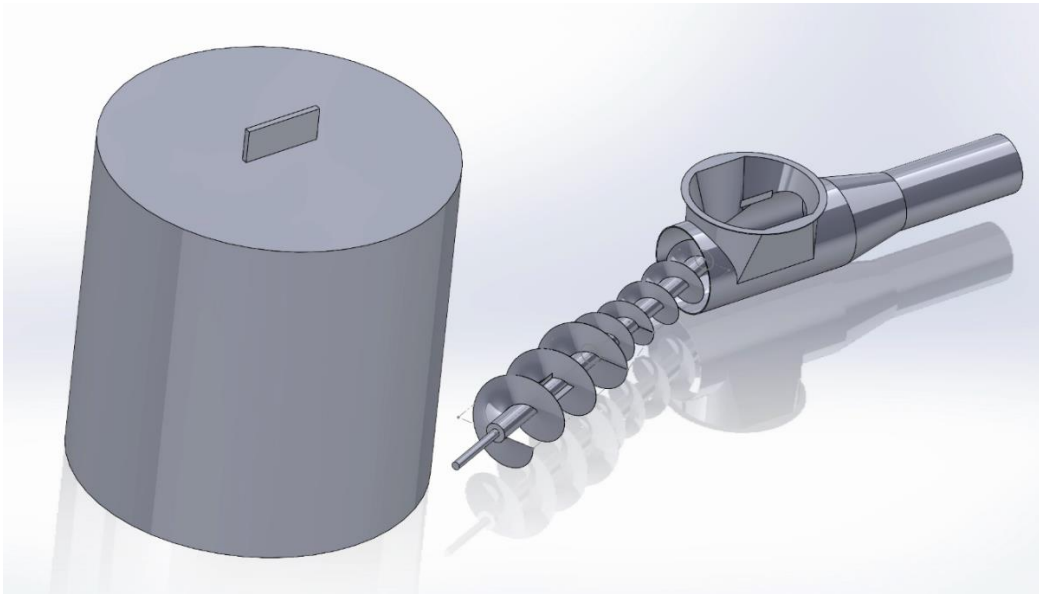
Itse vaihto-ohjetta ei liitetä opinnäytetyön mukaan, vaan se jää Stora Enson yksityiseen haltuun. Täten molemmat vaihtoskenaariot ovat esitelty tekstimuodossa seuraavaksi.

##### **Skenaario 1**

Ensimmäisessä vaihtosuunnitelman skenaariossa ruuvikuljettimen runko jätetään paikalleen ja ruuvikierukka vedetään sen sisältä ulos. Jotta ruuvikierukka voidaan vetää pois, täytyy kuljettimen edestä ensin purkaa sähkökaappi pois tieltä. Tämän jälkeen ruuvikuljettimesta irrotetaan käyttöpäästä vaihdemoottori sekä päätylevy ja molemmista päistä laakeroinnit sekä tiivistykset. Laakerointien irrottamiseksi on ruuvikierukkaa hieman nostettava akselista taljan avulla. Ruuvikierukka on nyt valmis ulosvetoa varten.

Ruuvikierukan ulosveto toteutetaan kasattavalla gantry-nosturilla (ts. pukkinosturi) sekä HIAB-trukilla. Ennen nostotöitä on muistettava luoda ja hyväksyttävä etukäteen harkittu nostosuunnitelma sekä rajata nostotyön vaara-alue siten, ettei kukaan ohikulkija joudu

vahingossakaan kyseiselle vaikutusalueelle. Gantry-nosturi pystyy kannattelemaan koko ruuvin painon itsestään, joten ruuvia voidaan vetää sillä pitkän matkaa ulos. Ruuvikierukkaa ei voida kuitenkaan vetää ulos suorassa linjassa kuljettimen runkoon nähden, sillä vastaan tulee säiliö. Koska ruuvikierukka on käyttöpäästä noin puoleen väliin saakka leveämpi kuin vapaasta päästä, voidaan sitä alkaa kääntämään sitä mukaa kun leveä osa tulee ulos ja rungon sisälle jää tyhjää tilaa. Tekemällä Solidworksilla 3D-mallin tilanteesta todettiin, että ruuvikierukka mahtuu juuri ja juuri kääntymän pois ennen säiliöön osumista (kuva 5).



Kuva 5: Solidworks simulaatio ruuvikierukan ulosvetämisestä (Solidworks)

Kun kierukkaa on vedetty tarpeeksi pitkälle, tuodaan HIAB-nosturilla varustettu trukki mahdollisimman lähelle ruuvikierukkaa. HIAB-trukilla otetaan ruuvikierukkaa vastaan ja aletaan vetämään kohti suoraa käytävää, joka johtaa halutulle nosto-ovelle. Mitä lähemmäs HIAB-trukkia ruuvikierukka saadaan, sitä parempi kantokyky sillä on. Laskemalla ruuvikierukan välillä lattialle tukevalle haalausalustalle ja siirtämällä HIAB-trukin ja gantry-nosturin sijain- teja, voidaan ruuvikierukka lopulta asettaa haalausvaunun päälle nosto-ovelle johtavalle käytävälle. Haalausvaunu vedetään tavallisen trukin avulla ulos, jossa se nostetaan lavetti- rekan kyytiin ja viedään pois.

Ennen uuden ruuvikierukan saapumista ruuvikuljettimen rungolle suoritetaan kuntotarkas- tus, jossa esimerkiksi sen paksuus mitataan joka puolelta ja mahdollisia heikkoja kohtia vahvistetaan, jotta ne kestävät tulevaisuudessakin. Nyt uusi ruuvikierukka voidaan asentaa takaisin runkoon.

Uuden ruuvikierukan asennus runkoon hoituu lähes täysin samoilla työvaiheilla kuin van- hankin purkaminen, mutta päinvastaisessa järjestyksessä. Ainoa ero on, että uusi kierukka joudutaan ensin ottamaan kannatukseen gantry-nosturin avulla ja sen jälkeen työntämään

rungon sisälle. Kun kierukka on melkein kokonaan rungon sisällä, on sitä nostettava vapaasta päästä taljan avulla, jotta akseli saadaan pujotettua päätylevyn akselireiän läpi. Kun kierukka on työnnetty paikalleen, voidaan kaikki puretut osat asentaa takaisin ruuvikuljettiin.

Mekaanisten asennustöiden jälkeen sähkömiehet kytkevät sähköt takaisin ruuvikuljettiin. Prosessihenkilöille ilmoitetaan työn valmistumisesta, jolloin he voivat purkaa lukitukset ja aloittaa koeajot. Koeajoilla ruuvikuljetinta pyöritetään erillään muusta prosessista varmistukseksi, että kaikki toimii niin kuin kuuluukin. Onnistuneesti suoritettujen koeajojen jälkeen voidaan työ todeta tehdyksi ja ruuvikuljetin kytkeä takaisin prosessiin.

## **Skenaario 2**

Vaihtosuunnitelman toinen skenaario on rakenteeltaan hyvin pitkälti samanlainen kuin skenaario 1. Suurimpana erona skenaariossa 2 on, että koko ruuvikuljettimen runko irrotetaan valkaisuatornin pohjasta ja lasketaan lattialle. Lattialla runkoa voidaan haalata hieman eteenpäin ja kääntää, jolloin ruuvikierukka mahtuu tulemaan suorassa linjassa ulos. Rungon laskeminen aiheuttaa enemmän ennakkotyötä, sillä valkaisuatornin tukirakenteisiin on asennettava nostosilmukoita, joista runko voidaan laskea taljojen ja nostoliinoiden avulla. Rungon laskeminen kuitenkin tekee itse ruuvikierukan ulosvetämisestä yksinkertaisemman prosessin ja poistaa kokonaan riskin säiliön eteen tulemisesta.

Rungon lattialle laskemiseksi on sen pohjasta ensin irrotettava putkia, jotka muuten ottaisivat ensimmäisenä lattian vastaan ja hajoaisivat. Myös ruuvikuljettimen käyttöpään vaihde-moottori sekä tiellä oleva sähkökaappi on purettava pois. Kuljettimen vapaasta päästä on purettava laakerointi ja päätylevy sekä rungosta irrotettava irrallinen kaarilevy. Kaarilevy sekä vapaan pään päätylevy yhdistävät vaakaruuvien rungon yhteen viereisen pystyruuvien kanssa, joten ne irrotettuna vaakaruuvien runkoa on mahdollista kääntää pystyruuvista pois-päin (kuva 6).



Kuva 6: Ruuvikuljettimen rungosta irrotettava kaarilevy

Nyt runko voidaan kiinnittää taljoilla ja nostoliinoilla nostosilmukoista ja irrottaa valkaisu-  
torin pohjasta. Runko ei mahdu laskeutumaan suorassa linjassa lattialle, vaan sitä on hieman  
käännettävä laskun yhteydessä. Vapaan pään päätylevyn sekä kaarilevyn irrotus mahdol-  
listavat tämän. Lattialle on kasattava tukeva haalausaluusta, joka pitää rungon pystyssä,  
sekä myös paikallaan ruuvikierukkaa ulos vedettäessä. Esimerkiksi kartonkikoneiden telo-  
jen vaihtojen yhteydessä käytetyt kourupuut ovat erinomaisia haalausaluustassa. Laskun jäl-  
keen runko voidaan vielä uudestaan kiinnittää nostosilmukoista niin, ettei se varmasti pääse  
kaatumaan.

Nyt ruuvikierukka voidaan vetää ulos rungosta gantry-nostimen ja HIAB-trukin avulla sekä  
rungolle suorittaa vaadittavat kuntotarkastukset ja vahvistukset. Tämän jälkeen työ voidaan  
suorittaa loppuun samalla tavalla kuin skenaariossa 1, erona vain rungon takaisin nosto ja  
kiinnitys.

### 6.5 Nosto- ja haalausapuvälineet

Stora Ensolta löytyy omasta takaa jo paljon nosto- ja haalausapuvälineitä, mutta hankalia  
nostotöitä tehdessä eivät nekään välttämättä riitä. Tällöin on suunniteltava ja rakennettava  
uusia kyseiseen työhön sopivia apuvälineitä. Uudet nosto- ja haalausapuvälineet yritetään  
vielä suunnitella siten, että niitä voidaan soveltaa mahdollisimman monessa kohteessa.

Tällöin ei tarvitse suunnitella jokaiselle haastavalle työlle omaa apuvälinettä. Seuraavaksi esitellään opinnäytetyössä käytettyjä nosto- ja haalausapuvälineitä.

### **Gantry-nosturi**

Gantry-nosturi, eli pukkinosturi, on yksinkertaisista osista kasattava, siirrettävä ja kustannustehokas nosturi, joka soveltuu hyvin ahtaisiin paikkoihin. Sen rakenne koostuu kahdesta jalasta ja niiden väliin aseteltavasta nostopalkista, jota pitkin voidaan liikuttaa kiskokissaa. Gantry-nostureita valmistetaan eri kokoisina ja eri nostokapasiteeteissa, mutta ne sisältävät myös säätöjä, kuten korkeuden säädön jaloissa. Nosturin jalkoihin voidaan myös asettaa rullat, jotka helpottavat nosturin siirtämistä. Ilman rullia nosturi kuitenkin on tukevampi, eikä lähde liikkumaan nostotyötä tehdessä. (Sevencrane 2024.)

Stora Ensolla sijaitsevassa gantry-nosturissa on 3000 kilon nostokapasiteetti. Se osat on valmistettu alumiinista, joka tekee niistä kevyitä käsitellä ja siirtää. Nosturin kiskokissa kulkee kahdella nostopalkilla, joka tekee siitä luotettavamman. Nosturin jaloissa on korkeussäädöt ja toinen pää nostopalkeista voidaan asentaa myös tukevan tason päälle. Kyseinen gantry-nosturi soveltuu mainiosti ruuvikierukan vaihtotyöhön.



Kuva 7: Gantry-nosturi (Carl Stahl 2024)

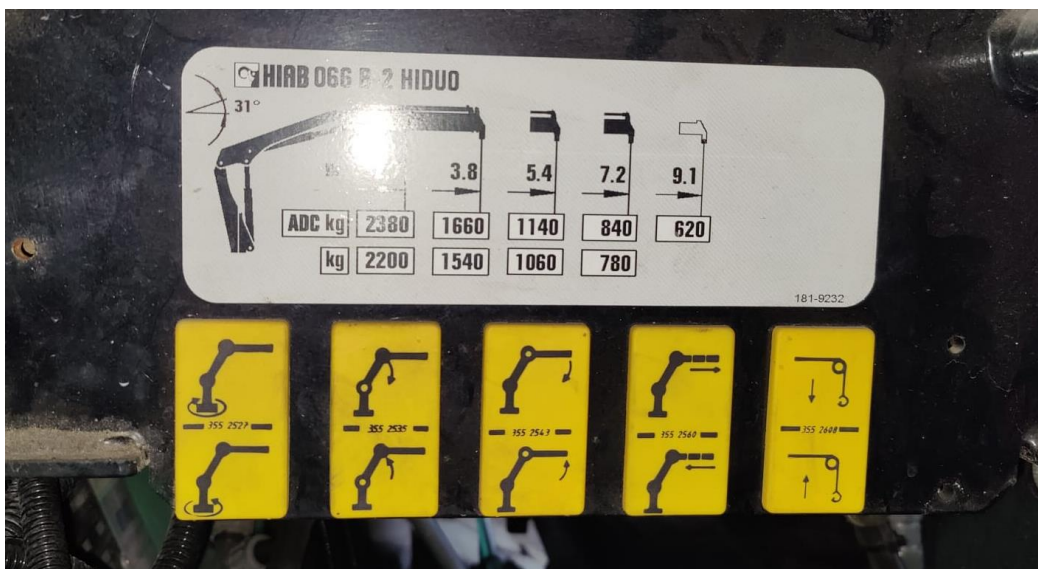
### **HIAB-trukki**

HIAB-trukki on yleismallin trukista muokattu versio, johon on kiinnitetty erikseen ohjattava HIAB-nivelpuominosturi. Trukin avulla nivelpuominosturia voidaan helposti siirtää ja asettaa nostotyötä ajatellen järkevästi. Stora Ensolla on kolme erilaista HIAB-trukkia, joista valittiin kaikista pienin malli, sillä se mahtuu parhaiten työkohteen ahtaaseen ympäristöön. Nivelpuominosturin ulottuma on jopa 9,2 metriä ja kapasiteetti 2380–620 kiloa (kuva 9), joka riittää hyvin yhdessä gantry-nostimen kanssa nostettaessa. Noston ajaksi trukki tuetaan maata vasten tukijaloilla, jottei se pääse kääntymään. Tällöin trukkia ei voi liikuttaa, joten siirtämistä varten on tehtävä aina välilasku maahan.





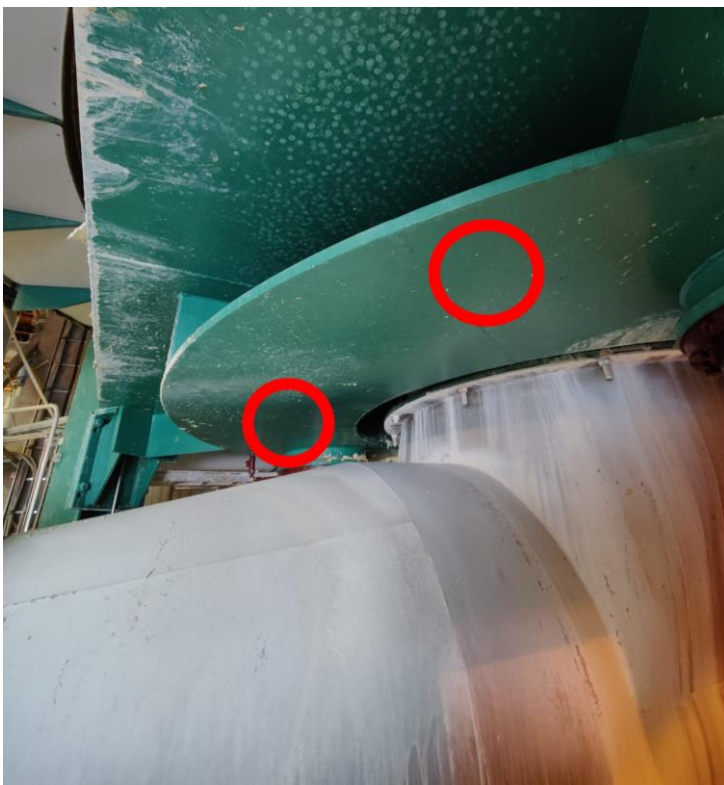
Kuva 8: HIAB-trukki



Kuva 9: HIAB-trukin nostokapasiteetit

## Nostosilmukat

Skenaariossa 2 tarvitaan kuljetinruuvien rungon laskua varten neljä nostosilmukkaa, kaksi rungon leveämmän puolikkaan molemmille puolille. Silmukat tulee kiinnittää tukevimpaan mahdolliseen rakenteeseen, josta runko on vielä järkevää laskea. Kohteen tilanteessa järkevimät sijainnit nostosilmukoille ovat ruuvikuljettimen yläpuolella olevan säiliön tukirakenteessa. Metallirakenteen läpi porataan ensin reiät ja sen jälkeen pujotetaan tarpeeksi suuren kapasiteetin omaavat nostosilmukat läpi. Silmukat kiinnitetään rakenteeseen prikojen ja mutterien avulla. Koko kuljetinruuvien kokoonpano painaa yhteensä 4500 kiloa, joten esimerkiksi 1,5 tonnia kestävät nostosilmukat ovat riittävän kestäviä. Nostosilmukoiden on hyvä myös kääntyä kuormitettuna kuormituksen suuntaan. Tämä estää vinottaisten voimien kohdistumista niihin nostotöiden aikana.



Kuva 10: Paikat nostosilmukoille

## Haalausvaunut (suunnittelutyö)

Ruuvierukan saamiseksi ulos laitoksesta on kuljetusta varten suunniteltava haalausvaunu. Vaunun on sovelluttava kulkemaan CTMP-laitoksen kapealla käytävällä, kestävänsä ruuvierukan painoa sekä pitämään ruuvierukka tukevasti kyydissä kuljetuksen ajan. Vaunua olisi hyvä pystyä hyödyntämään myös muissa haalauskohteissa. Stora Enson vaatimukset vaunun suunnitelmalle olivat hyvin maltilliset. Yksinkertaisilla piirustuksilla, joista tulee ilmi vaunun rakenne ja tärkeimmät yksityiskohdat, saadaan vaunu nopeasti



rakennettua omilla osaavilla työntekijöillä tai vaihtoehtoisesti teetettyä toisen yrityksen ammattilaisilla.

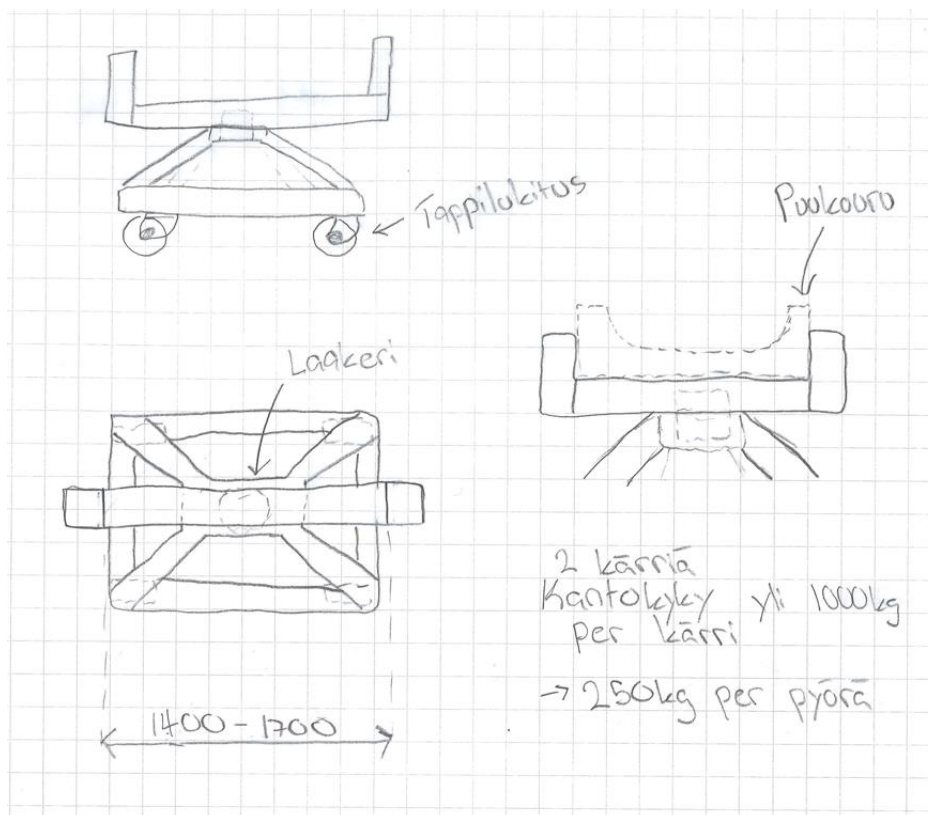
Myös vaunun suunnittelua alettiin katsomaan Ullmanin suunnitteluprosessin näkökulmasta. Vaunulle asetetut vaatimukset olivat selvillä ja niiden pohjalta alettiin luomaan erilaisia vaihtoehtoja. Vaunua pohdittiin mm. koko ruuvikierukan pituisena lavettina, veneen traileria vastaavana sekä kahtena erillisenä vaununa. Vaunun vaatimuksista luotiin samanlainen pistearviointitaulukko, kuin vaihtosuunnitelman skenaarioillekin (taulukko 4). Taulukkoon asetettiin vertailtavaksi neljä parhaalta vaikuttavaa vaihtoehtoa ja huomattiin, että ensimmäinen vaihtoehto oli ehdottomasti parhain. Päädyttiin toteuttamaan haalausvaunu kahtena pienenä ja erillisenä vaununa, jotka kannattelevat ruuvikierukkaa sen molemmista päistä. Pienemmän vaunun rakenteesta saa helposti kierukan painoa kestävänsä sekä sulavasti liikkuvan ahtaissakin paikoissa.

Vaihtoskenaariot	Arvosteluperusteet								Päätös
	A. Kulku kapealla käytävällä	B. Voidaan kääntää	C. Kestää vaadittua kuormaa	D. Kustannukset	E. Ruuvikierukka pysyy tukevasti	F. Nopea valmistaa	G. Sovellettavissa muualla	H. Muuta	
1	+	+	+	+	+	+	+		+
2	-	-	+	+	-	+	-		-
3	+	+	+	-	+	-	+		-
4	+	+	+	+	+	-	-		-

Taulukko 4: Haalausvaunun pistearviointitaulukko

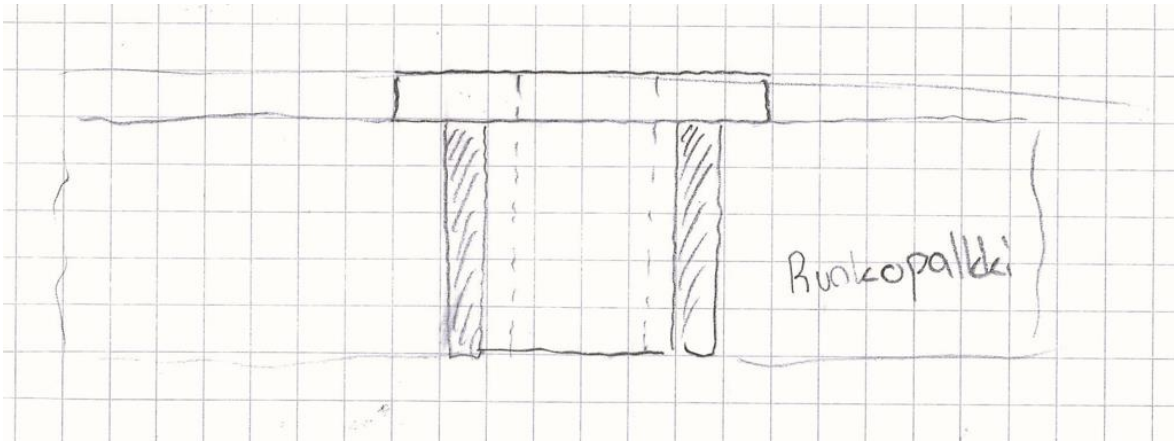
Konseptisuunnitelman tekoa varten vaunuille määriteltiin aluksi kantokapasiteetin tavoitteeksi tuhat kiloa. Nopeasti kuitenkin huomattiin, että vaunusta saisi helposti paljon enemmän kuormaa kestävänsä, joten tavoite kantokapasiteetille jätettiin pois. Vaunun rakenne muodostetaan standardoiduista SHS-putkipalkeista hitsaamalla. Pohjalle muodostetaan suorakulmion muotoinen alusta, johon rullien rungot kiinnitetään. Rullat kiinnitetään runkoihin tappilukituksilla. Pohja-alustan jokaisesta kulmasta nousee palkki keskelle, jossa ne yhdistyvät tukialustaan. Mitä matalamman palkkien noususta tekee, sitä tukevampi vaunusta tulee.

Vaunun päälle haluttiin luoda tukialusta, jonka päällä ruuvi pysyisi, mutta jota voitaisiin hyödyntää muissakin haalustehtävissä. Päädettiin vaihtoehtoon, jossa tukialusta valmistetaan yhdestä vaakapalkista ja kahdesta pystypalkista muodostaen kulmikkaan kourun (kuva 11).



Kuva 11: Haalausvaunusta luotu konsepti

Vaunun kääntämisen helpottamiseksi haluttiin tukialustasta pyörivä, jolloin haalattava kapale kääntyisi vaunujen mukana. Kääntyvyyden mahdollistamiseksi ajateltiin ensiksi tukialustan ja vaakapalkin sisälle upotettavaa akselia, joka laakeroitaisiin molemmista päistä. Todettiin kuitenkin, että vähäisen käytön vuoksi ei vaunu tarvitse laakereita, vaan kääntyvyys voidaan toteuttaa upottamalla esimerkiksi nylon holkin tukialustan sisään (kuva 12). Vaakapalkkiin hitsataan kiinni akseli, joka upotetaan nylon holkin sisälle. Täten vaakapalkki pyörii hyvin tukialustaa vasten, kun väliin vain laitetaan rasvaa kitkan pienentämiseksi.



Kuva 12: Runkopalkkiin upotetun holkin konsepti

Nyt haalausvaunu on nopea ja helppo valmistaa ja se soveltuu useisiin eri haalauskohteisiin pienen kokonsa ja vaakapalkin yksinkertaisen muodon ansiosta. Vaunun suunnitelmasta pystyy helposti myös valmistamaan eri kantokapasiteetilla olevia versioita muokkaamalla palkkien, laakerien, akselin ja rullien kokoa. Ruuvikierukan kuljetusta varten palkin päälle voidaan esimerkiksi laittaa kartonkikoneiden telojen vaihdossa käytettävä puukouru, jonka päällä kierukka makaa tukevammin. Kun ruuvikierukka makaa kahden vaunun päällä, ensimmäistä vaunua voidaan vetää esimerkiksi tavallisen trukin avulla. Kääntyvien poikittaispalkkien ansiosta ensimmäisen vaunun ei myöskään tarvitse mennä suorassa linjassa, vaan sitä pystyy tarvittaessa kääntämään.

### **Nostoliinat ja ketjuviputaljat**

Monessa nostotyössä tarvitaan nostoliinoja. Nostoliinat kierretään nostettavan kohteen ympäri ja kiinnitetään nostosilmukkaan, nostovälineen koukkuun tms. Nostoliinoja on eri pituuksille ja paksuuksille sekä eri nostokapasiteeteilla. Liinat ovat merkitty eri väreillä perustuen niiden nostokapasiteetteihin.

Ketjuviputaljat ovat nostoapuvälineitä, joissa ketjupyörän ympärille on kierretty ketju, jonka molemmissa päissä on koukut. Ketjupyörä on akselilla, joka on varustettu laakereilla ja jarruilla. Jarruja säädetään vivulla, jolla ketjua myös vedetään takaisin raskaan kuormituksen alaisena. Ketjuviputalja mahdollistaa raskaan kuorman turvallisen nostamisen sekä hallitun laskemisen. Sillä voidaan myös roikuttaa kuormaa ilmassa jarrujen avulla.

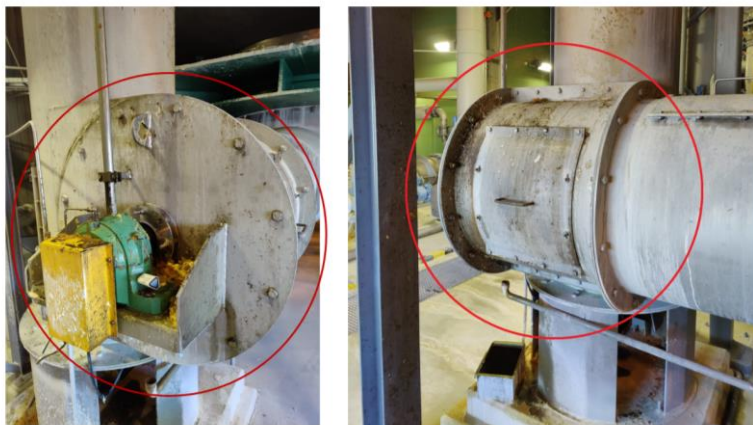
Kun ruuvikuljettimen runkoa lasketaan neljästä nostosilmukasta, on järkevää käyttää kahta kolmen tonnin nostoliinaa, jotka yltävät kiertämään rungon alapuolelta sen sivuille, mistä ne yhdistetään ketjuviputaljoilla nostosilmukkoihin. Kun jokaisessa nostosilmukassa on yksi 1,5 tonnin ketjuviputalja, pystytään ruuvikuljettimen runkoa laskemaan tasaisesti joka nurkasta ilman nostokapasiteettien ylittymisvaaraa.

## 6.6 Vaihtosuunnitelman toteutus

Vaihto-ohjeen toteutusta varten otettiin ruuvikuljettimen ympäristöstä mahdollisimman laajasti kuvia kuvaamaan jokaista työn vaihetta. Itse vaihtotyötä ei tulla suorittamaan, joten vaihto-ohjeen kuviin on piirrettävä merkkejä ja suuntaviivoja, jotka auttavat mahdollisimman selkeästi hahmottamaan työn etenemistä. Kuvat liitetään yhteen Powerpoint -tiedostoon. Jokaisen kuvan kohdalle kirjoitetaan ytimekäs kuvaus työvaiheesta sekä mahdollisia huomioita siihen liittyen. Vaihto-ohje hyväksytetään Stora Ensolla käymällä se asentajien ja insinöörien kanssa vaihe vaiheelta läpi itse työkohteessa. Mikäli vaihto-ohje vaikuttaa kaikkien mielestä mahdolliselta ja järkevältä toteuttaa, voidaan se todeta valmiiksi. Valmis vaihto-ohje tallennetaan Stora Enson sähköiseen kunnossapitojärjestelmään ruuvikuljettimen toimintapaikan alle, josta se voidaan tarvittaessa helposti löytää.

### 2.4. Irrota vapaasta päädyistä pystyruuvissa kiinni olevat pultit

- Ruuvikuljetin on kiinnitetty pystyruuvin runkoon osalla pääty- sekä kaaritevyn pulteista



Kuva 13: Esimerkki yhdestä vaihto-ohjeen vaiheesta

## 7 Yhteenveto ja pohdinta

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda vaihtosuunnitelma CTMP-laitoksella sijaitsevalle valkaisutornin purkuruuvikuljettimen ruuvikierukalle. Vaihtotyön sivutuotteena tilaajalle suunniteltiin haalausvaunut, jolla ruuvikierukkaa voidaan kuljettaa laitoksen sisällä. Vaihtosuunnitelman on tarkoitus helpottaa mahdollisen ruuvikierukan häiriötilanteen aiheuttamaa vaihtotyötä ja täten vähentää tuotannon seisonta-aikaa.

Vaihtosuunnitelman työvaiheet muuttuivat opinnäytetyön alkuvaiheilla useaan kertaan, joka vaikeutti teoriaosuuden aiheiden rajaamista ja kiristi jo entisestään kiireistä aikataulua. Teoriaosuuden pääaiheiden lopullinen rajaaminen sujuvoitti opinnäytetyön kulkua ja antoi enemmän aikaa itse vaihtosuunnitelman teolle. Mitä useammin mahdollisia vaihtoehtoja vaihtosuunnitelmalle käytiin läpi kokeneiden asentajien ja insinöörien kanssa, sitä enemmän aiheesta oppi ja vaihtotyön mahdollinen kulku selkeytyi.

Opinnäytetyössä onnistuttiin luomaan 2 erilaista skenaariota sisältävä vaihto-ohje ruuvikierukalle sekä konseptitason suunnitelma haalausvaunulle, jonka Stora Enson opinnäytetyöstä vastaavat henkilöt hyväksyivät. Vaihto-ohjetta ja haalausvaunujen suunnitelmaa hyödyntämällä voidaan ruuvikierukkaan kohdistuvan häiriötilanteen sattuessa säästää suuria määriä vaihtotyöhön kohdistuvaa pohtimis- sekä valmisteluaikaa ja täten saada tuotanto takaisin käyntiin huomattavasti nopeammin.

Kunnossapitotöitä tehdessä voi tapahtua mitä vain johtuen inhimillisistä riskeistä tai hajoneiden osien hallitsemattomasta käyttäytymisestä. Siksi riskejä ja vaaroja on arvioitava aina ennen työn aloitusta sekä jatkuvasti työtä tehdessä. Täten valmiiksi suunniteltua vaihto-ohjettakaan ei ole järkevää lähteä täysin sokkona seuraamaan. Ennen vaihtotyön aloitusta olisi siis hyvä arvioida mahdollisia riskejä molempien vaihtoskenaarioiden välillä. Voiko toisessa skenaariossa esiintyä enemmän ennakoimattomia haasteita kuin toisessa? Kumpi skenaario tuntuu järkevämältä toteuttaa työturvallisuuden näkökulmasta ja kumpi teknisestä näkökulmasta? Näitä kohtia arvioimalla voidaan työn onnistumisprosenttia kasvattaa vielä entisestään.

## Lähteet

- Ansaharju, T. 2009. Koneenasennus ja kunnossapito. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit.
- Asp, R., Tuominen, T. & Hyppönen, H. Kunnossapito, menestystekijä. Viitattu 29.4.2024. Saatavissa: <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/tekijat.html>
- Car Stahl GmbH. 2024. Gantry Cranes. Yrityssivut. Viitattu 15.5.2024. Saatavissa: <https://www.carlstahl.com/fi/en/shop/catalog/crane-technology/gantry-cranes>
- CSS. 2024. Introduction to Conveyor and Sortation Systems. Verkkojulkaisu. Viitattu 11.5.2024. Saatavissa: [https://media.videos.mhi.org/wp-content/uploads/2024/02/05135325/Introduction\\_to\\_conveyors\\_and\\_sortation\\_systems\\_w eb\\_pdf.pdf](https://media.videos.mhi.org/wp-content/uploads/2024/02/05135325/Introduction_to_conveyors_and_sortation_systems_w eb_pdf.pdf)
- Forsberg, K., Mooz, H. & Cotterman, H. 2003. Projektihallinta: malli kaupalliseen ja tekniseen menestykseen. Helsinki: Edita, IT Press.
- Jokinen, T. 1999. Tuotekehitys. Espoo: Otatieto.
- Jänsch, J., & Birkhofer, H. V. 2006. The development of the guideline VDI 2221 – the change of direction. 9th International Design Conference DESIGN 2006 15-18.5.2006, s.45–52.
- Järviö, J. 2004. Kunnossapito. Rajamäki: KP-Media.
- Kelly, A. 2006. Strategic maintenance planning. Oxford: Elsevier/Butterworth-Heinemann.
- Koivisto, K. 2018. Kuljetintekniikka. Helsinki: BoD – Books on Demand
- Pahl, G., & Beitz, W. 1990. Koneensuunnitteluoppi. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus.
- Pohjonen, R. 2002. Tietojärjestelmien kehittäminen. Jyväskylä: Docendo.
- PSK 6201. 2022. Kunnossapito, käsitteet ja määritelmät. Helsinki: PSK Standardointi
- SEVENCRAVE. 2024. Aluminum Portable Gantry Crane. Yrityssivut. Viitattu 15.5.2024. Saatavissa: <https://m.sevenindustry.com/portable-gantry-crane/aluminum-gantry-crane/aluminum-portable-gantry-crane-a.html>
- SFS-EN 13306:2017. Kunnossapito, kunnossapidon terminologia. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.
- SFS-EN 4200. 1978. Kuljettimet, luokittelu ja sanasto. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 618 + A1. 2002. Kuljetinlaitteet ja -järjestelmät. Turvallisuusvaatimukset ja sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat vaatimukset. Massatavarakuljettimet ja -laitteistot kiinteitä hihnakuljettimia lukuun ottamatta. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

Siirtoruuvi Oy. 2024. Ruuvikuljettimet. Viitattu 11.5.2024. Saatavissa:

<https://www.siirtoruuvi.com/web/fi/tuotteet/#ruuvikuljettimet>

Skanska Suomi. 2020. Nostotyöt-standardi. Viitattu 19.5.2024. Saatavissa:

<https://www.skanska.fi/4abd96/siteassets/tietoa-skanskasta/yhteistyokumppaneille/nostotyot.pdf>

Stora Enso Oyj. 2024a. Imatran tehtaat. Viitattu 14.5.2024. Saatavissa:

<https://www.storaenso.com/fi-fi/about-stora-enso/stora-enso-locations/imatra-mill>

Stora Enso Oyj. 2024b. Kunnossapitostrategia. Powerpoint-esitys. Viitattu 18.5.2024.

Tilastokeskus. 2014. Suomen virallinen tilasto (SVT): Palkansaajien työpaikkatapaturmat.

Verkkojulkaisu. Helsinki: Tilastokeskus. Viitattu 30.4.2024. Saatavissa:

[https://stat.fi/til/ttap/2014/ttap\\_2014\\_2016-11-30\\_kat\\_001\\_fi.html](https://stat.fi/til/ttap/2014/ttap_2014_2016-11-30_kat_001_fi.html)

Työterveyslaitos. 2024. Työturvallisuus on yhteinen juttu. Viitattu 30.4.2024. Saatavissa:

<https://www.ttl.fi/teemat/tyoturvallisuus/tyosuojelun-yhteistoiminta/tyoturvallisuus-on-yhteinen-juttu>

Työturvallisuuskeskus. 2019. Työturvallisuus ja työnsuojelu. E-kirja. Helsinki: Pekan Offset Oy. Kaakkuri.

Työturvallisuuspankki. 2024. Nostot. Verkkodokumentti. Viitattu 19.5.2024. Saatavissa:

<https://xn--tyturvallisuuspakki-r6b.fi/nostot/>

Ullman, D. 1992. The Mechanical Design Process. New York: McGraw-Hill.

Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 403/2008

Vilhu, V. 2022. Laadukkaan kunnossapitodata merkitys kunnossapito-organisaation päivittäisjohtamisessa. Pinja-blogi. 6.9.2022. Viitattu 29.4.2024. Saatavissa:

<https://blog.pinja.com/fi/laadukkaan-kunnossapitodatan-merkitys-kunnossapito-organisaation-paivittaisjohtamisessa>

Weshare. 2024. Stora Enso Oyj. Intranet. Viitattu 17.5.2024. Saatavissa rajoitetusti:

<https://storaenso.sharepoint.com/sites/Weshare-imatramills>

Yermolaev, M. 2017. Screw conveyor. 3D-malli. 22.9.2017. Viitattu 5.5.2024. Saatavissa:  
<https://grabcad.com/library/screw-conveyor-39>