

## Kuljetinjärjestelmän esisuunnittelu ja kustannusarvio

Jari Moisanen

Tekniikan koulutusalan opinnäytetyö  
Konetekniikka  
Insinööri (AMK)

KEMI 2013

## ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Omya Oy:n tilauksesta Insinööritoimisto Suomen Unitilla. Haluan kiittää työpaikkaani Insinööritoimisto Suomen Unitia ja Omya Oy:a mielenkiintoisen aiheen antamisesta tätä opinnäytetyötä varten.

Lisäksi haluan kiittää Omyan Leena Jokista ja Unitin Olli Ahosta työn eteenpäin viemisessä sekä ohjaaja Lauri Kantolaa kannustavista kommentteista.

Erityiskiitokset perheelleni ja avovaimolleni kärsivällisyydestä ja potkimisesta minua eteenpäin opiskelujeni loppuunsaattamiseksi.

## TIIVISTELMÄ

## KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU, Tekniikka

Koulutusohjelma:	Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Opinnäytetyön tekijä:	Jari Moisanen
Opinnäytetyön nimi:	Kuljetinjärjestelmän esisuunnittelu ja kustannusarvio
Sivuja (joista liitesivuja):	32
Päiväys:	13.5.2013
Opinnäytetyön ohjaajat:	TkL Lauri Kantola ins. Olli Ahonen
<p>Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Omya Oy, jolle Insinööritoimisto Suomen Unit Oy tekee työn suunnittelutyönä. Työn tarkoituksena oli laatia Omyalle kuljetinjärjestelmän esisuunnittelu ja kustannusarviot eri kuljetintyypeistä korvaamaan heidän nykyinen kalkinkuljetusjärjestelmänsä satamasta PCC-laitokselle.</p> <p>Omyalla kalkinkuljetus satamasta PCC-laitokselle noin 200 metrin matkan tapahtuu nykyään autokuljetuksena. Päivittäin kalkkia kuljetetaan useita kuorma-autollisia. Tästä aiheutuvat kiinteät ja kohtuullisen suuret vuosittaiset kuljetuskustannukset kuljetusyrityksen kanssa tehdyn sopimuksen mukaisesti. Tässä opinnäytetyössä tehdyn esiselvityksen ja kustannusarvion avulla pystytään vertailemaan erilaisten kuljettimien kannattavuutta ja investoinnin suuruutta nykyiseen kuljetusjärjestelmään. Vertailussa otetaan huomioon myös investoinnin jälkeiset huolto- ja käyttökustannukset sekä elinkaariarviointi.</p> <p>Työ toteutettiin tutkimalla eri kuljetinvaihtoehtoja ja valitsemalla muutamia eri kuljetintoimittajia. Heille esitettiin tiedot alueesta ja kuljettimen paikasta sekä annettiin lähtötiedot kuljetettavasta aineesta ja kapasiteetista. Layout-piirustuksissa käytettiin AutoCad-suunnitteluohjelmaa.</p> <p>Työn avulla saatiin Omya Oy:lle tarjoukset eri kuljetintoimittajilta sekä selkeä käsitys eri kuljettimien soveltuvuudesta kyseiseen tehtävään. Asiakkaalle tuotettiin materiaali, jonka avulla voidaan verrata kannattavuutta nykyiseen kuljetusjärjestelmään. Materiaalin perusteella asiakas voi arvioida kuljettimen takaisinmaksuaikaa ja käytöstä syntyviä kustannuksia.</p>	
Asiasanat: kuljetin, investointi, kustannusarviot.	

## ABSTRACT

KEMI-TORNIO UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Technology

Degree programme:	Mechanical and Production Engineering
Author(s):	Jari Moisanen
Thesis title:	Preliminary Design and Cost Estimate of Conveyor System
Pages (of which appendixes):	32
Date:	13 May 2013
Thesis instructor(s):	Lauri Kantola, LicSc Olli Ahonen, Engineer
<p>This final project was commissioned by Omya that Engineering office Suomen Unit does the designing work. The aim was to make the preliminary design and cost estimates of conveyor system for the various types of conveyors to replace Omya's current lime transport from the port to the PCC plant.</p> <p>Nowadays 200 meters lime transport is handled by trucks at Omya. Every day many truckloads of lime are transported from port to the PCC plant. That causes solid and reasonably high costs every year. In this final project, the preliminary report and cost estimate compared to the profitability of different kinds of conveyors and the investment amount to the existing transportation system. The comparison takes into account of the maintenance and operating costs after the investment, and life cycle evaluation.</p> <p>The project was made by examining and choosing different conveyor options and a few different suppliers of conveyors. They were briefed by layout of area where the conveyor system will be placed and they were given basis of the material being conveyed and the capacity. The layout drawings were made with AutoCad.</p> <p>The project gave Omya quotations from customers and clear assessment of the different conveyors' compatibility for this purpose. The customer was given the material with they can compare the profitability of the new lime transport system to the current lime transport system. Omya can estimate the payback time of the investment and they get estimate of the operating costs.</p>	
Keywords: conveyor, investment, cost estimate.	

## SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ .....	3
ABSTRACT .....	4
SISÄLLYS .....	5
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET .....	6
1 JOHDANTO .....	7
2 OMYA OY .....	8
3 INSINÖÖRITOIMISTO SUOMEN UNIT OY .....	10
4 ESISELVITYKSEN LÄHTÖKOHDAT .....	11
4.1 Nykyinen tilanne .....	11
4.2 Vaihtoehtoiset menetelmät .....	12
5 MATERIAALIN SIIRTO TEOLLISUUDESSA .....	14
6 KULJETINTYYPI .....	15
6.1 Hihnakuuljetin .....	15
6.2 Putkihihnaakuuljetin .....	15
6.3 Putkikolakuuljetin .....	18
6.4 Pneumaattinen kuuljetin .....	19
6.5 Ruuvikuuljetin .....	20
7 KULJETTIMEN MÄÄRITTÄMINEN JA TEKNISET VAATIMUKSET .....	22
8 KULJETUSREITIN SUUNNITTELU .....	24
9 TARJOUSPYYNTÖJEN JA TARJOUSTEN KÄSITTELY .....	26
9.1 Tarjouspyynnöt .....	26
9.2 Tarjoukset .....	27
10 LOPPUARVIO JA VERTAILU .....	28
10.1 Kuuljettimien vertailu .....	28
10.2 Loppuyhteenvedo .....	30
11 POHDINTA .....	31
LÄHTEET .....	32

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

PCC	Precipitated Calcium Carbonate
CaCO <sub>3</sub>	Kalsiumkarbonaatti
CaO	Poltettu kalkki
CO <sub>2</sub>	Hiilidioksidi

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä esisuunnittelu ja kustannusarvio uudesta kuljetinjärjestelmästä Omya Oy:lle Kemin Veitsiluotoon Stora Enson tehdasalueelle. Työssä käsitellään erilaisia kuljetinvaihtoehtoja poltetun kalkin kuljettamiseen Veitsiluodon satamasta noin 200 metrin matkan Omyan PCC-laitokselle. Kuljetinjärjestelmä korvaisi nykyään käytössä olevan ja vuositasolla kalliin autokuljetuksen. Työssä vertaillaan investoinnin kustannuksia nykyiseen järjestelmään ja tutkitaan, kuinka nopeasti investointi maksaisi itsensä takaisin.

Työssä tehdään kustannus- ja tekninen vertailu kuljetinjärjestelmille. Vertailussa on otettu huomioon kuljetinten lisäksi myös rakennustekniset työt. Eri kuljetinvaihtoehtoja lähdetään tutkimaan ottamalla yhteyttä kuljetintoimittajiin ja tekemällä heille tarjouspyynnöt. Tarjousten ja kuljetintoimittajien kanssa käytyjen keskustelujen ja heiltä saatujen materiaalien perusteella saadaan selkeä kuva eri kuljettimien soveltuvuudesta tähän tarkoitukseen.

Työssä vertailtavat kuljetintyyppit ovat tavallinen hihnakuljetin, putkihihnakuljetin, putkikolakuljetin sekä pneumaattinen kuljetin. Lisäksi järjestelmään tarvitaan mahdollisesti ruuvikuljetin. Jokainen edellä mainittu kuljetin sopisi varmasti tähän tarkoitukseen ja jokaisella kuljettimella on hyvät ja huonot puolensa. Työn tarkoituksena on selvittää mikä on käytännössä paras vaihtoehto eikä tuijottaa pelkkää hintalappua.

Omat haasteensa kuljettimelle asettaa tehdas- ja satama-alue sekä sataman ja PCC-laitoksen välissä kulkeva junarata. Satamassa olevat varastosiilot estävät kuljettimen viemistä suoralla linjalla purkukohdasta kohti PCC-laitosta. Nämä rajoitukset on otettu huomioon sijoitusta ja tyyppiä mietittäessä.

Työ rajattiin koskemaan esiselvitystä eri kuljetinvaihtoehtoista ja kustannusarvion tekemistä. Työssä otetaan huomioon myös investoinnin käyttö- ja kunnossapitokustannukset. Työssä ei perehdytä kuljettimien, teräsrakenteiden tai minkään muun yksityiskohdan mitoittamiseen, suunnitteluun tai piirustusten tekemiseen. Työssä pyydetään kuljetintoimittajilta tarjoukset kuljettimista asennettuna.

## 2 OMYA OY

Omya Oy on maailmanlaajuinen yhtiö, joka tuottaa mineraaleja, täyteaineita ja pigmenttejä teollisuuteen. Päämarkkinakohteina yhtiöllä ovat paperi- ja muoviteollisuus sekä pinnoitteisiin ja liimoihin liittyvä teollisuus.

Omyan juuret ovat lähtöisin vuodelta 1884, jolloin Gottfried Pluss-Staufer perusti Oftingenissa Sveitsissä yhtiön, joka valmisti ”lasimestarin kittiä” pellavaöljystä ja kalkista. Vuonna 1891 Pluss-Straufer päätti rakentaa tehtaan, joka tuotti jauhettua kalkkia ja jonne hän sai kalkin tuotua hankkimastaan louhoksesta Ranskasta. Tehdas valmistui kolme vuotta myöhemmin ja siitä hänen liiketoimensa laajenivat nopeasti. Kitin myynti kasvoi merkittävästi, kuten myös kalkin. Tämän johdosta Pluss-Straufer hankki toisen kalkkilouhoksen vuonna 1894 ja rakensi kalkkitehtaan vuonna 1900 Omeyhin. Vuosisadan vaihteessa Pluss-Straufer loi Omya-tuotemerkin. Korkealaatuiset tuotteet ja erinomaiset asiakassuhteet vakiinnuttivat nopeasti Omyan arvostettuna brändinä Sveitsin rajojen ulkopuolella. Siitä lähtien Omya on laajentunut ja levinnyt ympäri maailmaa. (Omya www-sivut, hakupäivä 23.2.2013)

Kemin Veitsiluodossa oleva Omyan PCC-laitos on käynnistetty vuonna 1994. Kuvassa 1 näkyy Stora Enson tehdasalue ja sinne on merkitty Omyan sijainti. Laitos tuottaa saostettua kalsiumkarbonaattia ( $\text{CaCO}_3$ ). Raaka-aineena laitoksella on poltettu kalkki ( $\text{CaO}$ ) ja savukaasu (20% hiilidioksidia  $\text{CO}_2$ ). Poltettu kalkki ”sammutetaan” PCC-laitoksella sekoittamalla se veteen. Kalkkiliete ja savukaasut meesauuneilta johdetaan sitten reaktoreille. Poltettu kalkki tuodaan laivoilla satamaan ja kuljetetaan noin 200 metrin päästä rannalla sijaitsevista kalkkisiiloista kuorma-autoilla laitokselle.





Kuva 1. Veitsiluodon tehtaat (Kemin www-sivut, hakupäivä 10.5.2013)

### 3 INSINÖÖRITOIMISTO SUOMEN UNIT OY

Insinööritoimisto Suomen-Unit on jo vuosia palvellut asiakkaitaan suunnittelu-, konsultointi- ja asennusvalvontatehtävissä. Tarkemmin suunnittelualat yrityksessä jakaantuvat putkisto-, kone- ja laite-, sähkö- ja rakenne-/rakennussuunnitteluun. Suomen-Unit on toiminut lukuisissa vaativissa projekteissa ja kunnossapitohankkeissa niin suurissa teollisuuslaitoksissa kuin PK-teollisuudessakin. Resursseja tuttavallisemmin kutsutulla Unitilla on tänä päivänä noin kahdenkymmenen taitavan osaajan vahva joukko.

Suunnittelutyössä Unit käyttää nykyaikaisia CAD-ohjelmistoja. Eniten käytettyjä ohjelmia ovat Autodeskin AutoCad, Cad Mill sekä Inventor 3D. Osaamista löytyy myös MicroStationiin ja Autodesk Plant –putkistosuunnitteluohjelmaan. Ohjelmistot päivittyvät vuosittain, joten aina on käytössä uusimmat ja parannellut versiot. 3D-suunnittelu mahdollistaa selkeän ja havainnollisen suunnittelun. Laadittuja suunnitelmia ja toteutettuja projekteja voidaan tarkastella useissa kohteissa mitä monimuotoisimpina laitoksina ja laitteina.

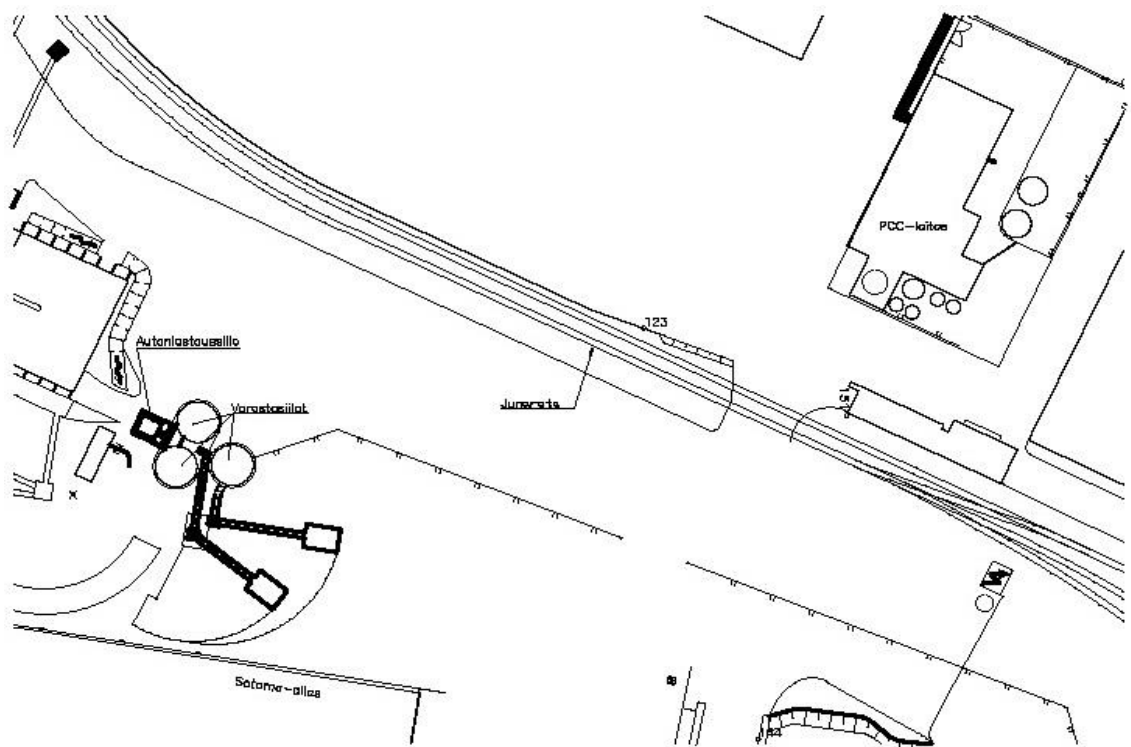
Suunnittelu-, konsultointi- ja asennusvalvontatehtävien lisäksi Unit on erikoistunut tarjoamaan ja tekemään asiakkailleen näiden esisuunnittelut sekä kustannusarviot. Erikoisalueena ovat pienet ja keskisuuret hankkeet, joista suurimmat kohteet ovat olleet yli 6000 tuntia. Alihankintaa hyväksikäyttäen on mahdollisuudet tehdä suunnittelua myös suurempiin kokonaisuuksiin. Pääosa yrityksen toiminnasta on keskittynyt Meri-Lapin alueelle, mutta yritys hoitaa myös muita kotimaisia ja ulkomaisia kohteita tarpeen mukaan. Yrityksen tavoitteena on auttaa asiakkaitaan hahmottamaan ja hallitsemaan investoinnin tekninen ja toteutuksellinen malli ja laatia siitä riittävä dokumentaatio. Ensivaiheessa selvitetään asiakkaan toiveet ja tavoitteet ja työstetään projektin pääkohdat. Sen jälkeen voidaan esittää valmiita kokonaistaloudellisia ratkaisuja hankintoja, valmistusta, käyttöä sekä kunnossapitoa ajatellen. Hyvä tekninen toteutus ja työturvallisuuden huomioon ottaminen kuuluvat yrityksen peruslähtökohtiin.

Nykyisin yritys toimii sanomalehti Pohjolan Sanomien toimistotalon kolmannessa kerroksessa. Työtilojen pinta-ala on n. 330 neliometriä ja tilat ovat avokonttorityyppiset, jossa jokaisella työntekijällä on oma "loossi".

## 4 ESISELVITYKSEN LÄHTÖKOHDAT

### 4.1 Nykyinen tilanne

Omyan tehdas sijaitsee Veitsiluodossa Stora Enson tehtaalla. Koko tehdasalue on veden äärellä ja Omyan tehtaalta on vain kymmenien metrien matka rantaan. Omyalla on aivan rannassa kolme kalkkisiiloa ja yksi autonlastausiilo, joihin laivat tuovat materiaalia. Laivat puretaan satamassa oleviin siiloihin lyhyillä hinnakuljettimilla ja elevaattorin avulla. Siiloilta Omyan tehtaalle on matkaa n. 200 metriä. Kuvassa 2 on esitetty layout alueesta.

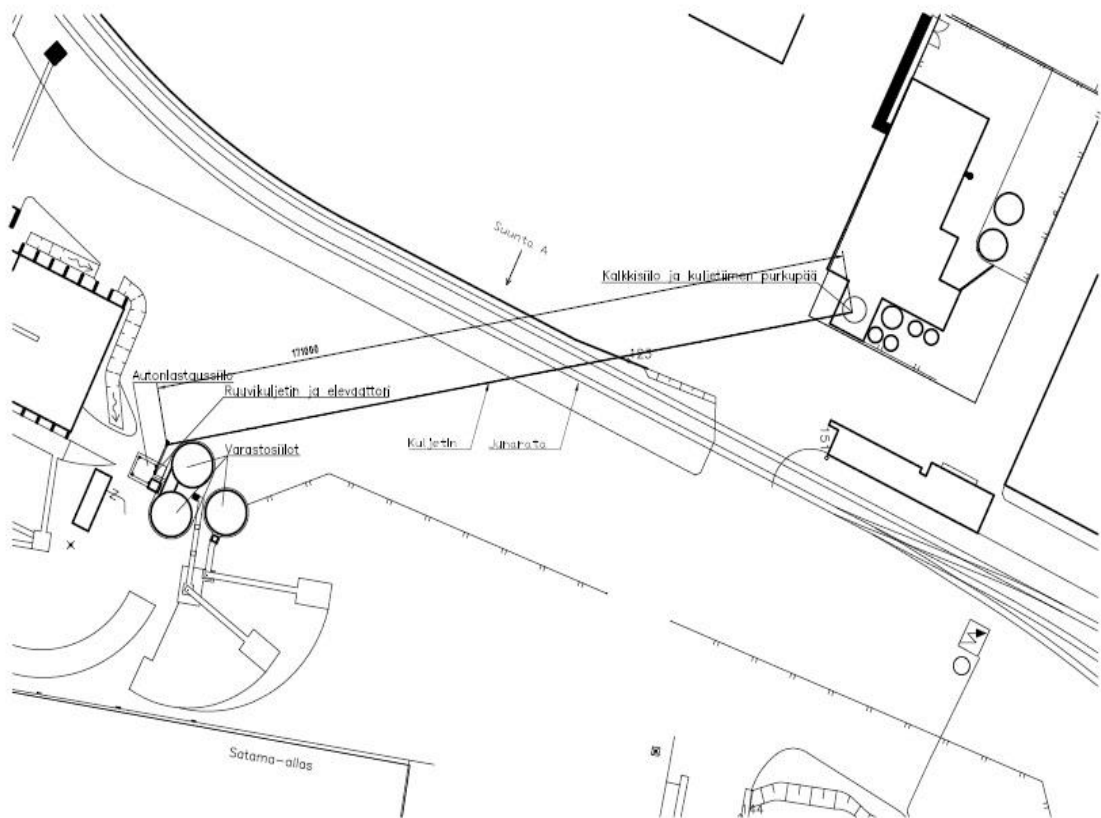


Kuva 2. Tehdaslayout

Tällä hetkellä kalkki kuljetetaan PCC-laitokselle kuorma-autoilla. Autot pitävät laitoksen säiliön pinnan tason 50-100%:ssa ja tästä määräytyy ajokertojen määrä. Vuotuiset autokuljetuskustannukset muodostavat huomattavan kuluerän ja nykyinen sopimus kuljetusyrityksen kanssa loppumassa kevään 2013 aikana. Omya on katsonut parhaaksi kartoittaa mahdollisia uusia menetelmiä kalkin siirtoon satamasta PCC-laitokselle ja prosessiin.

## 4.2 Vaihtoehtoiset menetelmät

Autokuljetuksen korvaajaksi on tutkittu erilaisten kuljetusjärjestelmien sopivuutta. Kuljetinjärjestelmä on suunniteltu sijoitettavaksi kuvan 3 mukaisesti. Lähtökohdaksi on otettu kalkin pudottaminen ruuvikuljettimelle nykyisen autonlastaussuppilon elevaattorin pudotusputkeen tehtävällä jakopellillä ja pudotusputkella. Kalkki joudutaan kuljettamaan ruuvilla 8 metrin matkan, jotta päästään ohittamaan satamassa olevat siilot. Ruuvilta saadaan materiaali suoralle pitkälle kuljettimelle. Tämän kuljettimen c-c -pituus on 171 metriä. Toinen mahdollisuus kalkin ohjaamiselle uuteen kuljetinjärjestelmään, on ottaa lähtö autonlastaussiilon toisesta yhteestä. Tällöin säiliössä oleva toinen yhde jäisi varalta auton lastausta varten. Pitkän kuljettimen purkupäähän on tarkoitus tehdä jakosuppilo, joka ohjaa kalkin joko suoraan prosessiin tai varastosäiliöön.



Kuva 3. Uuden kuljetinjärjestelmän sijoitus

Esiselvityksen vertailuun on otettu mukaan muutamia eri kuljetintyyppisiä. Mukana vertailussa ovat tavallinen hihnakuuljetin, putkihihnakuuljetin, mielenkiintoinen uusi tuttavuus putkikolakuljetin sekä pneumaattinen kuljetin. Jokaisella kuljettimella on

omat hyvät ja huonot puolensa ja niihin tässä selvityksessä keskitytään. Loppujen lopuksi sopivimman kuljettimen ratkaisee ei pelkästään investointihinta vaan myös käyttö- ja huoltokustannukset.

## 5 MATERIAALIN SIIRTO TEOLLISUUDESSA

Niin teollisuudessa kuin arkielämässäkin pitää saada siirrettyä asioita paikasta A paikkaan B. Tähän tarkoitukseen ihminen on käyttänyt mielikuvitustaan keksimällä mitä erilaisempia tapoja ja laitteita. Otetaan esimerkki vaikka ihan arkisesta tapahtumasta, kun syksyllä haravoidaan lehdet maasta, ne siirretään kottikärryillä lähemmäksi kompostia. Kottikärryt on keksitty helpottamaan ihmistä lehtien siirrossa.

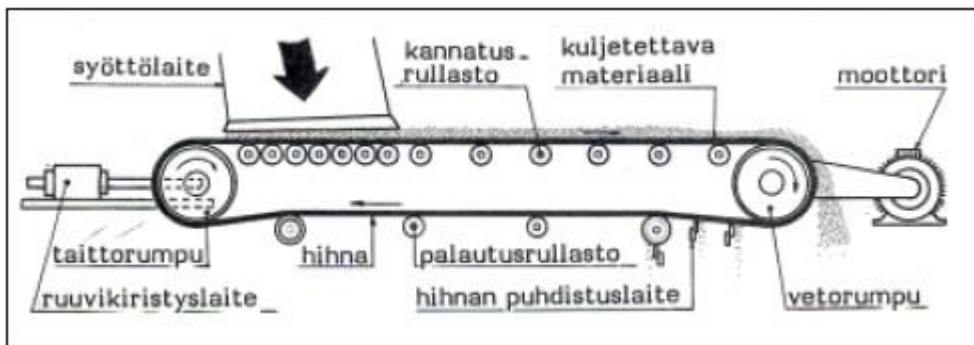
Teollisuudessa käytetään vastaavalla tavalla apuvälineitä helpottamaan ihmisen työtä. Käytössä on paljon välttämättömiä apuvälineitä, joita ilman asioiden siirto olisi mahdotonta. On olemassa esim. ajoneuvoja, lentokoneita ja laivoja kuljettamassa tavaraa paikasta toiseen ja tällä tavalla voidaan kuljettaa pitkiäkin matkoja. Lyhyemmille matkoille on kehitelty erilaisia kuljetinjärjestelmiä. On hissejä, elevaattoreita, monia muita kuljetinratkaisuja, kuten kolakuljetin, hihnakuljetin, rullakuljetin, ketjukuljetin, rullaketjukuljetin, lamellikuljetin, pallettikuljetin, kattokuljetin, ruuvikuljetin, tärykuljetin, askelpalkkikuljetin, putkihihnakuljetin, putkikolakuljetin sekä paineilmalla toimiva pneumaattinen kuljetin.

Kuljetin on materiaalin siirtoon tarkoitettu laite. Kuljettimiksi määritellään yleensä joko vaakatasossa tai jossain kaltevuuskulmassa olevaa siirtolaitetta. Pystysuoraan kuljettavat laitteet määritellään yleensä hisseiksi.

## 6 KULJETINTYYYPIT

### 6.1 Hihnakuljetin

Hihnakuljetin on yleisimmin käytetty kuljetintyyppi teollisuuden materiaalin siirrossä. Se soveltuu sekä massa- että kappale tavarän kuljettämiseen. Hihnakuljettimella saadaan kuljetettava materiaali lastattua ja purettua kuljettimen toimiessa eikä sitä tarvitse tämän takia pysäyttää. Kuvassa 4 on esitetty kuljettimen rakenne ja pääkomponentit.



Kuva 4. (Parikka, Mäkelä, Sarsama & Virolainen 2000, 10.)

Hihnakuljetin koostuu seuraavista pääosista: hihna, kannatus- ja paluurullastot, veto- ja taittorummut, syöttösuppilo, kiristyslaitteisto, puhdistuslaitteet sekä käyttökoneisto.

### 6.2 Putkihihnakuljetin

Putkihihnakuljetinjärjestelmä on hyvä ratkaisu suljetuksi kuljetinjärjestelmäksi. Se on erinomainen vaihtoehto materiaalin kuljetukseen pitkillä matkoilla ja suurella kapasiteetilla. Suljetussa kuljetinjärjestelmässä kuljetettava materiaali on täysin suojassa ympäristön olosuhteilta, kuten sateelta, tuulelta ja lämpötilalta. Materiaali ei myöskään pääse pölyämään eikä sen joukkoon pääse epäpuhtauksia. Suljetussa kuljettimessa on merkittäviä etuja verrattuna tavalliseen hihnakuljettimeen. Kuten kuvassa 5 näkyy, kuljetin mahdollistaa pysty- ja vaakasuuntaiset kaarteet, jolloin kuljetin helpompi sijoittaa jo olemassa olevien laitosten välille ja haastaviinkin maastoihin. Kuljetin on myös kapea, jolloin sen tilantarve on pieni. Pienempi risteysasemien määrä vähentää asennus- ja käyttökustannuksia ja sen ansiota materiaali ei vaurioidu. Kontakti kuljetettavan materiaalin ja kuljetinhihnan välillä on putkihihnassa suurempi kuin tavallisessa hihnakuljettimessa, tämä seikka mahdollistaa suuremmat kaltevuuskulmat kuljettimelle.

Puhdas ja vuodoton materiaalinkuljetus suojelee luontoa ja pitää ylläpitokustannukset alhaisella tasolla.



Kuva 5. Putkihihnakuuljetin (Metso Minerals, 2004, 3.)

Putkihihnakuuljettimen perusta tulee tavallisesta hihnakuuljettimesta. Kuuljettimen peruskomponentit ovat samantyyppiset kuin tavallisessa hihnakuuljettimessä, mutta kuuljettimen konstruktio on erilainen (kuva 6). Lastauspaikka on samantapainen kuten hihnakuuljettimessä, mutta kuuljettimen lastauspaikan jälkeen kuuljetinrullat kääntävät hihnan pyöreäksi putkeksi ja hihnan reunat menevät limittäin toisiinsa nähden. Kuvassa 7 näkyy, kuinka hihna taivutetaan lastauspaikan jälkeen. Ohjausrullia voi olla joko kolme, jotka muodostavat toisiinsa nähden kolmion tai kuusi jotka muodostavat kuusikulmion. Hihna muodostaa täysin umpinaisen putken, jolloin materiaali kulkee kokonaan suljetulla hihnalla. Kuuljettimen loppupäässä lähellä purkupaikkaa hihna aukeaa ja kulkee normaaleilla hihnakuuljettimen rullastoilla. Taittopään taittorummun yli hihna menee tasomaisena, jonka jälkeen paluuhihna myös taivutetaan rullalle. Rullalle taivutettu paluuhihna estää myös rippeen putoamisen ympäristöön. Vetopäässä paluuhihna taas suoristuu vetorummun yli takaisin lastauspaikalle.



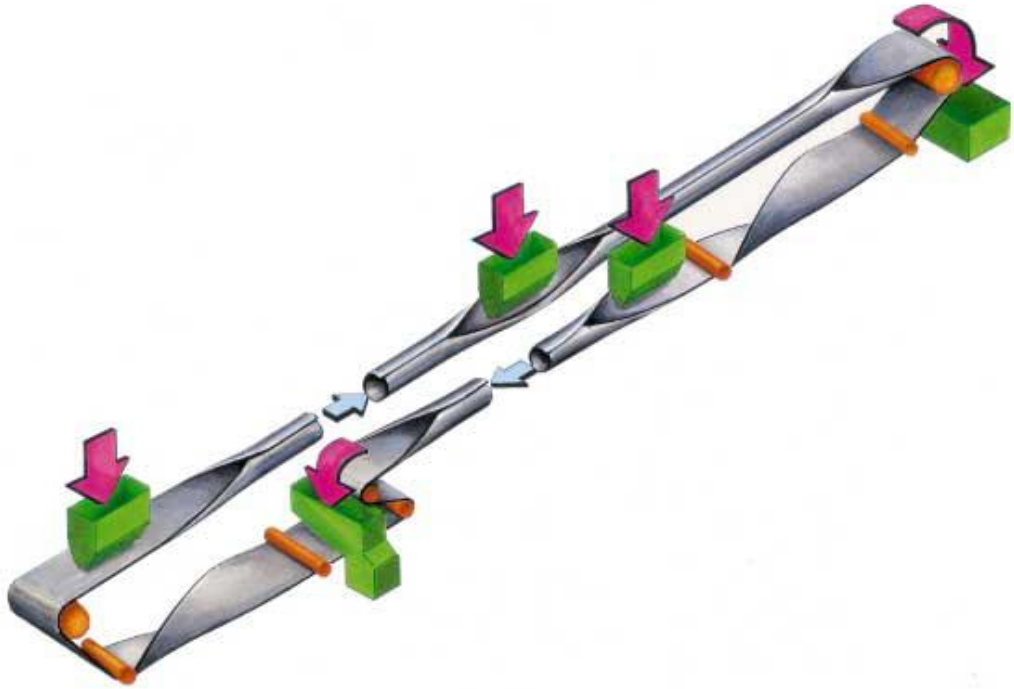


Kuva 6. Putkihihnakuljettimen runkorakenne (Metso Minerals, 2004, 6.)



Kuva 7. Hihnan taivutus putkeksi (Metso Minerals, 2004, 6.)

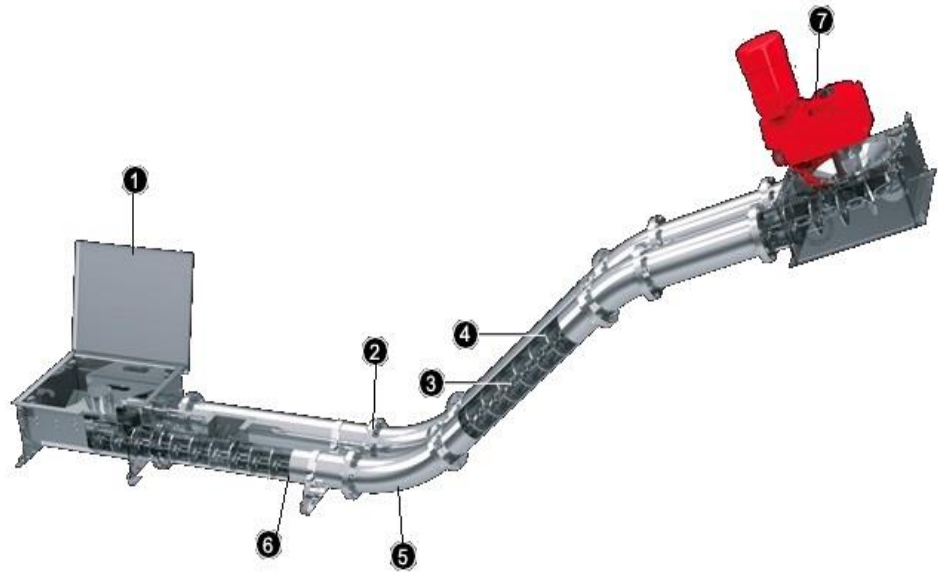
Kuvasta 8 ilmenee putkihihnakuljettimen periaatteen lisäksi sen monipuolisuus. Hihnal-  
la voi olla useita lastaus- ja purkupaikkoja sekä meno- että paluupuolella.



Kuva 8. Putkihihnakuljettimen monipuolisuus (Metso Minerals, 2004, 4.)

### 6.3 Putkikolakuljetin

Putkikolakuljetin soveltuu erinomaisesti jauhemaisen ja pienirakeisen materiaalin kuljetukseen. Kuljettimen toiminta perustuu perinteiseen kolakuljettimeen, mutta kuten nimikin jo kertoo, kola kulkee putkessa. Kuvasta 9 näkee, kuinka putkessa kulkee kiekkoja, jotka vievät kuljetettavaa materiaalia eteenpäin. Kiekot kulkevat ketjun tai nylonnarun vetäminä. Kuljettimen toisessa päässä on vaihdemoottori. Toisessa päässä kuljetinta on ketjunkiristys.



Kuva 9. Putkikolakuljettimen osat (Schragen www-sivut, hakupäivä 1.5.2013)

1. Ketjun kiristys
2. Laippaliitos
3. Ketju
4. Kiekko
5. Putki
6. Putken materiaali
7. Vaihdemoottori

#### 6.4 Pneumaattinen kuljetin

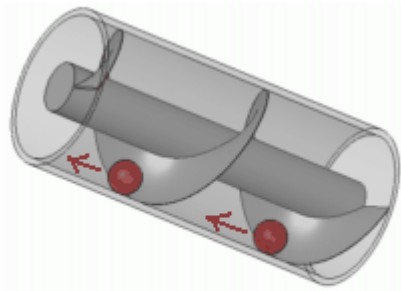
Pneumaattisella kuljettimella kuljetetaan jauhemaisia ja raemaisia aineita. Pneumaattisten kuljettimien toimintaperiaate perustuu erityyppisten puhaltimien tai imukompressorien käyttöön. Ne kehittävät putkistoon tarvittavan yli- tai alipaineen materiaalin siirtoa varten. Materiaalin syöttö siirtoputkistoon tapahtuu syöttimellä. Syöttimeltä tuleva materiaali tempautuu ilmavirtauksen mukaan ja sekoittuu ilman kanssa. Vastaanottosäiliössä materiaalin ja ilman seos erotetaan toisistaan. Ilman erottamiseen materiaalista käytetään suodatinta tai sykklonia. (Jauhetechniikan www-sivut, hakupäivä 5.5.2013)

Pneumaattinen kuljetin sopii hyvin alle 1000 metrin siirtomatkoille ja kapasiteetit voivat olla 1-400 t/h. Sen tilantarve on pieni, putkistosuunnittelu mahdollistaa hankalatkin rei-

tit ja se on mahdollista asentaa ahtaisiin paikkoihin. Pneumaattinen kuljetin on myös pölytön. Lisäksi sen automatisointi ja ohjaus on helppoa ja sillä on matalat huolto- ja työvoimakustannukset. Huonoja puolia ovat laitteiston kuluminen ja suuri energiankulutus. Pneumaattiset kuljettimet voidaan luokitella erilaisiin kuljettimiin tai järjestelmiin. Näitä ovat avoimet ja suljetut järjestelmät, jatkuvatoimiset ja annoksina kuljettavat kuljettimet sekä yli- ja alipainekuljettimet sekä niiden yhdistelmät. (Viitanen, Mikko-Matti 2009, 37, 38, 49)

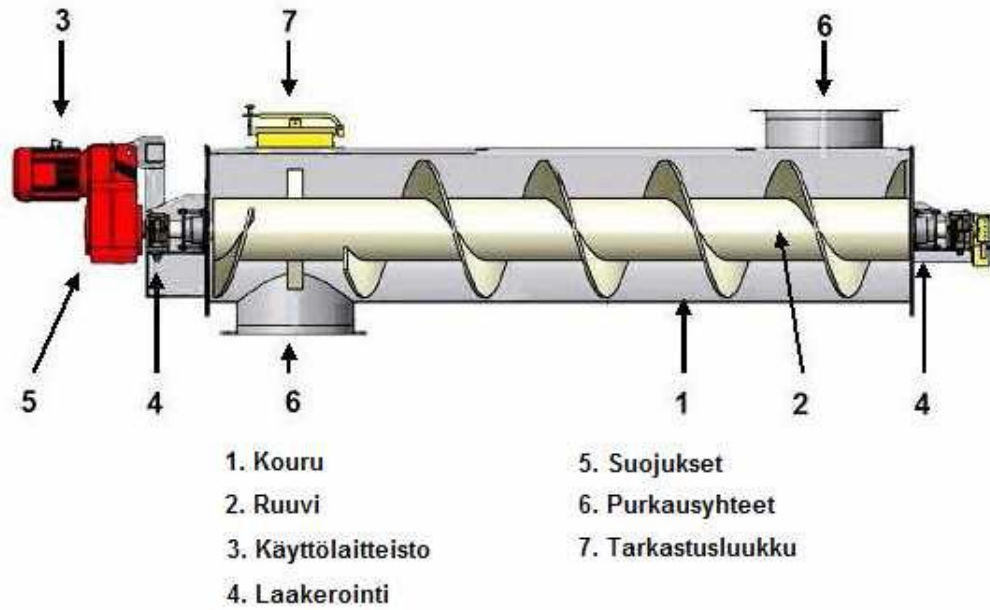
### 6.5 Ruuvikuljetin

Ruuvikuljetin on yksi yleisimmin käytetyistä jauhemaisten aineiden kuljettimista ja annostelijoista. Ruuvikuljettimen toimintaperiaate on yksinkertainen. Moottorin avulla pyöritetään joko kourussa tai putkessa olevaa ruuvia. Akselinsa ympäri pyörivän ruuvin avulla kuljetettava materiaali kulkee lastausyhteestä purkuyhteeseen. Kuvassa 10 ilmenee hyvin, kuinka kuljetettava materiaali kuljettimessa siirtyy. Kuljetin pystytään asentamaan joko pystyyn, vaakaan tai vinottain.



Kuva 10. Ruuvin toimintaperiaate (Juvonen, Matti 2010, 22)

Ruuvikuljetin koostuu kuvan 11 mukaisista pääosista. Pääosat ovat kouru tai putki, ruuvi, käyttölaiteisto, laakerointi, suojukset, purkausyhteet ja tarkastusluukku. Lisäksi kuljettimessa on hyvä olla turva ja valvontalaitteita, kuten pyörintä- ja tukosvahdit.



Kuva 11. Ruuvikuljettimen pääosat (Juvonen, Matti 2010, 24)

Ruuvikuljetin on rakenteeltaan yksinkertainen ja sen koteloitu rakenne tarjoavat monia etuja. Se on pölytön ja sillä pystyy kuljettamaan suuriakin materiaalmääriä. Lisäksi se on turvallinen ja sen tilantarve on vähäinen, jolloin sen läheisyydessä työskentelykin on helpompaa. Ruuvikuljettimessa on vähän kuluvia osia ja siinä on kohtuullisen pieni tehontarve, joten huolto ja käyttökustannukset ovat pienet.

## 7 KULJETTIMEN MÄÄRITTÄMINEN JA TEKNISET VAATIMUKSET

Vertailuissa olevat kuljettimet ovat ominaisuuksiltaan erilaisia ja niitä voidaan räätälöidä käyttökohteen mukaan tilanteeseen sopivaksi. Kuljetinta määritettäessä on tiedettävä muutamia asioita siirrettävästä materiaalista. Seuraavat tiedot auttavat kuljettimen sopivuuden arvioinnissa: siirrettävä aine, kuljettimen kapasiteetti, partikkelikoko ja aineen tiheys. Näillä tiedoilla päästään jo pitkälle kuljetinkomponenttien määrittämisessä. Tässä tapauksessa kuljetinta on lähdetty määrittämään seuraavilla lähtötiedoilla:

- kuljetettava aine CaO eli poltettu kalkki
- kapasiteetti: kalkin tarve t/h
- partikkelikoko 0-10mm
- aineen tiheys  $800\text{kg/m}^3$ - $1300\text{kg/m}^3$

Lähtötiedot toimitetaan tarjouskyselyjen mukana kuljetintoimittajille ja niiden pohjalta he mitoittavat sopivimmat komponentit kysytyyn kuljettimeen.

Kalkki on tässä tapauksessa pölyävä ja sotkeva materiaali, joten suunnittelussa on otettava myös ympäristö huomioon. Tuulinen paikka meren äärellä ja tehdasalue asettavat omat vaatimuksensa ja haasteensa pölyävän materiaalin kuljetukseen. Stora Enson tehtaalta tuli myös ehdoton kieltä pölyämiselle. Tästä johtuen kuljettimen tulee olla rakenteeltaan suljettu. Suljettu rakenne tekee etenkin hihnakuljettimen runkorakenteesta raskeamman, joten se vaikuttaa olennaisesti kokonaishintaan.

Muut määritykset ja vaatimukset tulevat alueesta ja kuljettimen sijoituspaikasta. Eri kuljetintyypeillä nämä vaikuttavat eri tavoin. Vaikuttavia asioita ovat esimerkiksi kuljettimen nousukulma, joka vaikuttaa eniten hihnakuljettimen käytön valintaan. Toisaalta pneumaattisessa kuljettimessa tällä ei juurikaan muutoin vaikutusta ole kuin materiaalin nostossa oikeaan korkeuteen.

Tehdas- ja satama-alueesta johtuen kuljetin on järkevää nostaa heti lähdössä mahdollisimman korkealle. Sataman varastosäiliöiden vieressä kulkee tie, joka asettaa lähtöpai- kalle omat korkeusvaatimuksensa. Tien toisella puolella oleva junarata asettaa lisävaatimuksia. Junaradasta johtuen kuljettimen on kuljettava vähintään 13.2m korkeudella.

Tästä johtuen hihnakuljettimen lähtö tulee sijoittaa mahdollisimman korkealle. Tässä tapauksessa elevaattoriin tehdään paineilmalla toimiva jakopelti, joka ohjaa kalkan ruuville ja ruuvi hihnalle.

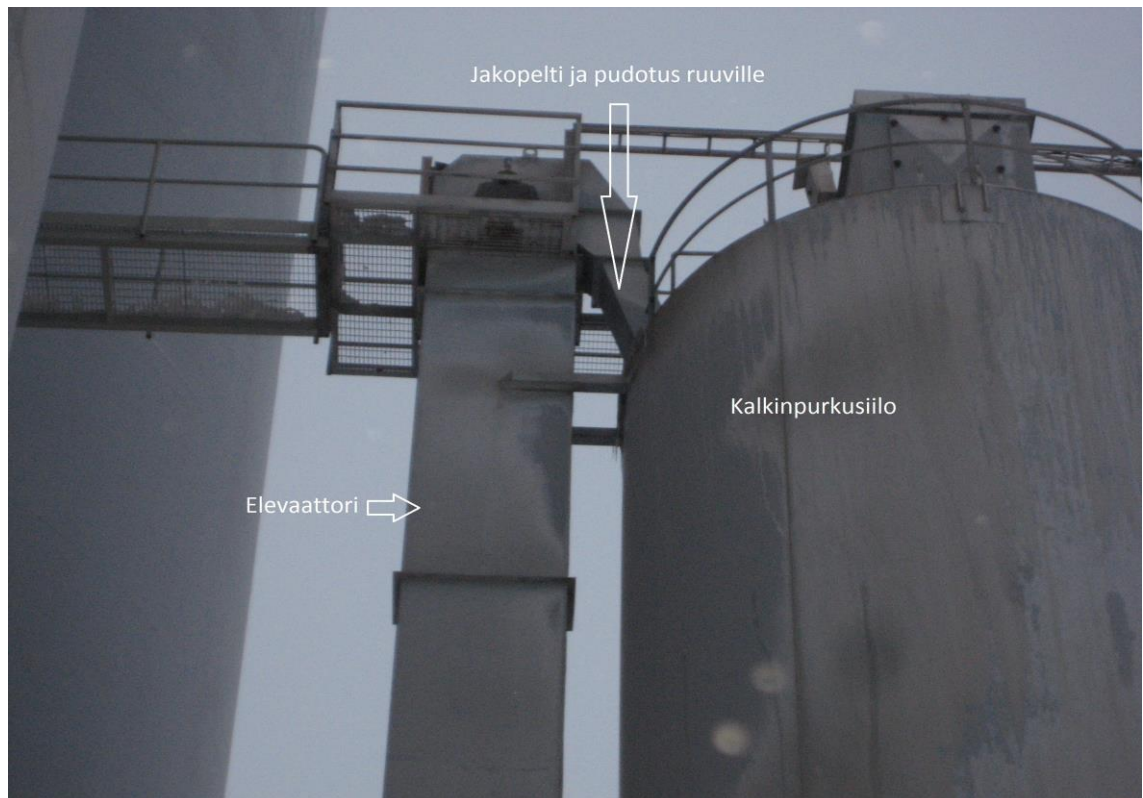
Putkikolakuljettimelle ja pneumaattiselle kuljettimelle on mahdollisuus hyödyntää autonlastaussuppilon toista purkuyhdettä. Molemmat kuljettimet mahdollistavat pysäytysuoran noston sopivaan korkeuteen. Kuljettimen asennuskorkeudella on suuri vaikutus kuljetinsiltaan. Toinen siltaan vaikuttava tekijä on kuljetinjalkojen väli. Kolmantena siltaan liittyen on otettava huomioon kuljetinjalkojen perustukset. Ne vievät myös suuren prosenttiosuuden investointikustannuksista.

Kuljettimessa tulee olla myös hoitotasot. Kuljetintyypistä riippuen määritetään hoitotason tarve jokaiselle kuljettimelle erikseen. Näiden lähtötietojen pohjalta pystytään kuljettimien ominaisuuksia määrittämään.

## 8 KULJETUSREITIN SUUNNITTELU

Vaikka eri kuljetinvaihtoehtojen vertailu ja kustannusarviointi on tämän opinnäytetyön tärkein tavoite, on esisuunnittelussa otettava huomioon myös muut tarvittavat rakenteet ja laitteet mahdollisimman tarkasti. Niiden osuus kokonaiskustannuksista on kuitenkin huomattavasti pienempi kuin itse pitkän kuljettimen kustannukset. Suunnittelussa on myös otettu huomioon, kuinka kalkki saadaan elevaattorilta ruuvikuljettimelle, joka siirtää sen pääkuljettimelle. Ylimääräiset rakenteet vaativat luonnollisesti tarkemman suunnittelun ja piirustukset valmistus- ja asennusvaiheessa.

Kun kalkki otetaan elevaattorin pudotusputkesta (kuva 12), tarvitaan sinne paineilmalla toimiva jakopelti, jolla materiaali saadaan ohjattua uuden pudotusputken kautta joko ruuville tai nykyisellä tavalla olemassa olevaa putkea pitkin autonlastaussäiliöön. Pudotuskohta elevaattorissa on n. 17 metrin korkeudessa ja ruuvikuljetin tulee n. 16 metrin korkeudelle. Kannatukset ruuville pystytään tekemään olemassa olevien säiliöiden kylkiin.



Kuva 12. Purkupaikka satamassa



Ruuvim ja pitkän kuljettimen väliin tehdään myös pudotusputki tai –suppilo, joka ohjaa kalkin kuljettimen lastauskohtaan. Tästä kuljetin vie kalkin 171 metrin päähän PCC-laitoksella olevan säiliön päälle. Säiliön (kuva 13) korkeus on n. 18 metriä eli kuljettimelle tulee koko matkalle nousua 1°. Säiliön katolla kuljettimen pudotuskohtaan tehdään suppilo ja putkihaara, jossa samanlainen paineilmalla toimiva jakopelti ohjaa kalkin säiliöön tai suoraan prosessiin.

Kuljettimen paikkaa ja reittiä suunniteltaessa on otettava huomioon satamassa kulkeva liikenne sekä junaradan ylityskohta. Kuljettimen jalvoja ei voi asentaa mihin tahansa, vaikka satama-alue laaja ja avara onkin. 171 metriä pitkä kuljetin vaatii n. 9 jalkaparia. Muita asemallisia esteitä ei järjestelmälle ole, vaan se saadaan suunnitella ja asemoida vapaasti.

Kuvassa 13 on esitetty PCC-laitos ja kalkkisiilo, jonne kuljetin syöttää kalkin. Kuva on otettu sataman kalkinpurkusiilolta, josta on suora linja purkupaikkaan. Tuleva kuljetin kulkee suoraan kuvan yläosassa.



Kuva 13. PCC-laitos ja kalkkisiilo

## 9 TARJOUSPYYNTÖJEN JA TARJOUSTEN KÄSITTELY

### 9.1 Tarjouspyynnöt

Opinnäytetyössä käsitelty projekti on ollut aikaisemminkin suunnittelun ja tutkimuksen alla, mutta nyt sitä on lähdetty konkreettisesti toteuttamaan ja viemään eteenpäin. Aikaisemmassa suunnittelussa ei Suomen Unit ole ollut mukana, joten selvitystyön pohjaksi saatiin vain muutamia aikaisemmin käytyjä keskusteluja ja tarjouksia. Jonkin verran näistä oli apua lähettäessä tarjouksia pyytämään ja niistä sai suuntaa-antavaa käsitystä hintatasosta. Edelliseen kertaan verrattuna olivat lähtötiedot ja suunnitelmat tarkentuneet, joten tarjouspyyntöjä pystyttiin selventämään, kun mm. vaihtoehtoiset kuljetinreitit oli karsittu yhteen reittiin.

Tarjouspyyntöjä lähdettiin tekemään olemassa olevia kontakteja hyödyntäen. Lähialueelta ja aikaisemminkin keskusteluissa mukana ollut Paakkola Conveyors oli helppo valinta yhdeksi vaihtoehdoksi hihnakuljettimen toimittajana. Toinen lähialueelta valittu hihnakuljetintoimittaja on Tormets. Muita vertailuun otettuja hihnakuljetintoimittajia olivat suuri kuljetintoimittaja Sandvik ja BMH Technology, joka on ollut paljon tekemisissä tämän tyyppisten kuljettimien kanssa. Lisäksi hihnakuljettimiin pyydettiin tarjoukset muissa projekteissa tällä alueella toimineelta Firotecilta sekä projektin loppuvaiheessa mukaan löydettyltä Kutepalta.

Putkikolakuljettimien toimittajia löytyikin sitten paljon vähemmän. Aikaisemmin tähän projektiin tarjousta putkikolakuljettimesta oli pyydetty järvenpääläiseltä Kapotekilta, joka toimittaa italialaisen Idealtekin valmistamia putkikolakuljettimia, joten oli luonnollista lähteä kyselemään heiltä tarjousta uudelleen. Toiseksi vaihtoehdoksi löytyi kuortanelainen Hartek, joka toimittaa saksalaisen valmistajan Schragen putkikolakuljettimia.

Toimittajia pneumaattiselle kuljettimelle otettiin myös kaksi vaihtoehtoa. Toinen oli hihnakuljetintarjouksenkin antanut Kapotek ja toiseksi vaihtoehdoksi otettiin kemiantollisuudessakin ja pneumaattisten kuljettimien kanssa toiminut Kopar.

Putkihihnakuljettimen toimittajia löytyi niin ikään vähän. Jo kuljetintutkimusten alkuvaiheessa selvisi, ettei putkihihna ole kovin varteenotettava vaihtoehto tähän tarkoituk-

seen, mutta kuljetin haluttiin kuitenkin ottaa tarkempaan vertailuun ja yhdeksi vaihtoehdoksi. BMH Technology toimittaa tavallisen hinnakuljettimen lisäksi myös putkihihnakuljettimia, joten heiltä saatiin myös tähän tarjous.

Moni tarjosi ruuvikuljettimen optiona hinnakuljetintarjouksessaan, mutta lisäksi siitä pyydettiin kaksi tarjousta erikseen. Nämä tarjouspyynnöt kohdistettiin ruuvikuljettimiin keskittyneeseen toimittajaan Siirtoruuviin sekä Kopariin.

## 9.2 Tarjoukset

Kaikilta toimittajilta saatiin kattavat tarjoukset ja hyvät vertailumateriaalit. Tarjoukset koottiin taulukkoon, jolla saatiin selkeä vertailu toimittajien hinnoista sekä investoinnin kokonaiskustannuksista. Tarjouksissa olevien teknisten erittelyjen avulla pystytään arvioimaan kuljettimien käyttökustannuksia. Niistä tehtiin vertailutaulukkoon myös oma osionsa.

## 10 LOPPUARVIO JA VERTAILU

Lopullista kuljetinta ei päätetä pelkän hinnan perusteella, vaan jokaisesta kuljettimesta laaditaan kokonaisarvio, jossa arvioidaan sen soveltuvuutta tähän prosessiin. Kuljetintyyppin sekä kuljetintoimittajan valinnassa käytetään tiettyjä painokertoimia, joissa otetaan huomioon mm. hinta, kuljetintyyppin soveltuvuus, käyttökustannukset, huoltokustannukset, investoinnin takaisinmaksuaika sekä kuljettimen arvioitu elinikä. Soveltuvin kuljetintyyppi ja järjestelmän toimittaja valitaan em. tekijät yhdistämällä.

### 10.1 Kuljettimien vertailu

Hihnakuljetin on perusvarma vaihtoehto. Näitä kuljettimia on teollisuudessa käytössä todella paljon ja ne ovat varmatoimisia ja vähän huoltoa vaativia. Huolto koostuu pääosin öljynvaihtoista, veto- ja taittopään rumpujen laakereiden rasvauksesta ja rullien tarkastuksesta. Kuljettimen rakenne on yksinkertainen eikä sisällä monimutkaisia komponentteja tai tekniikkaa. Ylensä hihnakuljetin on paras vaihtoehto, kun halutaan vähän huoltoa ja varaosia. Suurin ongelmakohta tässä lienee vaatimus suljetusta kuljettimesta. Suljettu rakenne tuo lisää massaa kuljetinsillalle ja tuo sitä kautta lisäkuormaa jaloille ja perustuksiin. Tästä johtuen hinta nousee jonkin verran avosillassa olevaan hihnakuljettimeen verrattuna. Toisaalta tämä mahdollistaa suojaisamman työskentely- ja huoltopaikan tunnelissa ja samalla muodostuu turvallinen kulkureitti PCC-laitokselta sataman kalkkisiiloille. Kuljettimen huolto- ja kunnossapito on helpompaa kuin avosillassa olevalla kuljettimella. Avosillassa olevassa kuljettimessa olisi pelkkä kuljetin katettu, jolloin huolto ja tarkastukset tapahtuisivat hankalammin luokse päästävistä tarkastusluukuista. Katetun hihnakuljettimen tarkastukset ja huolto on kaikkein helpoin ja paras ratkaisu verrattuna myös muihin vertailussa oleviin kuljettimiin. Käyttökustannuksiltaan hihnakuljetin ei ole kallis. Kuljettimen käytöltä ei vaadita kovin suuria tehoja, koska tarvittava kuljetuskapasiteetti on melko pieni kuten myös kuljettimen nousukulma.

Putkihihnakuljettimen soveltuvuus tähän tarkoitukseen ei ollut hyvä ja hintakin oli huomattavasti kalliimpi verrattuna muihin tyyppeihin. Putkihihna soveltuu paremmin suurille kuljetuskapasiteeteille, pitkille kuljetusmatkoille sekä mutkitteleviin maastoihin. Tässä tapauksessa otettiin huomioon myös kaartuvan kuljettimen

mahdollisuus suoraan sataman varastosäiliöiltä, mutta kaartein säde olisi kasvanut turhan suureksi eikä kaarre olisi ajanut tässä tapauksessa asiaansa. Kuljetin otettiin mukaan vertailuun lähinnä suljetun hihnan takia. Tällä vältettäisiin suljettu siltarakenne, mutta kuljettimen konstruktio jo itsessään on melko massiivinen, joten suljetun hihnan hyöty ei ole tässä tapauksessa niin suuri. Putkihihnakuljetin vaatisi myös kuljettimeen erikoistuneen työntekijän hoitamaan käyttöä sekä huoltoa. Huollon tarve ongelmatilanteissa voi kasvaa suuremmaksi kuin alkuperäinen vika. Muutoin putkihihnakuljettimeen pätee samat huoltotarpeet kuin tavalliseen hihnakuljettimeen.

Putkikolakuljetin sopii hyvin jauhemaisen tai pienirakeisen aineen, kuten kalkin kuljetukseen. Hyvänä puolena putkikolalla on kevyempi rakenne verrattuna hihnakuljettimiin ja se mahdollistaa hieman kevyemmän siltarakenteen. Suljettu rakenne on tässäkin kuljettimessa tärkeä asia kuljettimen valintaa ajatellen. Mutkien mahdollisuus on putkikolan tärkeä ominaisuus, mutta tässä tapauksessa sille ei voi antaa kovin suurta arvoa, johtuen kuljettimen reitin pitkästä suorasta linjasta. Yhden kuljettimen maksimipituus on yksi hankaloittava tekijä. Maksimissaan 60 metriä ja yleensä vielä lyhyempikin kuljetinpituus aiheuttaa useamman kuljettimen asentamisen peräkkäin. Tämä tietää lisää tehontarvetta ja sähkönkulutusta, kun moottoreita ja kuljettimia on vähintään kolme. Huoltotarve on näin ollen suurempi ja vikaantumisriski kasvaa useamman kuljettimen myötä. Huoltotasot tarvitaan ainakin risteysasemiin, mutta kuljettimen koko matkalle hoitosiltaa tuskin kannattaa asentaa, koska risteysasemien välillä huollettavaa ei juurikaan ole. Mikäli kuljettimeen tulee vika paikkaan, missä hoitotasoa ei ole, päästään sinne esimerkiksi henkilönostimella. Pohjoinen sijainti ja meri-ilmasto asettavat omat haasteensa putkikolakuljettimelle. Jotta kuljetin ja sen osat kestäisivät sään vaihtelut, tulisi se eristää. Lämpökaapeleita kuljetin ei tarvitse, mikäli se ei ole itse tuotteelle tarpeellinen. Putkikolan kulutuskestävyys on tässä tapauksessa hyvä, koska kuljettimen pyörimisnopeus on pieni. Tämä pätee varsinkin silloin, kun sitä verrataan pneumaattiseen kuljettimeen.

Pneumaattinen kuljetin on hihnakuljettimen ohella varteenotettava kuljetin tähän järjestelmään. Pneumaattinen kuljetin itsessään on edullinen, mutta myös sen kohdalla tulee sama tarve siltarakenteelle kuten muissakin kuljettimissa. Paineistetun ilman tuottamiseen tarvittava kompressori tai vastaava laite tuo kohtuullisen suuret lisäkustannukset, kun verrataan kuljettimen muihin osiin. Putkiston kulumisen ja käyttökustannukset ovat pneumaattisessa kuljettimessa omaa luokkaansa. Suurten nopeuksien vuoksi putkiston

kuluminen voi olla voimakasta. Varsinkin, jos putkistoon tulee mutkia, ovat nämä kohdat herkkiä kulumiselle. Suoralla osuudella kuluminen ei ole lähellekään niin suurta. Tämä huomioonottaen, kannattaa putken reitti miettiä tarkkaan tässä tapauksessa, kun kuljetin on mahdollista viedä pitkällä suoralla vedolla perille asti. Pneumaattisessa kuljettimessa paineilman tuottaminen kuluttaa paljon tehoja, joka puolestaan tuo käyttökustannuksia. Kuljettimen syötin voi lisätä tehonkulutusta edelleen.

## 10.2 Loppuyhteenveto

Kuljettimia vertailtaessa ei mikään kuljetin voi olla täysin poissuljettu vaihtoehto tähän järjestelmään ainakaan teknisten ominaisuuksien perusteella. Jokaisella kuljettimella työ varmasti onnistuisi, mutta parhaimman vaihtoehdon ratkaisevat yksittäisten pienten asioiden summa. Aikaisemmin työssä mainittiin painokertoimista, mitkä ratkaisevat kaikkein toimivimman kuljettimen tähän järjestelmään. Kuljettimet itsessään eivät olleet kovin kalliita verrattuna nykyiseen kuljetustapaan, mutta kuljettimen vaatima siltarakenne tuo huomattavat lisäkustannukset peruskuljettimen päälle.

Tavallinen hihnakuljetin on hyvä ratkaisu tähän projektiin. Investointina se maksaisi itsensä kohtuullisessa ajassa takaisin ja huolto- ja käyttökustannukset eivät ole suuret. Se on varmatoiminen ja vähän huoltoa tarvitseva. Lisäksi suljettu siltarakenne antaa turvallisemmat ja mukavammat työskentelypaikat.

## 11 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli löytää kustannustehokas tapa kuljettaa materiaali purkupaikalta tuotantolaitokselle. Tällä on tarkoitus korvata vuosittain ison laskun tuova autokuljetus. Omassa työssäni Suomen Unitilla olen jonkin verran ollut tekemisissä kuljettimien kanssa, joten aihetta oli helppo lähestyä. Unitin ja Omyan aikaisemmat yhteistyöt olivat hyvänä pohjana työtä tekemään lähdettäessä.

Vaikka kuljettimet olivat jossain määrin itselle tuttuja, lähdin viemään työtä eteenpäin tutustumalla vaihtoehtoisiin kuljettimiin ja tutkimalla niiden toimintaa ja käyttötarkoitusta. Kuljetintoimittajilta saikin tarjouskyselyjä tehdessä lisää arvokasta tietoa kuljettimista, jotka puolestaan auttoivat tämän työn ongelman ratkaisemisessa.

Työ oli kaiken kaikkiaan haastava ja ensimmäinen näin suuren kokovaltaisen investoinnin arviointi minulle. Työstä oli varmasti hyötyä niin minulle kuin Omyallekin, joka sai opinnäytetyöstä laajemman raportin eri kuljettimista.

Työn tulokset voidaan jatkossa hyödyntää päättämällä investoinnin toteuttamisesta. Työ antaa hyvät tiedot investoinnin toteuttamisen kannattavuudesta. Vaikka tässä työssä ei saakaan tuoda tarjouksia ja hintatietoja ym. tarkempia kuljetinmäärittäviä julkia, ne kulkevat käsi kädessä tämän työn kanssa tahoille, jotka investoinnista päättävät.

Toivon jonain päivänä näkeväni tämän työn pohjalta tehdyn kuljetinjärjestelmän Omyan tehtaalla ja vaikka osallistuvani aikanaan järjestelmän tarkempaan suunnitteluun ja työpiirustusten laatimiseen.

## LÄHTEET

- Juvonen, Matti 2010. Ruuvikuljettimen kuntokartoitus ja kunnossapidon kehittäminen. Opinnäytetyö. Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta.
- Karppinen, Lauri 2010. Raskaiden hihnakuuljettimien kuntokartoitus ja kunnossapidon kehittäminen. Opinnäytetyö. Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta.
- Metso Minerals 2004, Trellex FLEXOPIPE conveyor belts, Brochure No. 1805-05-04-WPC/Trelleborg-English.
- Parikka, Mäkelä, Sarsama & Virolainen 2000, Hihnakuuljettimen käytön turvallisuuden ja luotettavuuden parantaminen, VTT tiedotteita, Espoo
- Schragen www-sivut, hakupäivä 1.5.2013  
<http://www.schrage.de/en/products/technical-details/construction.html>
- Viitanen, Mikko-Matti 2009. Automaattiset kuljetinjärjestelmät elintarviketeollisuudessa. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, Tampere.