

Tuomas Laajala

# Säkityksen laadunvaihtojen tehostaminen



Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Kevät 2016



KAJAANIN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## TIIVISTELMÄ

**Tekijä(t):** Tuomas Laajala

**Työn nimi:** Säkityksen laadunvaihtojen tehostaminen

**Tutkintonimike:** Insinööri (AMK), kone- ja tuotantotekniikka

**Asiasanat:** Talkki, säkitys, laadunvaihto

Tämä insinöörityö tehtiin Mondo Minerals B.V. Branchin Sotkamon tehtaalla talvella 2015–2016. Työn tarkoitus oli selvittää säkityksessä tapahtuvan säkitettävien tuotteiden laadunvaihtojen ajallista kestoa sekä sitä, kuinka hyvin tuotteet vaihtuvat uuteen tuotteeseen siten, että asiakkaalle luvutut tuoterajat täyttyvät. Työn tarkoitus oli myös selvittää, miten laadunvaihtoja saataisiin nopeutettua, kuitenkin siten, että tuotteen laatu pystytään takaamaan.

Työn toteutus aloitettiin tutustumalla tehtaan paperipussien säkityslinjoihin, joita tehtaalla on kaksi, sekä niiden toimintaan. Tämän jälkeen aloitettiin laadunvaihtojen tarkkailu ja havainnointi, jolla kerättiin tietoa ajallisesta kestosta ja säkitettävän tuotteen laadunvaihtumisesta vanhasta tuotteesta uuteen tuotteeseen.

Laadunvaihtojen tarkkailun perusteella nähtiin, kuinka eri tuotteilla laadun vaihtuminen kestää pidempään kuin toisilla ja että säkityslinjojen välillä on eroja. Näiden tietojen, sekä säkittäjiltä saatujen tietojen perusteella ruvettiin ajatuksia laadunvaihtoprosessin kehittämistä tekemään ja suunnittelemaan.

Työn lopputuloksena tehtiin parannusehdotuksia säkityslinjojen teknisiin ratkaisuihin. Niistä tärkein oli ehdotus suotimen lokeron asentamisesta toiseen säkityslinjaan. Muita tuotoksia olivat säkittäjien jokapäiväiseen työskentelyyn tarkoitettu laadunvaihtojen työohje sekä optimoitu säkitysjärjestys. Siinä tehtaan tuotteet on laitettu karkeusjärjestykseen ja ajatuksena on laadun turvaaminen säkittämällä hienot tuotteet ennen karkeita.

## ABSTRACT

**Author(s):** Tuomas Laajala

**Title of the Publication:** Improvement of Efficiency in Talc Variety Shift Procedure

**Degree Title:** Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering

**Keywords:** Talc, Packing, Variety shift

This Bachelor's thesis was made for Mondo Minerals B.V. Branch. All the experiments were performed at the Sotkamo plant during winter 2015-2016. The aim of the work was to explore the talc packing process, especially focusing on the duration of variety shift procedures. In addition, a proof was needed to ascertain that one variety is changed to another accurately. Related to this issue an important question to be answered was if there is some means to shorten the time span of the variety shift procedure without sacrificing quality.

The execution of the work was started by getting familiar with the two paper bag packing lines, their technology and processes. During the work a lot of observations and notes were made. Based on that data it was concluded that there were big differences in the duration between variety shift procedures. In addition, differences in the throughput times between the two packing lines were noticed.

According to the data collected together with the valuable information gathered from experienced personnel, some technical suggestions to improve the process were made. The most important one was a proposal for the second packing line. In it a talc transfer box would be installed between the silo and filter unit. Furthermore, step-by-step instructions for variety shifts and an optimized order of packing were drawn up.

## ALKUSANAT

Opinnäytetyöni aiheen sain Mondo Minerals B.V. Sotkamon tehtaalta. Kiitokset Mondon henkilökunnalle hyvästä ja mielenkiintoisesta aiheesta. Kiitokset myös Kajaanin Ammattikorkeakoulun puolelle opinnäytetyöni ohjaavalle opettajalle hyvistä neuvoista ja avusta opinnäytetyön aikana. Lisäksi haluan kiittää perhettäni avusta ja tuesta. Lopuksi vielä erityiskiitokset avopuolisolleni Anulle tuesta ja kärsivällisyydestä.

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	1
2 TALKKI .....	2
2.1 Ominaisuudet .....	2
2.2 Käyttökohteet .....	3
2.3 Talteenotto .....	4
3 SÄKITYSLINJAT JA KONEET .....	7
3.1 Paperisäkki.....	7
3.2 Säkityskoneet.....	8
4 LAATU JA TEHOKKUUS .....	17
4.1 Laatu .....	17
4.2 Laadunvalvonta säkityksessä.....	17
4.3 Tehokkuus.....	20
5 NYKYINEN LAADUNVAIHTOPROSESSI .....	21
6 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU.....	24
6.1 Suunnitelma .....	24
6.2 Havaintojen tekeminen.....	24
6.3 Laadunvaihdon mittaukset .....	25
6.4 Työohje .....	26
6.5 Säkitysjärjestys.....	27
7 PARANNUSEHDOTUKSET .....	28
7.1 Siilosuodin ja lokero .....	28
7.2 Siilon pinnanmittaus ja punnitus.....	29
7.3 Siilon tyhjeneminen .....	30
7.4 Yleiset parannukset.....	31
7.5 Näytteiden analysointi .....	31
7.6 Työohje .....	31

7.7 Säkitysjärjestys.....	32
7.8 Tehokkuusmittaus .....	32
8 YHTEENVETO .....	34
LÄHTEET .....	35
LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Tämä insinööri työ tehtiin Mondo Minerals Oy:n Sotkamon tehtaalla. Työn ajankohta sijoittui talvelle 2015–2016. Tehdas valmistaa talkkirikastetta, josta valmistetaan lopputuotteita jauhamalla rikastetta mikrotalkkitehtalla. Talkin ohella saadaan sivutuotteena nikkeliä, joka otetaan talteen erillisellä nikkeli-piirillä.

Mondo Minerals B.V. Branch on Advent Internationalin omistama kaivosyhtiö, jonka pääkonttori sijaitsee Amsterdamissa. Yrityksellä on Suomessa tehdas Sotkamon lisäksi myös Vuonoksessa. Sotkamon tehdas avattiin vuonna 1969, Suomen talkki Oy:n nimellä, joka oli perustettu jo 1967. Yhtiön perustamisen jälkeen on yrityksen omistaja vaihtunut useita kertoja. Yrityksen nykyinen nimi on otettu käyttöön vuonna 1998. Mondo Minerals B.V. Branch on Euroopan suurin talkintuottaja, ja työllistää arviolta 210 henkilöä, joista Sotkamossa on noin 70 ja Vuonoksessa noin 50. Yritys louhi vuonna 2014 noin miljoona tonnia malmia, josta saatiin 380 000 tonnia talkkirikastetta ja noin 12 000 tonnia magnesiittihiekkaa. Talkki on monipuolinen teollisuudessa käytettävä mineraali, jota käytetään paperi- ja maaliteollisuudessa, muovi- ja kumiteollisuudessa sekä lääke- ja kosmetiikateollisuudessa. Suomessa tuotettu talkki ei sovellu viimeisimpinä mainittuihin sovelluksiin. [1,2,3,4.]

Insinööri työnsä aiheeksi valittiin säkityksen laadunvaihtojen tehostaminen ja parantaminen. Aihe oli tehtaalla ajankohtainen, ja se soveltui hyvin insinööri työnsä aiheeksi. Työssä perehdyttiin paperisäkityskoneiden laadunvaihtoihin, niihin kuluvaan aikaan sekä tunnistettiin mahdollisia parannuskohtia. Työn tuloksena voitiin tehdä parannusehdotuksia säkityksen koneiden tekniseen puoleen kuitenkin siten, että laatu voidaan taata asiakkaille. Työn tuloksia haluttiin käyttää myös apuna suunniteltaessa optimaalista säkitysjärjestystä sekä laadittaessa säkitysohjeita ja yhtenäistä työohjetta laadunvaihdon suorittamiseen.

## 2 TALKKI

### 2.1 Ominaisuudet

Talkki on ominaisuuksiltaan pehmeä ja liuskemainen mineraali (kuva 1). Käsitellessä talkki on ominaisuuksiltaan liukas. Tämä johtuu sen rakenteesta, jossa silikaatti-kerrokset, joilla tarkoitetaan hapen ja piin muodostamia kemiallista yhdistettä, ovat liittyneet toisiinsa heikkojen van der Waals -voimien avulla. Talkin kovuus on Mohsin kovuusasteikolla mitattuna 1, joka tekee siitä pehmeimmän mineraalin. Samalla asteikolla mitattuna timantin kovuus on 10, joka tekee siitä kovimman luonnossa esiintyvän aineen. Talkki esiintyy metamorfoosisesti syntyneissä kivissä. Metamorfoosilla tarkoitetaan kiinteässä tilassa tapahtunutta kiven mineraalien koostumuksen muutosta. (kuva 1) [5,6,7,8]



Kuva 1. Talkkimalmi [9]

Puhdas talkki näyttää valkoiselta (kuva 2). Talkin esiintyessä yhdessä muiden aineiden kanssa se voi olla väriltään vaalean harmaa, vihertävä, kellertävä tai jopa vaaleanpunertava. [7.]





Kuva 2. Talkkijauhe [10]

## 2.2 Käyttökohteet

Talkki on monipuolinen teollisuusmineraali, jota käytetään monilla eri teollisuuden aloilla. Talkkia käytetään täyteaineina esimerkiksi paperi- ja maalliteollisuudessa. Lisäksi sitä käytetään paljon erilaisten tasoitteiden, muovien ja kumiin valmistamisessa sekä erilaisten keraamien osien valmistuksessa. Talkkia käytetään myös kosmetiikka-, elintarvike- sekä lääketieteellisuudessa (kuva 3). [11.]



Kuva 3. Puuteri sisältää talkkia [12]

Paperiteollisuus käyttää talkkia papereiden täyteaineeksi ja osittain myös pihkan- torjuntaan. Maalliteollisuus käyttää talkkia maalien täyteaineena, ja sillä pyritään estämään esimerkiksi maalipintojen halkeilu. Talkkia voidaan käyttää myös erilais- ten suodattimien valmistuksessa, kuten esimerkiksi autojen katalysaattoreissa. Talkille kehitetään jatkuvasti uusia käyttösovelluksia sen kaikille käyttöaloille. [11.]

### 2.3 Talteenotto

Talkkia louhitaan Suomessa avolouhoksista, joista se kuljetetaan tehtaille murskaukseen ja esijauhaukseen. Talkki otetaan talteen murskatusta ja jauhetusta malmista vaahdottamalla (kuva 4). Talkinvaahdotus perustuu talkkimineraalin ja sivukivien hydrofobisiin eroavaisuuksiin. Hydrofobisilla eroilla tarkoitetaan mineraalien vettä hylkivää eli hydrofobista tai veteen hakeutuvaa eli hydrofiilistä ominaisuutta.

Talkki on hydrofobinen mineraali, joka vaahdotuksessa tarttuu ilmakuplan pintaan vettä hylkivänä ja nousee pinnassa olevaan vaahtopatjaan, josta se valuu keräyskouruun. Vaahdotusprosessissa käytettävillä kemikaaleilla saadaan muutettua mineraalien ominaisuuksia siten, että talteen otettavat mineraalit vaahdottuvat paremmin ja sivukivet painuvat tehokkaammin alas. Hydrofiiliset mineraalit sekoittuvat vaahdotuksessa lietteeksi, joka poistuu rikastushiekkana vaahdotusprosessista. Vaahdotusta säädellään vaahdotuskemikaalien, vaahdotusilman sekä roottorin pyörintänopeudella. Lisäämällä roottorin kierroksia ja vaahdotusilmaa saadaan lisää kuplia, jolloin saadaan tehostettua vaahdotusta lisäämällä tarttumapinta-alaa.



Kuva 4. Talkin vaahdotuskenno

Talkkirikastetta voidaan myydä lopputuotteeksi jauhettuina tuotteina paperi- tai suursäkissä (kuva 5), granulaattina tai lietettynä. Talkin kanssa samassa malmissa esiintyy usein myös rautaa, nikkeliä ja alumiinia. Nikkelipitoisuudet ovat esimerkiksi Sotkamossa sellaiset, että nikkelin talteenotto on kannattavaa.



Kuva 5. 1000 kg suursäkki

### 3 SÄKITYSLINJAT JA KONEET

#### 3.1 Paperisäkki

Tehtaalla käytettävät paperisäkit koostuvat kahdesta paperikerroksesta. Säkkien täyttö tapahtuu säkin kulmassa olevan venttiilin kautta (kuva 6), joka muodostuu vastakkain puristuvista paperiläpistä. Täyttövaiheessa talkki syötetään säkityskoneen piipun ja säkin täyttöventtiilin lävitse säkkiin. Säkki sulkeutuu lopullisesti, kun täysi säkki pudotetaan linjalle, josta se etenee mankelin alle. Mankelin toiminta perustuu kahteen samaan suuntaan liikkuvaan hihnaan, joiden säädettävä väli puristaa säkin haluttuihin paksuuteen. Samalla myös säkin venttiili sulkeutuu.



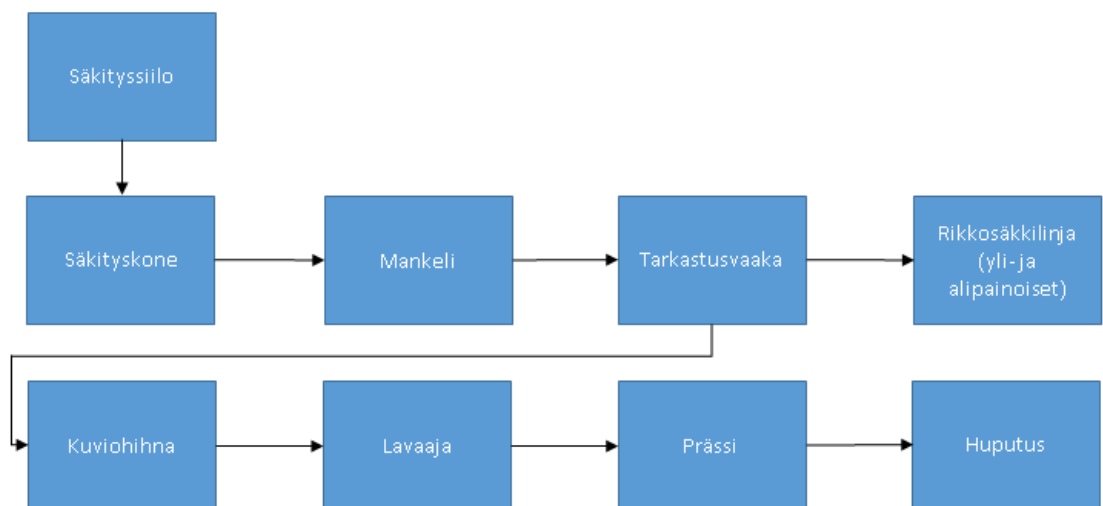
Kuva 6. Avonainen täyttöventtiili

Kaikille tuotteille on omat tuotteen laadun mukaisesti nimetyt säkit. Säkkien koko vaihtelee hienojen ja karkeiden tuotteiden välillä siten, että hienojen tuotteiden säkit ovat isompia kuin karkeiden. Hienojakoisia tuotteita ei myöskään saada säkitettyä määrällisesti yhtä paljon kuin karkeampia tuotteita. Tämä vaikuttaa säkkien korkeuksiin merkittävästi, kuten myös säkkien painoihin. Hienojakoisten tuotteiden säkit ovat täysin paksuja, joten niiden lavoja joudutaan puristamaan prässillä

enemmän kuin karkeiden tuotteiden lavoja, sillä maksimilavakorkeudet ovat lastauksen kannalta tärkeitä. Säkkien painot vaihtelevat säkityksessä tuotteen laadun mukaan 25 kg karkeammilla tuotteilla ja 15 kg hienommilla tuotteilla.

### 3.2 Säkityskoneet

Säkityksessä on kaksi erillistä säkityslinjaa, joilla voidaan ajaa samanaikaisesti toisistaan riippumatta omia tuotteita. Joissain tilanteissa on toisen linjan käyttö väliaikaisesti keskeytettävä, mikä johtuu yhteisistä siirtolinjoista. Molemmissa säkityslinjoissa on kolme täyttöpiippua, joilla voidaan säkittää yhtä aikaa. Täyttöpiiput ovat säkityskoneen osia, joiden kautta talkki siirtyy säkityskoneesta säkkiin (kuva 9). Linjoissa on samat ominaisuudet ja laitteet, mutta osa laitteista voi olla fyysisesti erinäköisiä.



Kuva 7. Säkityslinjan prosessikaavio

Säkityslinja koostuu useista eri osista (kuva 7). Säkityskoneen yläpuolella on säkityssiilo, johon säkitettävä tuote ajetaan siirtolinjoja pitkin. Siilon päällä on sykloni.



Sen toiminta perustuu voimakkaaseen pyörivään liikkeeseen, jonka seurauksena karkeammat partikkelit putoavat painonsa vuoksi alas, eivätkä lähde kiertämään syklonin reunoille ilmavirran mukana. Kevyet partikkelit jatkavat matkaansa ilmavirran mukana ylitteenä. Ylite kulkeutuu yliteaukosta siilosuotimelle. Niiden karistelu pudottaa suotimiin kertyneen talkin suodinkotelon pohjalla, josta se siirtyy pohjalla olevan lokeron kautta säkityssiiloon. Karistelu tapahtuu paineilmaimpulsseilla 30 sekunnin välein. Ulkona siilosuotimen yhteydessä on myös pölynpoistopuhallin, jolla poistetaan talkkipölyä säkittämön ilmasta. Pölynpoisto- ja siilosuodin käyttävät samaa suodinta 2. linjalla. Toisella linjalla (1. linja) on erillinen siilosuodin ja pölynpoistosuodin (kuva 8). Sen pölysuotimesta karisteltu talkki siirtyy kotelon pohjalta lokeron kautta ruuvin välityksellä siilosuotimen pohjalle, josta tuote siirtyy siiloon.



Kuva 8. Vasemmalla punaisella kehystetty 1. linjan siilo ja suodinratkaisu, oikealla 2. linjan vastaava ratkaisu

Säkittämön sisällä säkityslinjassa on seuraavia osia: tyhjiin säkkien syöttöhihna, alipainetarrain ja avaajanokka, kuljetinkoura, säkityspiiput, mankeli, tarkistusvaaka, rikkosäkkilinja, kuviohihna sekä lavaaja. Lavaajan jälkeen ovat vielä täysiä palletoja käsittelevät prässä ja huputuslaite.



Kuva 9. Täyttöpiiput ja tyhjen säkkien linja

Säkityskoneen toiminta alkaa, kun säkityssiiloon on ajettu siirtolinjaa pitkin säkitettävää tuotetta. Ensimmäisessä vaiheessa säkin täyttöventtiili avataan alipainetartujalla. Tämän jälkeen säkin suuaukkoon liu'utetaan avaajanokka, joka avaa venttiilin (kuvat 9 ja 10). Avonainen säkki nostetaan nokalla ylös siten, että kuljetinkoura tarttuu säkkiin ja kuljettaa sen täyttöpiipulle. Täyttöpiipun kautta annostellaan säkkiin oikea määrä tuotetta sykleittäin, joiden välissä täytettävä säkki punnitaan ja jonka mukaan lisätään tuotetta.





Kuva 10. Kuljetinkourassa uusi säkki sekä alipainetarrain avaamassa säkkiä

Oikeanpainoinen säkki pudotetaan piipulta linjalle, josta se etenee hihnalla mankeliin, jolla se saadaan matalammaksi. Samalla täyttöventtiili sulkeutuu. Säkin paino tarkistetaan mankelin jälkeen tarkistusvaa'alla (kuva 11). Ali- tai ylipainoiset säkit tiputetaan punnituksen jälkeen hihnalta, josta ne kulkevat rikkosäkkilinjalle (kuva12).



Kuva 11. Kuvassa mankelin ja tarkistusvaa'an läpi kulkenut säkki, sekä rikkosäkkilinjan kuljetin alhaalla

Oikeanpainoiset säkit jatkavat linjalla, jossa niiden kylkeen tulostuu tuotekoodi ennen kuviohihnaa. Rikkosäkkilinjalla säkit rikkoutuvat koneen pyörivissä leikkauskiekoissa. Tuote putoaa laitteiston pohjalle, josta se ajetaan ruuvivälityksellä siirtolinjaan ja edelleen takaisin siiloon. Sieltä se palaa uudelleen tuotantoon.



Kuva 12. Rikkosäkkilinja kuvassa etuoikealla

Seuraavassa vaiheessa säkit siirtyvät kuvioihhnalle (kuva 13). Siellä ne asetellaan oikeaan kuvioon lavaajalle kääntäjän avulla, josta täydet kuviot ajetaan palleille (kuva 14).



Kuva 13. Säkki kuvioihhnalla



Kun haluttu kerroskorkeus on saavutettu, palletti siirtyy linjalla eteenpäin prässäiin, jossa se saadaan puristettua halutun korkuiseksi. Lavakorkeus on tärkeä logistiikan kannalta, sillä liian korkeat palleetit eivät mahdu kuljetuskaluston kyytiin. Präsäyksen jälkeen palletti siirtyy huputettavaksi, missä sen ylle venytetään muovinen suojahuppu. Lopuksi valmis palletti siirtyy rullarataa pitkin varastoon odottamaan lastausta ja kuljetusta asiakkaalle (kuva 15).



Kuva 14. Säkkikuvio lavaajalla



Kuva 15. Lavaaja, prässä ja huputuslaite

Koneita ohjataan käyttökeskuksista (kuva 16 ja 17), joissa on käyttökytkimiä sekä ohjauspaneelit. Linjan alkupäässä olevasta keskuksista ohjataan piippujen toimintaa ja säkkien asetinta eli kuljetinkoura, sekä kuljetinhihnoja. Ohjauspaneelin kautta voidaan valita oikea säkitysohjelma sekä esimerkiksi muuttaa piippukohtaisia painoja ja annosteluajoja. Säkkiin tulostettava tuoteteksti valitaan valvomosta tietokoneella.



Kuva 16. Ylempi ohjauspaneeli

Lavaajan kohdalla olevasta alemmasta keskuksesta (kuva 17) puolestaan voidaan ohjata kuljettimia, kuviohihnaa, lavaajaa sekä prässää. Huputuslaitteelle on oma erillinen ohjauslaitteisto.



Kuva 17. Kuvassa ohjauspaneeli, jonka takana ylhäällä kuviohihna ja lavaaja

## 4 LAATU JA TEHOKKUUS

### 4.1 Laatu

Laadun takaamisen ja varmistamisen lähtökohtana on parhaan mahdollisen talkkilaadun tuottaminen. Tehtaille on myönnetty ISO-9001:2000QMS -standardin mukaiset laatusertifikaatit. Tuotteiden laadun testaaminen ja tuotantoprosessien optimointi ovat tärkeä osa laadunhallintaa. Tuotteita kehitetään laboratorioissa ennen pilottikokeita ja tuotannon koeajojen suorittamista. [13,14.]

Tuotannon aikaista laadunvalvontaa suoritetaan vuorossa ottamalla näytteitä tuotannon eri vaiheista. Näytteitä otetaan rikastamalla talkki- ja nikkeli- ja nikkelipiiristä, mikrotalkkitehtaalla jauhatusten yhteydessä sekä paperi- ja suursäkityksestä säkityksen yhteydessä. Näytteidenotto toteutetaan käyttömiesten toimesta. Näytteistä tehdään esimerkiksi laseranalyysi ja tarvittaessa vaaleusanalyysi, jos tuote sitä vaatii. Otetut näytteet viedään laboratorioon, jossa ne analysoidaan. Näytteitä varastoidaan kaksi vuotta, jotta asiakkaille toimitetuista tuote-eristä jää tehtaalte vertailunäyte mahdollisia reklamaatiotapauksia varten

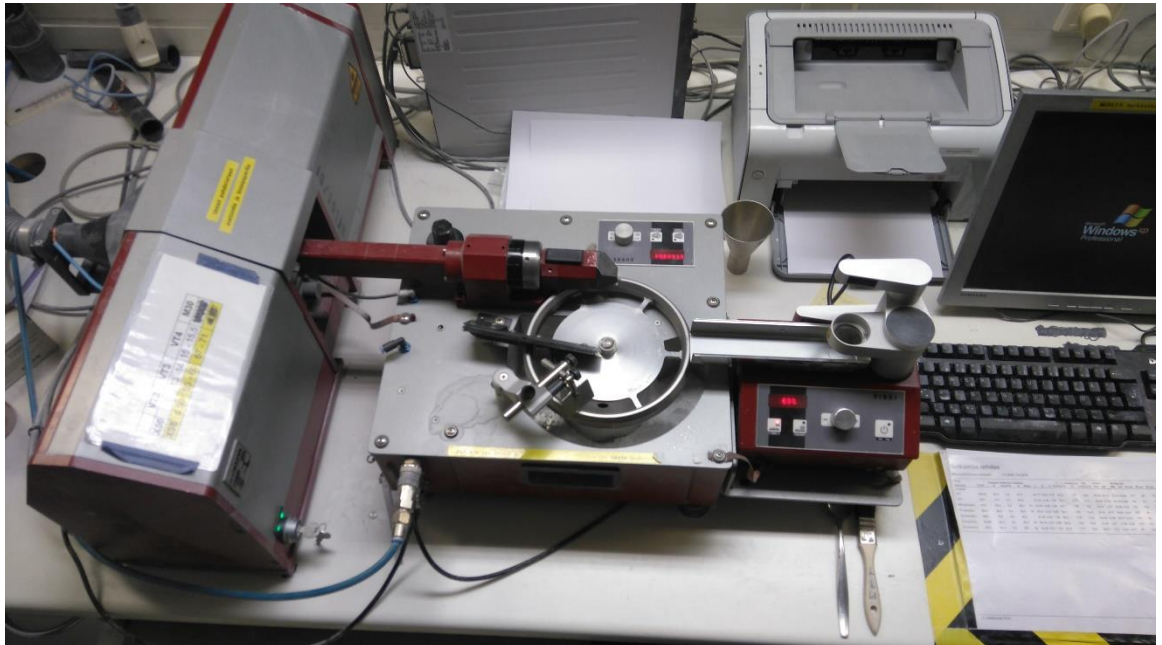
Osana tuotannon laadunvalvontaa otetaan myös kaikesta lähtevästä talkista pistonäytteet lastauksen yhteydessä. Tärkeää tuotteiden laadun kannalta on tuotteiden puhtaus. Puhtaat tuotteet eivät sisällä magnesiittia tai muita mineraaleja. [4,10.]

### 4.2 Laadunvalvonta säkityksessä

Laadunvalvonta säkityksessä toteutetaan ottamalla säkitysnäytteitä ja laadunvaihtonäytteitä. Otetut näytteet analysoidaan säkittäjien toimesta Sympatec Rodos GmbH –laseranalysointilaitteella (kuva 18). Sen toiminta perustuu laserdiffraktioon, jossa mitataan laserin lähettämän valon heijastumista partikkeleista, jonka aallonpituus on 632,8 nm. Partikkeleista heijastuvat säteet kulkevat samassa kulmassa



Fourier-linssiin, joka muuntaa säteen kulun matkalla valoanturiin. Tietokoneeseen yhdistetty valoanturi muuntaa tuloksen kappaleen partikkelikooksi.



Kuva 18. Sympatec Rodos GmbH -laseranalysointilaitteisto

Otetuista näytteistä analysoidaan tarvittaessa vaaleus erillisellä vaaleusmittarilla. Siinä käytetään Elerephon optista analysointilaitteistoa (kuva 19), jolla voidaan mitata tuotteen ISO-vaaleus. Otetut näytteet analysoidaan myös laboratoriossa, jossa niistä määritetään raekoko, vaaleus ja tarvittaessa maksimirakko sekä muita erikoisanalyseja. Laboratorio analysoi raekoon sedigrafilla eli automaattisella partikkelikokoanalysointilaitteistolla. Sen toiminta perustuu nesteeseen (natriumpyrofosfaattiliuos) sekoitetun aineen partikkeleiden laskeutumisenopeuden mittaamiseen maan vetovoiman vaikutuksesta röntgensäteillä. Tietokone laskee laskeutumisenopeuksien ja tiheyksien perusteella tuotteen raekojakauman. [15,16,17.]





Kuva 19. Elrephon optinen analysaattori

Laadunvaihdon yhteydessä tehtävistä näytteistä analysoidaan raekoko laser-analyssaattorilla, joka ilmoitetaan X50- ja X98-arvoina. Tuotteen raekokojakauman keskiarvo ilmaistaan X50-arvolla. X98-arvolla ilmaistaan partikkelikoko, jota pienempiä 98 % tuotteen partikkeleista on. Samat periaatteet pätevät myös sedigrafin arvoihin. SL-tuotteissa mitataan myös tuotteen vaaleus, sillä näiden tuotteiden kohdalla vaaleus on tärkeä. Tuloksia verrataan tuotekohtaisiin tuoterajoihin, jotka löytyvät erillisestä tuotearvot sisältävästä ohjeesta. Laseranalyysin ja sedigrafin tuloksia ei voi verrata toisiinsa, sillä niiden mittaustapa on erilainen ja ne ilmoittavat tulokset eri muodoissa. Laboratorion käyttämän sedigrafin tulokset ilmoitetaan D50- ja D98-arvoina.

### 4.3 Tehokkuus

Optimaalisessa tilanteessa säkityksen tehokkuuden kannalta säkityskoneet toimisivat koko ajan täydellä teholla, jolloin koneet eivät seisoisi eikä hylkytuotteita syntyisi. Tämä tilanne kuitenkin on käytännössä mahdoton, sillä koneita joudutaan huoltamaan säännöllisesti ja tuotannossa on välillä häiriötilanteita. Koneiden käytettävyyttä laskevat myös laadunvaihdot, joiden määrät vaihtelevat suuresti tilauseriästä riippuen.

Tehokkuudenmittausta voidaan toteuttaa OEE -mittauksella. Lyhenne tulee sanoista Overall Equipment Effectiveness, jonka suomalainen vastine on käytettävyys, nopeus ja laatu. Menetelmä on kehitetty Japanissa 1970-luvulla TPM (Total Productive Maintenance) ajattelumallin yhdeksi osamittariksi. TPM-malli pyrkii saavuttamaan täydellisen tuotannon. OEE -mittauksessa keskitytään mittaamaan koneiden käytettävyyttä, nopeutta ja laatua. Näitä osa-alueita mittaamalla voidaan havaita tuotannossa olevia ongelmakohtia. Ongelmakohtia etsimällä ja parantamalla saadaan tuotannon kokonaistehokkuutta nostettua. Tehokkuuden heikentymiseen vaikuttavia tekijöitä on monia. Esimerkiksi tuotantolinjan pysähdykset, häiriöt, viat ja konerikot vaikuttavat tehokkuuslaskentaan heikentävästi. Tehokkuuteen vaikuttaa oleellisesti laatu, jolla voidaan esimerkiksi tarkoittaa hylkyyn meneviä tuotteita. Tuotannossa pyritään virheettömyyteen, sillä optimaalisessa tuotannossa ei synny hukkatuotteita. Maailmanlaajuisesti on havaittu, että teollisuudessa OEE -luku onkin vain keskimäärin noin 60 %. [18,19.]

## 5 NYKYINEN LAADUNVAIHTOPROSESSI

Laadunvaihtoprosessi etenee kaikissa laadunvaihtotilanteissa pääsääntöisesti samankaltaisesti. Kaikissa tehdään samat toimenpiteet, joskin hieman eri järjestyksessä. Erot johtuvat laadunvaihdon suorittajien erilaisista toimintatottumuksista.

Säkitettävän tuotteen tavoitemäärän lähestyessä ajo siiloon lopetetaan vaiheessa, jossa säkittäjä arvioi saavansa täydellä siilolla puuttuvan määrän palleja valmistettua. Siilon täyttöasteen ilmoittaa merkkivalo, joka syttyy siilon ollessa täynnä. Kun se on lähes tyhjä, alkavat säkityskoneen annosteluajat pidentyä asetusarvosta. Tästä tulevat hälytykset, jotka viittaavat laadunvaihdon lähestymiseen. Tässä vaiheessa säkityssiilon pölysuotimen puhallin voidaan sammuttaa ja käynnistää uudelleen. Sillä pyritään tehostamaan suotimissa olevien karistimien toimintaa, koska sammuttaminen poistaa imun, mikä vangitsee talkkipölyä suotimiin. Karistimien toiminta tehostuu, ja ne pudottavat talkin suotimen alla olevaan lokeroon, mistä se kulkee säkityssiiloon.

Puhaltimien sammuksissa oloaika vaihtelee muutamasta minuutista jopa 15 minuuttiin. Hienoilla tuotteilla se kestää lyhyemmän aikaa kuin karkeilla, koska hienojakoiset pölyävät karkeita enemmän. Pitkään sammuksissa ollut puhallin tyhjentää suodinta tehokkaammin kuin hetkellisesti sammutettu puhallin. Tällöin pölyäminen täyttää säkittämön nopeasti hienolla talkkipölyllä.

Siilon ja suotimen ollessa tyhjiä vanhasta tuotteesta asetetaan säkityskoneeseen rikkosäkit. Ne ovat säkkejä, joiden pohjaan leikataan reikä, jonka lävitse voidaan ajaa tuotetta kaukaloon. Tuotetta ajetaan läpi niin kauan, että säkkien läpi virtaa vain ilmaa. Näin varmistetaan siilon ja suotimien tyhjiys. Rikkosäkkien läpiajon aikana puhallinta sammutetaan ja käynnistetään, jotta mahdolliset talkkijäämät suotimista saadaan poistettua järjestelmästä. Siilon ja suotimien ollessa tyhjiä voidaan siiloon tilata uutta tuotetta.

Siilon täyttyessä uudella tuotteella vaihdetaan käytettävät säkit uusiin (kuva 20). Samalla säkityskoneen piiput ja avaajanokka vaihdetaan, jos uudet säkit sitä vaativat. Myös niiden tuoteteksti ja lavakorkeus muutetaan ja mahdollisesti säkitysohjelma.



Kuva 200. Tyhjien säkkien linja

Siiloon tulleella uudella tuotteella suoritetaan huuhteluajo rikkosäkkien läpi. Huuhtelun keston vaikuttaa uuden ja vanhan laadun karkeusero. Hienoja tuotteita joudutaan huuhtelemaan pidempään verrattuna karkeampiin tuotteisiin. Karkeita ei myöskään voida ajaa kaukaloon kohtuuttomasti, sillä ne tukkivat kaukalon poisturuuvien. Huuhtelun loputtua poistetaan rikkosäkit piipuilta ja aloitetaan varsinainen säkitys. Ensimmäinen täytetty säkki otetaan linjalta sivuun ja siitä otetaan näytepussiin näyte. Siitä ajetaan laseranalysaattorilla raekokoanalyysi, jota verrataan tuotekohtaisiin arvoihin. Tulosta verrataan aiemmin jauhettujen tuotteiden arvoihin tai laboratorion tekemiin sedigrafin tuloksiin. Sedigrafin tuloksia ei voida verrata suoraan lasernäytteen tuloksiin, johtuen niiden erilaisista analyysitavoista. Säkitettävästä tuotteesta voidaan tehdä myös vaaleusanalyysi. Se tehdään vain erikoistuotteille, kuten SL-tuotteille. Nämä ovat tuotteita, joiden vaaleus on normaalia korkeampi.

Säkitys aloitetaan, kun laser- ja mahdollisen vaaleusanalyysin perusteella on todettu, että tuote täyttää kriteerit. Jos tulokset ovat raja-arvojen ulkopuolella, suoritetaan säkityskoneelle lisähuhtelu. Sen pituus vaihtelee säkitettävän tuotteen karkeuden sekä laser- ja vaaleusanalyysin tulosten mukaan.

Lisähuuhtelua, koesäkitystä ja analysointia tehdään niin kauan, että laatu on rajojen sisällä. Analysoinnin aikana ei säkitetä.

Ennen kuin varsinainen säkitys aloitetaan kaikilla kolmella piipuilla, niiden täyttöpainot ja -paineet säädetään (kuva 21). Sääto ei ole välttämätöntä kaikissa vaihtoissa, sillä monet samankaltaiset tuotteet voidaan säkittää samoilla asetuksilla.



Kuva 21. Täyttöpiippujen paineiden säätö

## 6 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELO

### 6.1 Suunnitelma

Tutkimuksen avulla haluttiin etsiä ongelmakohtia laitteistoista ja toiminnasta, joita parantamalla laadunvaihtoa voitaisiin tehostaa. Aluksi valittiin tutkittavat kohteet sekä päätettiin, millaista tietoa kerätään. Laadunvaihtoista haluttiin saada selville sen kesto ja jakautuminen eri vaiheisiin. Tieto on hyödyllinen säkityssuunnitelman ja työohjeen laatimisessa.

Laadunvaihdon pituus päätettiin määritellä siten, että se alkaa siilosuotimien puhaltimien sammuttamisella ja päättyy, kun säkistä otetun näytteen tulos on tuoterajojen sisällä, jolloin säkitys voidaan aloittaa.

Lisäksi haluttiin laatia yhtenäinen laadunvaihdon työohje sekä optimoitu tuotteiden säkitysjärjestys.

### 6.2 Havaintojen tekeminen

Tutkimusta ryhdyttiin toteuttamaan tarkkailemalla laadunvaihtoja vaihe kerrallaan. Niiden aikana tehtiin muistiinpanoja ja kelloituksia. Arvokasta tietoa saatiin vuorossa olevilta säkittäjiltä, jotka jakoivat tietonsa ja kokemuksensa laadunvaihtoista ja säkityskoneiden toiminnasta vuosien kokemuksella. Nämä tiedot olivat työn toteutuksen kannalta tärkeitä ja mahdollistivat laadunvaihtoprosessin ymmärtämisen kokemattomalle. Tietoa kerättiin myös pidemmällä aikavälillä säkityssuunnitelmia seuraten niin karkeilta kuin hienoilta tuotteilta.

Tutkimuksessa kerätty aineisto on pääosin 2. säkityslinjan laadunvaihtoista, koska sillä vaihtoja tapahtuu useammin kuin 1. linjalla. Sillä ajetaan pääsääntöisesti pidempiä sarjoja, kapeammalla tuotevalikoimalla.

### 6.3 Laadunvaihdon mittaukset

Tehtaalla käytössä olevan laadunvaihtoprosessin eri vaiheet kellotettiin. Mittaus-tulokset on esitetty taulukossa (liite 1).

Mittausten aikana selvisi, että säkityslinjojen välillä oli toiminnallisia eroja. Laadun-vaihdon kannalta merkittävin oli 2. linjan säkityssiilon pölysuotimen lokeron toimi-mattomuus. Se aiheutti talkkipölyn kertymisen suotimiin.

Suotimiin tarrautuminen oli suurempi ongelma hienoilla tuotteilla kuin karkeilla. Tämä johtui siitä, että karkeat tuotteet ovat painoltaan sellaisia, etteivät ne ke-räännä suotimiin vaan laskeutuvat suoraan siiloon. Hienot tuotteet ovat niin ke-vyitä, etteivät ne laskeudu suotimista karistelusta huolimatta.

Talkkituotteen karkeuserojen havaittiin vaikuttavan myös siilon tyhjenemisnopeu-teen. Siinäkin karkeat tuotteet poistuvat nopeammin kuin hienot. Tämä havaittiin erityisesti, kun tavara alkoi loppua siilosta. Säkityskoneen kammioihin ei tullut tar-peeksi tuotetta, mikä ilmeni annosteluajan ylittymisenä.

Taulukossa 1 on vertailtu vaihtojen kokonaisaikoja ja eri tuotteiden tyhjennysno-peuksia siilosta. Paras esimerkki karkeuserojen vaikutuksesta tyhjenemisnopeu-teen on 1. linjan vaihdot 5.1.2016 ja 11.1.2016. Aluksi hieno M15 vaihtui karkeam-paan M20SL-tuotteeseen. Seuraavassa vaihdossa M20SL vaihtuu takaisin M15:sta. Eli hieno karkeaan ja takaisin hienoon. Tyhjenemisaika hieno-karkealle oli 60 minuuttia. Vastaavasti karkea-hienolle vain 30 minuuttia. Samansuuntainen ilmiö oli havaittavissa muissakin hieno-karkea- ja karkea-hienovaihdoissa. Vaikka ajassa mitattuna karkea tyhjensi hienoa nopeammin, suhteelliset osuudet vaihdon kokonaisajasta mitattuna käyttäytyivät päinvastoin. Karkealla tyhjeneminen vei 75 % ja hienolla 57 % vaihdon kokonaisajasta. Tulos johtui siitä, että hienojen vaihdon kokonaisaika oli paljon pidempi kuin karkeiden. Tässä tapauksessa 2,63-kertai-nen. Taulukon muissa häiriöttömissä vaihdoissa oli nähtävissä samat ilmiöt.

Taulukko 1. Vaihtojen kesto ja säkityssiilon tyhjenemisajat

PVM	Linja	Vanha laatu	Uusi laatu	Kokonaiskesto (min)	Häiriöt (min)	Tyhjenemisaika (min)	Tyhjenemisen %osuus
5.1.16	1.	M15	M20SL	105	-	60	57 %
11.1.16	1.	M20SL	M15	40	-	30	75 %
14.1.16	2.	M40	M50	170	30	150	86 %
15.1.16	2.	M50	M30	30	-	15	50 %
29.1.16	2.	M40	M50	75	-	45	60 %
30.1.16	2.	M50	M05N	80	-	55	69 %
1.2.2016	2.	M05N	M05SL	145	130	135	33 %
3.2.2016	2.	M05SL	M20SL	155	60	145	89 %
3.2.2016	1.	M15	M30SL	150	60	140	89 %

Siilossa olevan tuotteen määrän havaitsemiseksi oli olemassa vain siilon ylärajan merkkivalo, joka ilmoitti siilon olevan täynnä. Välitilanteista ei saatu tietoa. Laadunvaihdon kannalta tieto siilossa olevan tuotteen määrästä olisi ollut hyödyllinen, sillä sen perusteella ajo säkityssiiloon olisi voitu keskeyttää aikaisemmassa vaiheessa. Aloituksen olisi pystynyt ajoittamaan paremmin.

Havainnoinnin yhteydessä huomattiin osan käyttölaitteiden käyttökytkimistä toimivan heikosti, mikä puolestaan viivästytti osaa toimenpiteistä. Myös erilaisten tunnistimien ja anturien toimintahäiriöt hidastivat toimintaa ajoittain. Ongelman poistaminen olisi kuitenkin ollut pölyisten ja aika ajoin kylmien olosuhteiden vuoksi erittäin haastavaa. Pöly ja lämpötilavaihtelujen aiheuttama huurtuminen muodostivat optisille antureille näköesteen.

#### 6.4 Työohje

Laadunvaihtoprosessia seurattaessa ja havaintoja tehdessä havaittiin, että laadunvaihtoon ei löydy yhtenäistä työohjetta, josta kävisi ilmi suoritettavat toimenpiteet



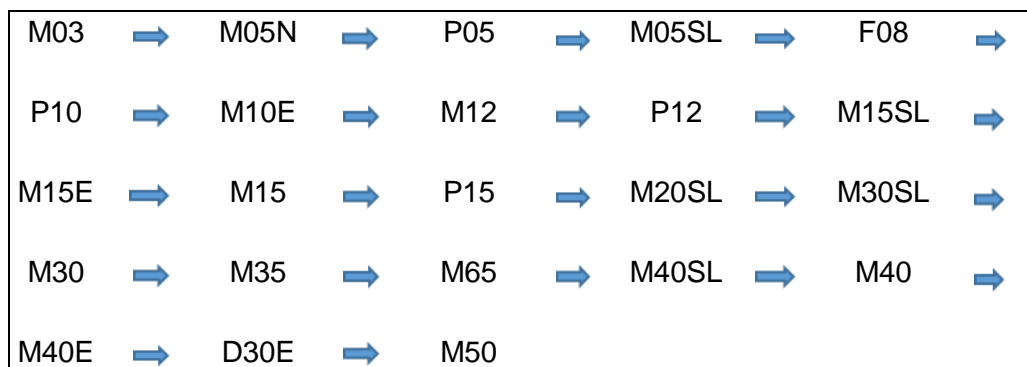
ja jonka mukaan vaihdon voi toteuttaa, tai josta voi tarpeen mukaan tarkistaa tehtävät toimenpiteet tai analyysit. Laadunvaihdossa tehtävät toimenpiteet ovat olleet siis säkittäjien ulkoa oppimia.

Työohjeen sisältö tehtiin laadunvaihtojen yhteydessä tehtyjen muistiinpanojen ja henkilökunnan haastatteluista saatujen tietojen pohjalta. Ohjeeseen valikoitiin laadunvaihdon kannalta tärkeät vaiheet. Ne on esitetty loogisessa järjestyksessä ja ne sisältävät tarkentavia tietoja toimenpiteeseen liittyen.

## 6.5 Säkitysjärjestys

Taulukkoon 2 on koottu kaikki tuotteet ja ne on jaoteltu raekoon mukaan. Karkeiden tuotteiden jälkeen säkitetty hieno tuote sisälsi lähes aina ylikokoisia partikkeleita. Laatu poikkeama nähtiin X98-arvon ylityksestä. Säkitysjärjestys laadittiin siten, että säkitys etenee hienoista tuotteista karkeisiin tuotteisiin, jolloin maksimi-raekoko kasvaa siirryttäessä seuraavaan tuotteeseen.

Taulukko 2. Säkitysjärjestys



## 7 PARANNUSEHDOTUKSET

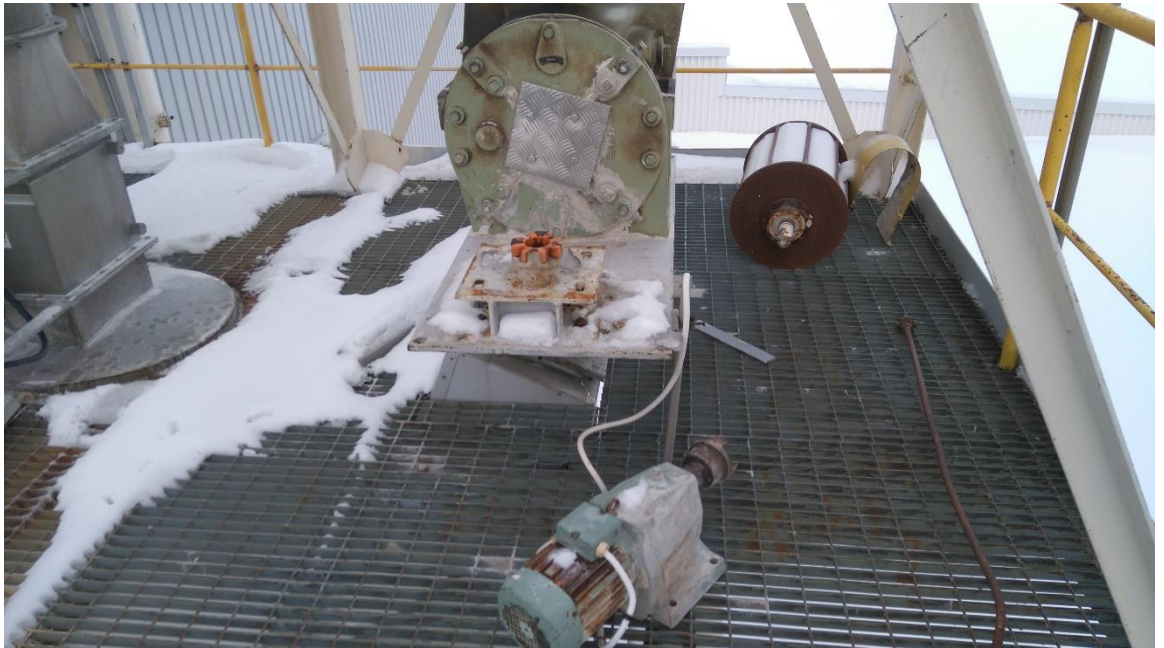
Tässä luvussa esitellään laadunvaihtojen tehostamiseksi suositeltavia toimenpiteitä sekä muita mahdollisia parannusehdotuksia.

### 7.1 Siilosuodin ja lokero

Yksi 2. linjan toiminnan kannalta tärkeä tekijä on suotimen lokeron toimivuus (kuva 22). Toimimattomana se hidastaa hienojen tuotteiden säkitystä, koska talkkia pääsee kertymään suotimiin. Niiden tyhjentämiseen kuluva aika pidentää vaihdon kokonaisaika ja laskee näin prosessin tehokkuutta.

Yksi parannuskeino voisi olla suotimen ja lokeron väliin asennettava lokero, joka muodostaa ilmalukon. Tällä tavoin takaisin virtaavan hienon talkin määrä saataisiin katkaistua. Toinen keino voisi olla uusien suodatinmateriaalin kokeileminen. Vaihtamisella tuotteen kertymistä voitaisiin ainakin osittain helpottaa. Uusien suodatinmateriaalien käyttöä voitaisiin kokeilla esimerkiksi asentamalla sellainen vain toiselle linjalle. Tällöin voitaisiin vertailla suodatinmateriaalien käyttökelpoisuutta. Se olisi myös taloudellisesti edullisempää.

Myös eri tuotteiden soveltuvuutta eri säkityslinjalle olisi hyvä kartoittaa, sillä säkityslinjojen siilo- ja suodinjärjestelmissä on eroja, joilla voi olla vaikutusta säkityksen ja laadunvaihdon tehokkuuteen. Linjojen tuloksia vertailemalla on mahdollista optimoida oikea tuote oikealle linjalle.



Kuva 22. Linjan 2 suotimen käytöstä poistettu lokero

## 7.2 Siilon pinnanmittaus ja punnitus

Nykyinen pinnanmittausjärjestelmä antaa tiedon vain silloin, kun siilo on täynnä. Tällöin merkkivalo palaa kytkentäpaneelissa (kuva 23). Välitietoja pinnankorkeudesta tai siilon tuotemäärästä ei saada merkkivalon sammuttua. Tämä hankaloittaa säkittäjän työtä laadunvaihdon lähestyessä, koska säkittäjän on arvioitava, milloin ajo siiloon on katkaistava, jotta tuote-erä saadaan valmiiksi.

Jatkuvalla pinnanmittauksella tai siilon punnituksella olisi mahdollista optimoida siiloon ajettavan tuotteen määrä. Näin voitaisiin säkittää mahdollisimman tarkasti haluttu tuote-erä eikä syntyisi vajaita tuotepaletteja eikä ylimääräistä tuotantoa ja työvaiheita. Siiloon asennettava vaakajärjestelmä olisi siilossa olevan tuotteen määrän selvittämiseksi tarkempi ja hyödyllisempi kuin pinnanmittaus, sillä vaaka ilmoittaa suoraan siilossa olevan tavaran massan. Pinnanmittaus olisi myös hyödyllinen, mutta sen antama informaatio ei antaisi suoraa tietoa sisällön kilomäärästä. Mittausmenetelmien valinnassa on huomioitava, että talkin pölyäminen siilossa hankaloittaa esimerkiksi pinnanmittausta, joten optiset

ratkaisut eivät mahdollisesti toimi halutulla tavalla. Vaakajärjestelmä on pinnanmittausjärjestelmää kalliimpi niin hankinta- kuin asennuskustannusten suhteen, mutta se olisi kuitenkin ensisijainen vaihtoehto siilon tuotemäärän havainnointiin.



Kuva 213. Siilon ylärajan merkkivalo

### 7.3 Siilon tyhjeneminen

Säkityssiilon pinnan lähestyessä pohjaa ja tuotteen alkaessa loppua tuotteen purkautuminen siilosta hidastuu. Tämä johtuu talkin kertymisestä siilon reunoihin. Säkittäjä huomaa tämän annosteluajan ylittymisestä. Siilon purkunopeuden hidastumista voitaisiin ennustaa paremmin esimerkiksi vaakajärjestelmällä, jota esitettiin kokeiltavaksi myös pinnanmittauksen yhteydessä.

Käytännössä siilon purkunopeutta voitaisiin parantaa käyttämällä esimerkiksi fluidisointia, jossa paineilmaa ohjattaisiin suuttimien läpi siilon pohjaosaan. Toinen vaihtoehto on tärytyslaitteiston asentaminen. Täryn käyttö metallisissa siloissa irrottaisi talkkia tehokkaasti, koska tärinän vaikutus välittyy resonoinnin ansioista tehokkaasti laajalle alueelle.

#### 7.4 Yleiset parannukset

Laadunvaihtoprosessin yhteydessä käytetään paljon ohjauspaneelin käyttökytkimiä, joilla hallitaan muun muassa syöttölaitteita, säkin kuljetinta ja kuljetinhihnoja (kuva 16). Näiden käyttö on myös välttämätöntä normaalin tuotannon ollessa käynnissä, joten niiden kunto tulisi tarkastaa säännöllisesti ja tarvittaessa puhdistaa tai vaihtaa uusiin. Käyttökytkimen merkkivalon tulisi myös toimia, jotta nähdään, onko laite tai moottori käytössä. Huonokuntoiset kytkimet hidastavat työskentelyä, alentavat tehokkuutta ja voivat aiheuttaa pahimmillaan vaaratilanteita.

#### 7.5 Näytteiden analysointi

Laadunvaihdon yhteydessä säkitettävistä tuotteista otetaan säkitysnäytteitä, jotka säkittäjä analysoi laseranalyssaattorilla ja tekee mahdollisesti myös vaaleus-analyysin, jos tuote sitä vaatii. Nykyisten laser-analyysin tulosten X50- ja X98-arvojen vertailu tuotespesifikaatioarvoihin ei ole luotettavaa, sillä ne on ilmoitettu sedigrafin tulosten D50- ja D98-arvoina. Nämä eivät vastaa täysin toisiaan.

Analyysitulosten tulkitsemisen helpottamiseksi ja työn nopeuttamiseksi tuotteille tulisi siis joko asettaa X50- ja X98-arvot tai valmistaa vertailutaulukko, jossa voidaan helposti vertailla laseranalyysin ja sedigrafin tuloksia keskenään.

#### 7.6 Työohje

Työohje on esitetty liitteenä (liite 2). Laadunvaihdon suorittamiseen ei ole ollut erillistä kirjallista ohjetta, jonka mukaan laadunvaihto voitaisiin toteuttaa.

Työohje toimii kokeneempien työntekijöiden tarkastuslistana, josta voidaan tarkistaa vaihdon edetessä esimerkiksi uudelle tuotteelle tehtävät analyysit. Työohje

helpottaa varsinkin uusien työntekijöiden perehdyttämistä. Kirjoitetut ohjeet nopeuttavat ja selkeyttävät työtä ja siten omalta osaltaan parantavat tehokkuutta.

### 7.7 Säkitysjärjestys

Säkitysjärjestys on esitetty tulosten yhteydessä luvussa 6.5. Sen ideana on säkitää hieno laatu ennen karkeaa. Näin vältetään yläpään partikkeleiden aiheuttamat spesifikaatorajojen ylitykset hienoissa tuotteissa.

Säkitysjärjestyksen ja vaihtojen lukumäärän ohella kolmas tehokkuuteen vaikuttava asia on säkityssarjan koko. Lyhyitä sarjoja ajettaessa laadunvaihtoja on tehtävä useammin kuin pitkiä sarjoja ajettaessa. Neljäs huomioitava asia on säkityspiippujen vaihtotarve ja siihen kuluva aika. Tiedetään, että laadunvaihto, jossa piiput on vaihdettava, on ajallisesti selvästi pidempi kuin ilman vaihtoa. Tuotannossa tulisikin välttää tilanteita, joissa ensiksi säkitetään tuotetta, joka käyttää esimerkiksi isoja säkityspiippuja. Sen jälkeen suoritetaan laadunvaihto tuotteeseen, joka käyttää pieniä säkityspiippuja ja jota säkitetään vain esimerkiksi 50 pallettia. Tämän jälkeen suoritetaan taas uusi laadunvaihto, jossa tarvitaan isot piiput uudestaan. Ylimääräiseen laadunvaihtoon käytetyssä ajassa voitaisiin säkittää parhaimmassa tapauksessa useita palletoja.

Laadunvaihtoon kuluva kokonaisaika voi venyä myös työvuoroon normaalisti kuuluvien taukojen vuoksi, sillä esimerkiksi ruokatunnin ja laadunvaihdon sattuessa samaan aikaan voi vaihtoaika olla jopa kaksinkertainen normaaliin verrattuna.

### 7.8 Tehokkuusmittaus

Kokonaistehokkuuden (OEE) mittaamista talkin säkityksessä ei tällä hetkellä käytetä. Mittauksen käytöstä on selkeitä hyötyjä tuotannon optimoinnissa, sillä sen avulla voidaan löytää esimerkiksi tuotannon pullonkaulat. Tuotannon kokonaistehokkuuden laskemiseen on monia syitä, mutta päätekijät ovat

käytettävyys, nopeus ja laatu. Päätekijöiden alalajeja mittaamalla voidaan selvittää vikaantumiseen johtaneita syitä. Käytettävyyteen vaikuttaa esimerkiksi moottorin tai laakerin rikkoontuminen. OEE-mittaamisen avulla pyritään täydelliseen tuotantoon, jolla tarkoitetaan tuotannon käyntiä täydellä nopeudella, yhdistettynä tuotantoon, jossa ei synny viallisia tuotteita tai hukkatuotteita, eikä tuotanto pysähdy missään vaiheessa. Mittausta käyttämällä voidaan siis havaita missä aikaa hukataan ja panostaa niihin.

Tässä työssä käsiteltyjä laadunvaihdon mittauksia, työohjetta ja säkitysjärjestystä voidaan pitää OEE-mittaamisen periaatteen mukaisina toimenpiteinä.

## 8 YHTEENVETO

Opinnäytetyö käynnistyi suunnittelulla. Siinä käytiin läpi säkityksen laadunvaihtoon liittyviä käytäntöjä ja linjojen varustusta sekä asioita, joita työn tulee käsitellä ja millaisia ratkaisuja halutaan.

Tutkimuksen tavoitteena oli talkin säkityksessä tehtävien laadunvaihtojen tehostaminen. Tutkimuksessa selvitettiin säkityksen laadunvaihtojen ajallisia kestoja sekä laadunvaihtojen nopeuteen vaikuttavia tekijöitä. Työn lopputuloksena oli parannusehdotuksia paperisäkityslinjojen laadunvaihtoon sekä optimoitu säkitysjärjestys tuotteille. Työssä laadittiin myös erillinen yhtenäinen työohje laadunvaihdon toteutukseen.

Tutkimuksessa kerättiin tietoa useiden eri tuotteiden laadunvaihtoajoista sekä laadunvaihtoon liittyvistä ongelmakohdista. Työn aikana havaittiin myös muita parannuskohteita. Työhön tehtiin erillinen parannusehdotuksia käsittelevä luku, jossa havaittuihin ongelmiin on esitetty ratkaisuehdotuksia lyhyin perusteluin.

Tässä opinnäytetyössä esitetyistä parannusehdotuksista suotimen lokero on asennettu 2. linjaan. Siihen liittyvät mittaustulokset eivät ehtineet tähän työhön, koska ensimmäinen koesarja ei onnistunut. Parannusehdotuksen käyttökelpoisuus ja muut mahdolliset toimenpiteet jäävät myöhemmin todettaviksi.



## LÄHTEET

- [1] Who we are: An overview (www-dokumentti). Viitattu 14.3.2016.  
<http://www.mondominerals.com/en/the-talc-company/>.
- [2] Teollisuusmineraalien tuotanto (www-dokumentti). Viitattu 14.3.2016.  
<http://kaiva.fi/kaivannaisala/kaivostoiminta/teollisuusmineraalikaivokset/>.
- [3] Growth and innovation: Our origin (www-dokumentti). Viitattu 14.3.2016.  
<http://www.mondominerals.com/en/the-talc-company/origin/>.
- [4] Talc products – Custom-tailored (www-dokumentti). Viitattu 14.3.2016.  
<http://www.mondominerals.com/en/talc-products/>.
- [5] Talc (www-dokumentti). Viitattu 16.3.2016.  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Talc>.
- [6] Moshin asteikko (www-dokumentti). Viitattu 16.3.2016.  
<http://www.spectrostone.fi/kivitetoa/14>.
- [7] The softest mineral in the world: Mineralogy & geology (www-dokumentti). Viitattu 17.3.2016.  
<http://www.mondominerals.com/en/talc-production/mineralogy-geology/>.
- [8] Mitä ovat metamorfiset kivet? (www-dokumentti). Viitattu 17.3.2016.  
<http://www.geologia.fi/index.php/2011-12-21-12-30-30/2011-12-21-12-40-22/mitae-ovat-metamorfiset-kivet>.
- [9] Talkkimalmi kuva (www-lähde). Viitattu 6.4.2016.  
[http://www.mondominerals.com/uploads/pics/mm\\_stone\\_1.jpg](http://www.mondominerals.com/uploads/pics/mm_stone_1.jpg).
- [10] Talkkijauhe kuva (www-lähde). Viitattu 6.4.2016.  
<http://www.mondominerals.com/typo3temp/pics/ce4e5d645d.jpg>.

- [11] Talc applications - Added value in powder form (www-dokumentti). Viitattu 20.3.2016.  
<http://www.mondominerals.com/en/talc-applications/>
- [12] Puuterirasia kuva (www-lähde). Viitattu 6.4.2016.  
[http://www.mondominerals.com/uploads/pics/apps\\_cosmetics\\_01.jpg](http://www.mondominerals.com/uploads/pics/apps_cosmetics_01.jpg).
- [13] No compromises: Quality management (www-dokumentti). Viitattu 29.4.2016  
<http://www.mondominerals.com/en/talc-production/quality-management/>.
- [14] Good ideas: Research & development (www-dokumentti). Viitattu 29.4.2016.  
<http://www.mondominerals.com/en/talc-production/research-development/>.
- [15] Laser diffraction (www-dokumentti). Viitattu 3.4.2016.  
<https://www.sympatec.com/EN/LaserDiffraction/LaserDiffraction.html>.
- [16] Sedigraph III PLUS (www-dokumentti). Viitattu 4.4.2016.  
[http://www.micromeritics.com/Repository/Files/SediGraph\\_III\\_Plus.pdf](http://www.micromeritics.com/Repository/Files/SediGraph_III_Plus.pdf).
- [17] Elrepho (www-dokumentti). Viitattu 6.4.2016.  
[http://l-w.com/images/stories/LorentzenWettre/PDF\\_product\\_info/Elrepho\\_071\\_070.pdf](http://l-w.com/images/stories/LorentzenWettre/PDF_product_info/Elrepho_071_070.pdf).
- [18] Miksi OEE/KNL-tunnuslukua on tärkeä seurata?(www-dokumentti).Viitattu 6.4.2016.  
[http://www.arroweng.fi/fi/ratkaisut/machine-track-tuotantotehokkuus-kasvuun-lean-tuotannolla/oee-knl-kokonaistehokkuuden-mittaaminen/?snsrc=aws\\_ce0cd3263f39a65d7a065780b03f1ce095078551973&snkw=oee&gclid=CL2wiLjrj8sCFacLcwodU1wMZQ](http://www.arroweng.fi/fi/ratkaisut/machine-track-tuotantotehokkuus-kasvuun-lean-tuotannolla/oee-knl-kokonaistehokkuuden-mittaaminen/?snsrc=aws_ce0cd3263f39a65d7a065780b03f1ce095078551973&snkw=oee&gclid=CL2wiLjrj8sCFacLcwodU1wMZQ).

- [19] Tuotantokoneiden kokonaistehokkuus, OEE (www-dokumentti). Viitattu 8.4.2016  
[http://www.prosessitaito.fi/Tuotantokoneiden\\_kokonaistehokkuus\\_OEE.pdf](http://www.prosessitaito.fi/Tuotantokoneiden_kokonaistehokkuus_OEE.pdf).

## LIITTEET

Taulukko. Laadunvaihtojen kellotukset

PVM	Linja	Vanha laatu	Uusi laatu	Huomioita			
5.1.2016	1	M15	M20SL				
Klo							
16:40	16:50	17:15	17:40	17:45	18:00	18:15	18:25
Puhallin on/off	Rikkosäkit, säkkien vaihto, linjaston tyhjennys	Uuden tuotteen tilaaminen	Rikkosäkit/Huuhtelu	1. säkki -> Laser näyte ja vaaleus -> Laser OK, vaaleus EI	Lisähuuhtelu	2. säkki -> Laser näyte ja vaaleus -> Laser OK, vaaleus OK	Säkitys alkaa

PVM	Linja	Vanha laatu	Uusi laatu	Huomioita			
11.1.2016	1	M20SL	M15	Ajo sammutettu yöllä/aamulla			
Klo							
11:00	11:15	11:20	11:30	11:40			
Puhallin on/off, Rikkosäkit	Uuden tuotteen tilaaminen	Säkkien vaihto, linjaston tyhjennys	1. säkki -> Laser näyte -> OK	Säkitys alkaa			

PVM	Linja	Vanha laatu	Uusi laatu	Huomioita			
14.1.2016	2.	M40	M50	Uuden tuotteen saaminen kesti venttiilin jumittuttua, laserin tietokone jumissa			
Klo							
8:40	9:00	9:15	9:35	10:40	11:10	11:30	
Puhallin on/off	Puhallin on/off	Puhallin on/off	Rikkosäkit, Säkkien vaihto	Uuden tuotteen tilaaminen	1. säkki -> laser näyte -> OK	Säkitys alkaa	

PVM	Linja	Vanha laatu	Uusi laatu	Huomioita			
15.1.2016	2.	M50	M30				
<b>Klo</b>							
<b>15:20</b>	<b>15:25</b>	<b>15:30</b>	<b>15:35</b>	<b>15:40</b>	<b>15:45</b>	<b>15:50</b>	
Siilo tyhjä,puhallin on/off	Rikkosäkit	Huuh-telu(M30), tekstin ja lava-korkeuden muuttaminen	1. säkki -> Laser näyte -> EI	Lisähuuh-telu	2. säkki -> Laser näyte -> OK	Säkitys alkaa	

PVM	Linja	Vanha laatu	Uusi laatu	Huomioita			
29.1.2016	2.	M40	M50	Ilta-/yövuoro sammuttanut linjan			
<b>Klo</b>							
<b>9:15</b>	<b>9:55</b>	<b>10:00</b>	<b>10:05</b>	<b>10:10</b>	<b>10:15</b>	<b>10:20</b>	<b>10:30</b>
Puhallin on/off, säkkien ja tekstien vaihto	Rikkosäkit/Huuh-telu	1. säkki -> Laser näyte -> EI	Lisähuuh-telu	2. säkki -> Laser näyte -> EI	Lisähuuh-telu	3. säkki -> Laser näyte -> OK	Säkitys alkaa

PVM	Linja	Vanha laatu	Uusi laatu	Huomioita			
30.1.2016	2.	M50	M05N	Siilo tyhjä laadunvaihdon alkaessa			
<b>Klo</b>							
<b>6:15</b>	<b>6:40</b>	<b>7:00</b>	<b>7:10</b>	<b>7:20</b>	<b>7:30</b>	<b>7:35</b>	
Siilon tyhjennys, (puhallin on/off), uuden tuotteen tilaaminen	Säkkien vaihto, kärkien ja nokan vaihto, säkin tekstin vaihto	Rikkosäkit/Huuh-telu	1. säkki -> Laser näyte -> EI	Lisähuuh-telu	2. säkki -> Laser näyte -> OK	Säkitys alkaa	

PVM	Linja	Vanha laatu	Uusi laatu	Huomioita			
1.2.2016	2.	M05N	M05SL	Kone seis laadunvaihdon alkaessa, *venttiili jumissa -> ei uutta tuotetta			
<b>Klo</b>							
<b>12:30</b>	<b>12:35</b>	<b>14:45</b>	<b>14:50</b>	<b>14:55</b>			
Rikkosäkit	Uuden tuotteen tilaaminen*	Rikkosäkit/Huuhtelu -> Laser näyte -> EI	Lisähuuhtelu -> Laser näyte -> OK	Säkitys alkaa			

PVM	Linja	Vanha laatu	Uusi laatu	Huomioita			
3.2.2016	2.	M05SL	M20SL	Ajo pysäytetty klo 03:00, *( 5 säkkiä vajaa lava-> ripistellään viimeiset jotta lava täyteen)			
<b>Klo</b>							
<b>8:45</b>	<b>9:30</b>	<b>9:45</b>	<b>10:45</b>	<b>11:00</b>	<b>11:10</b>	<b>11:20</b>	
Puhallin on/off (kaksi kertaa aiemmin)*	Rikkosäkit	Linjaston tyhjennys, vajaan lavan täyttö	Uuden tuotteen tilaaminen, rikkolavojen huputus	Rikkosäkit, ohjelman muuttaminen	1. säkki -> Laser näyte -> OK	Säkitys alkaa	

PVM	Linja	Vanha laatu	Uusi laatu	Huomioita			
3.2.2016	1.	M15	M30SL	2.Piipun vaa'an kalibrointi			
<b>Klo</b>							
<b>12:50</b>	<b>13:15</b>	<b>14:15</b>	<b>14:30</b>	<b>14:40</b>	<b>15:00</b>	<b>15:15</b>	<b>15:20</b>
Puhallin on/off	Puhallin on/off, 2.piippu häiriössä -> huolto	Rikkosäkit	Uuden tuotteen tilaaminen	Linjaston tyhjennys (vajaa palletti)	Rikkosäkit/Huuhtelu	1. säkki -> Laser ja vaa-leus -> Laser OK, Vaa-leus OK	Säkitys alkaa

## **LAADUNVAIHDON TYÖOHJE**

### **1. SUOTIMEN PUHDISTUS**

- Sammutetaan siilosuotimen puhaltimen moottori
- Käynnistetään tuotteen hienojakoisuudesta riippuen 5-10 minuutin kuluttua uudelleen
- Puhallin sammutetaan 2-5 kertaa, tarvittaessa useammin

### **2. RIKKOSÄKIT**

- Huuhdellaan rikkosäkkien läpi vanha tuote säkityskopin kaukaloon
- Sammutetaan siilosuotimen puhaltimen moottoria huuhtelun aikana
- Kaukalon täry päälle tarvittaessa
- Huuhtelu lopetetaan, kun säkkien läpi virtaa vain ilmaa

### **3. UUDEN TUOTTEEN TILAUS**

- Tilataan valvomosta uusi tuote säkityssiiloon

### **4. SÄKKIEN, PIIPPUJEN JA NOKAN VAIHTO**

- Vaihdetaan uudet säkit säkkilinjalle
- Tarvittaessa vaihdetaan piiput ja avaajanokka

### **5. HUUHTELU UUDELLA TUOTTEELLA**

- Huuhdellaan laitteisto uudella tuotteella rikkosäkkien läpi säkityskopin kaukaloon
- Huuhtelu voidaan suorittaa useamman kerran ennen säkkien täyttämistä
- Karkeilla tuotteilla suoritettava lyhyempiä huuhtelu jaksoja, jottei kaukalon ruuvi tukkeudu

### **6. ASETUSTEN VAIHTO**

- Vaihdetaan tuotetekstit säkittämön tietokoneelta
- Tarkastetaan kirjoittimelta tekstin oikeellisuus

- Vaihetaan säkitysohjelma tarvittaessa, sekä vaihdetaan lavakorkeus oikeaksi

## **7. NÄYTTEIDEN OTTAMINEN**

- Näytteenottamista varten säkitetään yksi säkki
- Säkki otetaan rikkosäkkilinjalle, otetaan näyte
- Näytteestä tehdään laseranalyysi
- SL-tuotteista tehdään lisäksi vaaleusanalyysi
- Näytteiden ollessa OK=> Säkitys voidaan aloittaa
- Näytteiden poiketessa arvoista=> Toistetaan vaihe 5 ja 7