

Opinnäytetyö (AMK)  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Koneautomaatio  
2015

Joonas Kyllönen

# HIEKANKUIVAUKSEN TEHOSTAMINEN



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Koneautomaatio

2015 | 36

Ohjaajat: Timo Vaskikari ja Niklas Engblom

Joonas Kyllönen

## HIEKANKUIVAUKSEN TEHOSTAMINEN

Opinnäytetyön tilaajana toimi Saint-Gobain Weber Oy Ab ja toimipisteenä Kiikalan kuivatuotetehdas. Tavoitteena oli perehtyä hiekankuivausprosessin nykytilanteeseen ja löytää mahdolliset prosessia hidastavat ongelmakohtat.

Hiekankuivausprosessi oli säädetty toimimaan kokemuksen perusteella parhaimmalla luotettavuudella. Hiekankuivain on suunniteltu toimimaan jatkuvan tasaisen materiaalivirran avulla kellon ympäri. Tasalaatuisen lämpötilan ja kosteusarvon omaava hiekka on tärkeä osa laadukkaiden lopputuotteiden valmistuksessa.

Opinnäytetyö käynnistettiin selvittämällä Kiikalan kuivatuotetehtaan hiekankuivauksen nykyinen tilanne toiminnankuvauksen avulla. Toiminnankuvauksessa käydään läpi linjaston toiminta vaihe vaiheelta. Toiminnankuvauksen jälkeen selvitettiin kyselytutkimuksen avulla työntekijöiltä tarkennusta vaativia asioita kuivauksen toiminnasta. Lisäksi järjestettiin mittaus, jonka avulla saatiin hiekankuivauksen arkipäiväisestä toiminnasta lisää tietoa analysoitavaksi.

Opinnäytetyön avulla hiekankuivausprosessista ilmeni erilaisia hidastavia ongelmakohtia, kuten mittatietojen puuttuminen, yhden raekoon siilon tai siilojen täyttyminen, talven vaikutukset linjaston toimintaan ja märän hiekan pääseminen siiloon asti. Hiekankuivausprosessin toimintaa voitaisiin ensisijaisesti parantaa pitkäaikaisella mittatietojen keräyksellä, jolloin pystyttäisiin varmistamaan linjastoon tehtävien muutoksien vaikutus toimintaan.

ASIASANAT:

hiekkä, kuivaus, seulonta, leijupeti

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering | Machine Automation

2015 | 36

Instructors: Timo Vaskikari and Niklas Engblom

Joonas Kyllönen

# INCREASING THE PERFORMANCE OF SAND DRYING PROCESS

The thesis was commissioned by Saint-Gobain Weber Oy Ab and the place of business was Kiiikala Premix plant. The main aim of the thesis was to explore the current state of sand drying process and to find possible issues preventing the process from working with highest efficiency.

The sand drying process setup was used with best known and experienced settings. The sand drying process is designed to work continuously around the clock with stable product feed. Stable temperature and moisture content of sand coming from the drying process is required for obtaining high quality end products for customers.

The thesis starts with the inspection of the current state of the drying process step by step. The second part of the thesis consisted of clarifying the usage of the drying process by conducting a survey for the operators of control room. In the third part of thesis measurement data was collected from the dryer and then analyzed with different methods.

As a result various issues with the sand drying process were discovered, such as lack of measurement data, drying process stops when a single grain size silo or silos fill up, impact of winter season to the process and wet sand reaching the silos. Long-term measurements should be gathered to ensure the effect of the changes made to the sand drying process.

KEYWORDS:

sand, drying, sieving, fluidized bed

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET</b>	<b>6</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
1.1 Työn tavoite ja tausta	7
1.2 Saint-Gobain Weber Oy Ab	8
<b>2 HIEKANKUIVAUKSEN TEORIAA</b>	<b>9</b>
2.1 Leijupetikuivain	10
2.2 Seulonta	10
<b>3 HIEKANKUIVAUKSEN TOIMINNANKUVAUS</b>	<b>11</b>
3.1 Välppä	12
3.2 Esiseula	12
3.3 Ventilex-hiekankuivan	13
3.4 Kontrolliseula	13
3.5 Elevaattori	14
3.6 Loppuseulat	15
<b>4 KYSELYTUTKIMUS NYKYTILANTEESTA</b>	<b>16</b>
4.1 Hiekankuivauksen arvojen säätäminen	16
4.2 Eri arvojen seuraaminen valvomosta	16
4.3 Yleisimmät hiekankuivauksen pysähtymiseen johtavat viat	17
4.4 Tämän hetkinen kuivauskapasiteetti	17
4.5 Eri vuodenaikojen (kesä ja talvi) vaikutus hiekankuivauksen toimintaan	18
4.6 Kokemuksesi perusteella hiekankuivauksen pullonkaula	18
4.7 Parhaiten toimiva alue kuivauksessa	19
<b>5 AJOTIEDON KERÄÄMINEN JA ANALYSOINTI</b>	<b>20</b>
5.1 Mittausten analysointi	21
5.2 Ensimmäinen mittauspäivä	21
5.3 Toinen mittauspäivä	23
5.4 Kolmas mittauspäivä	23
5.5 Mittauspäivien yhteenveto	24

<b>6 PROSESSIN TEHOSTAMINEN</b>	<b>26</b>
6.1 Tiedon kerääminen	26
6.2 Elevaattorin toimintatavan muuttaminen	26
6.3 Tarpeelliset raekoot	27
6.4 Lisäanturit	28
6.5 Jatkuva toiminta	28
6.6 Märkä hiekka	29
6.7 Talven vaikutukset kuivaukseen	30
<b>7 YHTEENVETO</b>	<b>31</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>32</b>

## **LIITTEET**

- Liite 1. Weber hiekankuivaus -kysely
- Liite 2. Weber hiekankuivaus -mittaus vikataulukko
- Liite 3. TIC101 mittauspäivä 1. ja 3.
- Liite 4. TIC105 ja TIC305 mittauspäivä 1. ja 3.

## **KUVAT**

Kuva 1. Hiekankuivauksen pelkistetty prosessikaavio	11
Kuva 2. Elevaattori kotelossa	14
Kuva 3. Mogensen Sizer (Mogensen AB 2015)	15
Kuva 4. Mittauspisteet havainnollistettuna	20
Kuva 5. Kolmannen mittauspäivän hiekankuivauksen käynnistys.	23

## **TAULUKOT**

Taulukko 1. Ensimmäinen mittauspäivä kello 6:30–10:35	22
Taulukko 2. Ensimmäinen mittauspäivä kello 11:30–14:50	22
Taulukko 3. Kolmas mittauspäivä kello 7:00–11:15	24
Taulukko 4. Kolmas mittauspäivä kello 12:30–16:25.	24
Taulukko 5. Mittauspäivä 1. ja 3. suurimmat, pienimmät ja keskiarvot	25

## KÄYTETYT LYHENTEET

PLC	Ohjelmoitava logiikka (Programmable logic control)
SCADA	Valvomo-ohjelmisto (Supervisory Control And Data Acquisition)
Seula	Materiaalin erottelu eri raeluokkiin
SP	Asetusarvo (setpoint)
Välppä	Isosilmäinen seula
TIC	Temperature Indicator Controller

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tavoite ja tausta

Työn tavoitteena on muodostaa kokonaiskuva hiekankuivauksen nykyisestä tilanteesta ja järjestää mittatietojen kerääminen. Työn tulosten avulla pyritään nostamaan hiekankuivauksen kapasiteettia ja vähentämään hukkaenergiaa kustannuksien säästämiseksi.

Työssä esitellään Kiikalan kuivatuotetehtaan hiekankuivausprosessi. Työssä käytetään apuvälineenä kirjallisia lähteitä, haastatteluja ja muita mahdollisia materiaaleja. Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana on Saint-Gobain Weber Oy Ab.

Työ on jaettu tilanteen kartoituksen helpottamiseksi kolmivaiheiseksi eri menetelmien perusteella. Työn ensimmäisessä vaiheessa tarkastellaan nykyistä tilannetta kirjallisuuden ja laitteistosta löytyvien dokumenttien avulla, jotta saadaan käsitys, miten prosessi ja laitteisto käytännössä toimivat.

Ensimmäisen vaiheen jälkeen tehdään työntekijöille kyselytutkimus. Työntekijöiden kyselyn avulla saadaan lisätietoa linjaston normaalista käytöstä. Kyselyssä keskitytään eri osa-alueiden tarkasteluun ja saadaan laajempi näkemys nykytilanteesta. Ensimmäisessä osassa saatu tieto laitteistosta auttaa kysymysten tekemisessä ja helpottaa kyselyyn osallistuneiden vastauksien tulkintaa. Kyselyyn vastaavat valvomotyöntekijät.

Kolmannessa osassa keskitytään mittatiedon keräämiseen valvomotyöntekijän avulla. Järjestelmä ei tallenna mittatietoja automaattisesti, jolloin niiden kerääminen vaatii hyvää suunnitelmaa. Valvomon tietokoneen ruudulta pystytään manuaalisesti tarkastelemaan sen hetkisiä arvoja. Tärkeimmät lämpötila-arvot piirtyvät myös graafiseksi esitykseksi 20 minuutin ajanjaksoksi.

Toimintakuvauksen, työntekijöiden kyselyn ja mittatiedon keräyksen avulla saatuja tietoja käytetään lopuksi hiekankuivauslinjaston tehostamisen suunnitteluun.

## 1.2 Saint-Gobain Weber Oy Ab

Saint-Gobain Weber on laadukkaiden ja monipuolisten rakennustuotteiden kehittäjä, valmistaja ja markkinoija julkisivuista lattiatasoitteisiin. Weberin tärkeimpinä tuotemerkeinä ovat Kahi, Leca ja Vetonit. Suomessa Weberillä on kahdeksan tehdasta, neljä aluevarastoa ja noin 300 työntekijää. (Saint-Gobain Weber Oy 2014.)

Weber tarjoaa yli 600 tuotetta ja ratkaisua Suomessa. Maailmanlaajuisesti Weber-nimen alaisuudessa toimii useita yhtiöitä monessa eri maassa: jälleenmyyntiverkoston tukena on yli 200 tuotantolaitosta 43 maassa 10000 työntekijän voimin. (Saint-Gobain Weber Oy 2014.)

Saint-Gobain Weber Oy Ab Kiikalan kuivatuotetehdas valmistaa Vetonit-tuotteita Suomeen, Venäjälle ja Baltiaan. Vetonit-tuotteisiin kuuluu muun muassa erilaisia lattia- ja seinätasotteita.

Weber ja Broutin on perustettu Ranskassa 1900-luvun alussa valmistamaan kipsi- ja kalkkipohjaisia julkisivurappauksia Pariisissa sijaitsevissa tehtaissa. Vuonna 1927 yhtiöt yhdistyivät, ja vuonna 1946 yhtiö laajentui. Vuonna 1996 Weber liittyi osaksi Saint-Gobain-konsernia, jolloin yhtiöstä tuli Saint-Gobain Weber. Vuonna 2008 yhtiö osti Maxit Group -konsernin ja sai laajennettua Weber-liiketoiminnan muun muassa Pohjoismaihin ja Baltian maihin. Maxit Groupin ostamisen yhteydessä tuotteiden määrä laajeni. (Saint-Gobain Weber Oy 2014.)



## 2 HIEKANKUIVAUKSEN TEORIAA

Kuivauksessa poistetaan kuivattavasta aineesta vesi tai muu mahdollinen neste, jolloin aineen kosteuspitoisuus saadaan pudotettua halutulle tasolle. Kuivattavan aineen kosteus pystytään laskemaan kosteuden ja aineen massan suhteen. Kyseisessä kaavassa  $X$  on kuiva-aineen kosteus prosentteina (kaava 1). Yleisimmät menetelmät kosteuden poistamiseen materiaalista ovat luonteeltaan mekaanisia menetelmiä (esimerkiksi puristamalla). Lopullinen kuivaus suoritetaan yleensä lämpöenergian avulla. (Pihkala 1998, 88.)

Kaava 1

$$X = \frac{m_{\text{kosteus}}}{m_{\text{kuiva-aine}}} 100\%$$

Lämpö saadaan siirtymään materiaaliin esimerkiksi lämmitetyn ilman tai kaasujen avulla. Energiaa kuluu prosessissa materiaalin lämmittämiseen ja ennen kaikkea nesteen haihduttamiseen. Kuivausaikaan vaikuttaa materiaalin alkupeäinen kosteus, lämpötila ja tavoiteltava lopullinen kosteus. Kuivumisaika saadaan laskettua kaavan 2 avulla. (Pihkala 1998, 89.)

Kaava 2

$$t = \frac{m}{s * A}$$

$t$  = kuivausaika

$m$  = kuivauksen aikana poistettu kosteus

$A$  = kuivauspinta-ala

$s$  = kuivausnopeus (kg/m<sup>2</sup>h)

Kiinteässä materiaalissa kosteutta voi esiintyä esimerkiksi raekulmavetenä kiinteän aineen raoissa tai kapilaarikosteutena kiinteän aineen ohuissa putkistoissa. Kuivausnopeuteen vaikuttaa materiaalissa oleva kosteusmäärä, kuivauspinta-ala ja lämpötilaero. (Pihkala 1998, 88.)

## 2.1 Leijupetikuivain

Leijupetikuivaimessa hiekka kulkee pitkin rei'itettyä alustaa, jonka läpi lämmitetty ilma tai savukaasu puhalletaan. Kokoonpano liikkuu samalla ylös ja alas moottorin avulla. Jatkuva liike ja alle syötettävä ilma saa hiekasta juoksevaa, eli hiekka ikään kuin leijuu. Tästä tulee nimitys leijupetikuivain. Materiaalin tärinätaajuus ja kosteuspiitoisuus vaikuttaa tuotteen kulkeutumiseen kuivaajan läpi pituussuunnassa. (Ventilex B.V 2005.)

Leijupetikuivaimen toiminta on dynaamista, eli kuivattava materiaali on jatkuvassa liikkeessä kuivaimen sisällä (Pihkala 1998, 94).

## 2.2 Seulonta

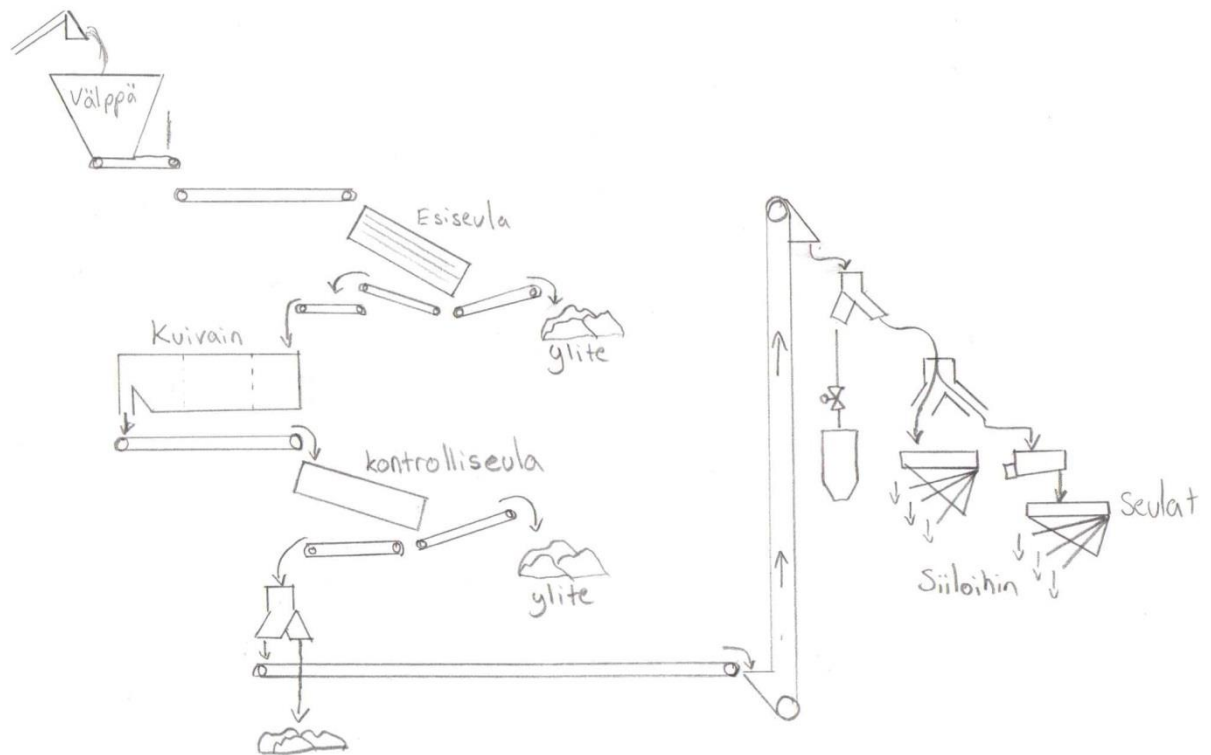
Seulonnalla materiaali saadaan eroteltua eri raeluokkiin. Erottelu tapahtuu verkon tai muun laitteen avulla, jonka aukkoihin yksittäistä rakeen kokoa voidaan verrata. Seulonnan kapasiteetti voidaan määrittää aineksen määrällä, joka läpäisee seulan tunnissa. Materiaalin saaminen liikkumaan seulalla tekee prosessista jatkuvaa. Materiaali saadaan liikkumaan kiinnittämällä seulaverkko tärisävään runkoon tai kiinnittämällä suoraan seulaverkkoon täryttimet. (Sandvik Mining and Construction 2003.)

Seulalle syöttö tapahtuu mahdollisimman tasaisesti esimerkiksi kuljettimen. Seulotun aineen poisto seulaverkoilta tapahtuu niin monen kuljettimen tai muun yhteen avulla kuin seulaverkkoja on lisättyä yhdellä. (Sandvik Mining and Construction 2003.)

Kiikalan kuivatuotetehdas tarvitsee vain pienen raekoon hiekkaa (<4 mm). Eri-laisilla seulonnoilla pyritään poistamaan tarpeettomat raekoot pois prosessista osittain jo ennen kuin ne siirretään kuivaukseen. Kuivausta ennen tapahtuva seulonta vähentää kuivatun aineen määrää, jolloin kuivaukseen kuluva hukka-energia pienenee.

### 3 HIEKANKUIVAUKSEN TOIMINNANKUVAUS

Kuiva ja seulottu raakahiikka on tärkeä osa laastien ja tasoitteiden tasalaatuisuuden ylläpitämisessä. Tässä työssä käsiteltävä hiekankuivausprosessi kattaa tehtaan ympäristössä sijaitsevan hiekankuivauksen, seulonnan, siirtämisen ja jakamisen raekokojen mukaan silloihin (kuva 1). Silloista hiekkaa käytetään loppullisen tuotteen valmistukseen tarvittavan raekoon mukaan. Kiikalan kuivatuotehtaalla valmistettavat lopputuotteet tarvitsevat tietynlaisia ominaisuuksia hiekalta, muun muassa koko vaikuttaa lopputuotteen käyttöominaisuuksiin.



Kuva 1. Hiekankuivauksen pelkistetty prosessikaavio

Automaattista prosessia valvotaan ja hallitaan viereisessä rakennuksessa sijaitsevan valvomon kautta. Seulojen viikoittainen huolto on tärkeä osa prosessin säilyttämisessä toimintakunnossa ja laitteiston toimintaiän pidentämisessä. Valvomon apuna on myös eri kuivauksen alueisiin asennettuja kameroita.

### 3.1 Välppä

Välppä on isoreikäinen seulontalaite, jonka avulla vältetään suurimpien kivien (>150 mm) pääseminen prosessiin ja vähennetään samalla turhan tavaran määrää kuivauksessa.

Hiekankuivausprosessi aloitetaan siirtämällä kostea hiekka kuormaimella välppälle. Välppä pystytään kippaamaan kahden sylinterin avulla. Välppän alapuolella olevan hiekkataskun avulla tasoitetaan kuljettimelle siirtyvän hiekkamassan määrää ja rajoitetaan liian suurien massojen siirtymistä prosessiin. Kuljettimen alkupäässä sijaitsevaa auraa pystytään portaattomasti ohjaamaan pystysuoraan karamoottorilla, jolloin hiekkamassan korkeutta voidaan muuttaa. Ensimmäisen kuljettimen syöttönopeutta pystytään muuttamaan haluttuun lukemaan valvomosta.

Materiaalin prosessissa eteenpäin siirtämiseen tarkoitettujen kuljettimien kapasiteeteiksi on mainittu 70 t/h, lukuun ottamatta seuloilta tulevan ylitteen poistoon tarkoitetut kuljettimet (Saret Oy 2005).

### 3.2 Esiseula

Hiekka siirretään hihnakuljettimen avulla hiekkataskusta viereisen rakennuksen sisällä sijaitsevaan esiseulaan. Kuljetin tipauttaa hiekan esiseulan päälle. Esiseulan avulla pystytään estämään liian suurien (>12 mm) raekokojen päätyminen kuivausprosessiin.

Esiseulan toiminta perustuu metallisäleikköön, jonka läpi hiekka ajetaan. Tärinän avulla ainoastaan tietyn kokoinen hiekka läpäisee metallisäleikön. Metallisäleikön välien mitat ylittävät kivet eivät mahdu säleikön läpi, vaan ne siirretään pois prosessista erillisen kuljettimen avulla. Sopivan raekoon hiekka jatkaa matkaa kuljettimella seuraavaan rakennukseen, jossa sijaitsee hiekankuivain.

Esiseulalta poistuvan ylitteen kuljettimen kapasiteetti on 20 t/h (Saret Oy 2005).

### 3.3 Ventilex-hiekankuivan

Kuivatuotetehtaan hiekankuivain on Ventilex:in toimittama leijupetikuivain. Kuivauksen lämmönlähteenä käytetään propaanikaasua, jonka poltosta syntyvät savukaasut puhalletaan keskipakopumpun avulla kuivaimen sisälle.

Hiekankuivaimesta poistuessaan hiekan lämpötila on noin 70 °C, joka on liian korkea hiekan siirtämistä ja lopullista käyttöä ajatellen. Hiekankuivaimen on asennettu jäähdytin, minkä avulla hiekan lämpötila saadaan laskettua noin 40 °C:seen ympäröivän lämpötilan ollessa 20 °C. Kuivain on tarkoitettu jatkuvaan käyttöön ja maksimitehon saavuttamiseksi materiaalivirtauksen tulee olla jatkuvaa. Kuivauksen yhteydessä syntyvä pöly otetaan talteen suodatinjärjestelmään, jonka avulla saadaan eroteltua hieno pöly ilmasta. Paineilmapuhdistuksen yhteydessä eroteltu pöly palautetaan suodattimesta hiekan sekaan kuivauksen jälkeiselle kuljettimelle. (Ventilex B.V 2005.)

Kuivaimen tulevan hiekan kosteus ja lämpötila vaihtelee vuodenajan mukaan. Kesällä hiekka voi olla kuivempaa ja lämpimämpää ennen kuivaukseen siirtymistä. Talvella hiekka voi taas olla kosteampaa ja kylmempää saattaen sisältää myös jääkokkareita. Kuivaimesta ulostulevan hiekan lämpötilan ja kosteuden pitämiseksi mahdollisimman vakiona on kuivaimessa sensoreita yhdistettynä PLC-ohjausyksikköön tarkkailemassa esimerkiksi kuivaimen sisään ja ulos tulevan hiekan lämpötiloja.

Hiekankuivaimen kapasiteetiksi on suunniteltu noin 60 tonnia tunnissa hiekan kosteuspitoisuuden ollessa noin 5 % ennen kuivausta (Ventilex B.V 2005).

### 3.4 Kontrolliseula

Kontrolliseula sijaitsee hiekankuivauksen jälkeen ja mahdollistaa liian suurien (>4 mm) kappaleiden poistamisen prosessista. Kontrolliseulan verkkojen välien koko on pienempi kuin väljän ja esiseulan. Pienet raekoot ovat vaikeampi seuloa kosteana ja liian suuren määrän seulominen kerralla vaikuttaa heikentävästi

seulan toimivuuteen, tästä johtuen kontrolliseula on hyvä olla kuivauksen jälkeen. Kontrolliseulalta poistuvan ylitteen kuljettimen kapasiteetti on 5 t/h (Saret Oy 2005).

### 3.5 Elevaattori

Kontrolliseulan jälkeen hiekka siirretään kuljettimella elevaattorille, jonka avulla kuiva hiekka nostetaan tornin huipulla sijaitseviin seuloihin. Elevaattori on toteutettu kauhojen avulla, joihin hiekka siirtyy suoraan hihnakuljettimelta. Kauhat tyhjäntyvät käyttäen aikaisemmin tyhjäntyneen kupin selkää liukualustana tarjoten tasaisemman materiaalin purkamisen. Kauhaelevaattori on asennettuna pystysuorasti tornin seinää vasten (kuva 2).



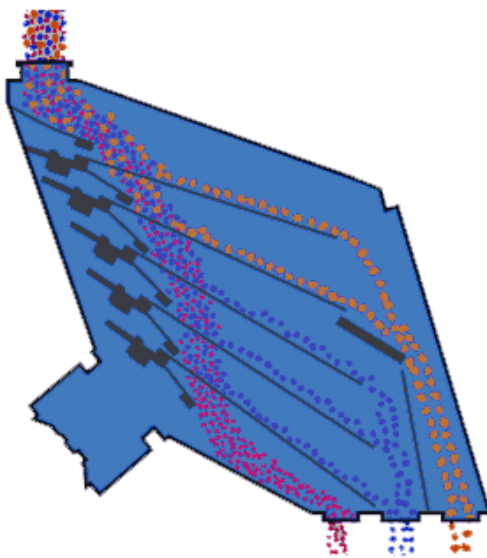
Kuva 2. Elevaattori kotelossa

Elevaattorin nimelliskapasiteettia ei pystytä tarkkaan määrittelemään alkuperäisen asennuksen jälkeen suoritetun teknisten muutosten takia. Tehtaan henkilökunnan mukaan hiekkaelevaattorin nimelliskapasiteetti lienee tällä hetkellä 40-45 t/h.

### 3.6 Loppuseulat

Seulat ovat Mogensen Oy:n toimittamat, ja niitä on kaksi kappaletta kuormituksen tasaamista helpottamaan (kuva 3). Hiekan jakautuminen tasaisesti molemmille seuloille on toteutettu säädettävän pellin avulla. Loppuseulat sijaitsevat tornin huipulla, jolloin hiekan valuminen silloihin tapahtuu painovoiman avulla. Seulassa on erikokoisia verkkoja, joiden läpi sopivan kokoiset kivet menevät ja isommat kivet erotellaan seulaa pitkin eteenpäin. Putket ohjaavat oikeat raekoot oikeisiin silloihin.

Loppuseuloihin on asennettuna tärinämoottorit pitämään hiekka jatkuvassa liikkeessä ja samalla helpotetaan hiekan kulkeutumista prosessin mukaisesti. Ilman tärinää hiekka kasaantuisi seulaverkkojen päälle aiheuttaen tukoksen. Lisäksi apuna käytetään seulaverkkojen päällä makaavia ketjuja, jotka osaltaan pakottavat hiekkarakeet seulaverkkojen silmien läpi.



Kuva 3. Mogensen Sizer (Mogensen AB 2015)

Seulaverkot ovat mahdollisia irrottaa seulan sisältä helpottaen huoltotoimenpiteitä. Seulojen kapasiteeteiksi on ilmoitettu 20t/h ja 30t/h (Fredrik Mogensen AB).

## 4 KYSELYTUTKIMUS NYKYTILANTEESTA

Hiekankuivausprosessissa toimivia työntekijöitä pyydettiin osallistumaan kyselytutkimukseen, jonka tavoitteena oli tarkastella heidän omakohtaisia kokemuksia hiekankuivauksen toiminnasta. Tavoitteena oli selvittää työntekijöiden näkemyksiä kuivauksen tämän hetkisestä toiminnasta, yleisimmistä vikatilanteista ja eri vuodenaikojen vaikutuksesta kuivaukseen. Kyselytutkimukseen päädyttiin mitta-aineiston puuttuessa.

Kyselyyn osallistui valvomotyöntekijöitä ja kysely suoritettiin valmiiksi tehtyjen kysymyksien avulla (Liite 1). Valvomotyöntekijöiden kanssa tehtyjen kyselyjen ohella tarkasteltiin myös valvomon mahdollisuuksia hiekankuivauksen säätämiseen ja seuraamiseen.

### 4.1 Hiekankuivauksen arvojen säätäminen

Kyselyyn vastanneet valvomotyöntekijät kertoivat yleisimmäksi säädöksi hiekan syöttömäärän muuttamisen. Syötön nopeutta säädetään muuttamalla väljän jälkeistä syöttöhihnan nopeutta ja aurapellin korkeutta.

### 4.2 Eri arvojen seuraaminen valvomosta

Valvomon näytöltä pystytään seuraamaan muun muassa kuivauksen arvoja. Yleisimmin seurattavia arvoja ovat lämpötilat kuivauksen eri kohdissa ja hiekan syöttömäärä, muita tärkeitä prosessin lukemia joita valvomosta voidaan seurata ja säätää ovat sillojen täyttöprosentit, elevaattorin kuormitus ja ennen elevaattoria sijaitsevan hihnavaa'an lukema.



### 4.3 Yleisimmät hiekankuivauksen pysähtymiseen johtavat viat

Kyselyyn vastanneiden mielestä yleisin pysähtymiseen johtava vika oli hiekka-siilojen täyttyminen yhden fraktion osalta. Kukin lopputuote vaatii tietyn määrän reseptin mukaan määräytyvää hiekkafraktiota. Kunkin hiekkafraktion esimerkiksi päiväkohtainen kulutus riippuu tuotantosuunnitelmasta. Fraktiokohtainen kulutus ei välttämättä täsmää esimerkiksi päivätasolla hiekankuivausprosessin antaman jakauman kanssa, jolloin syntyy yllämainittu tilanne yksittäisen hiekkasiilon kohdalla.

Märän hiekan pääseminen loppuseulan verkoille estää seulaa toimimasta yhtä tehokkaasti kuin kuivan hiekan kanssa. Seulan vioista puhuttaessa kävi ilmi seulojen toimintaan liittyvien ketjujen irtoaminen ja niiden tukkiva vaikutus seulan putkiin. Tukoksen sattuessa hienoimman hiekan siilossa (0-0,3 mm) sijaitseva ultraäänellä toimiva anturi havaitsee, ettei hiekkaa pääse seulan läpi siiloon asti ja pysäyttää hiekankuivausprosessin.

Liian kuuma kuiva hiekka voi aiheuttaa ei toivottuja reaktioita sen sekoittuessa lopputuotteen muihin ainesosiin.

### 4.4 Tämän hetkinen kuivauskapasiteetti

Haastateltavat kertoivat tämän hetkisen kapasiteetin olevan noin 20-25t/h. Linjaston eri laitteet kestäisivät suurempia kapasiteetteja, mutta nopeus on tällä hetkellä säädetty toimimaan kokemusperäisesti hyväksi todetulla tasolla. Kyseisellä nopeudella saadaan valvomo-työntekijöiden mukaan linjasto toimimaan mahdollisimman pitkään ilman katkoja, jotka useimmiten korkeammalla kapasiteetilla johtuisivat siilojen täyttymisestä.

Linjaston käyttäminen suuremmalla nopeudella voisi esimerkiksi haitata elevaattorin kupprien tyhjentymistä, jolloin osa hiekasta kiertää takaisin alas. Lopulta alas kasaantuu liikaa hiekkaa, eikä elevaattori pääsisi vapaasti pyörimään.

#### 4.5 Eri vuodenaikojen (kesä ja talvi) vaikutus hiekankuivauksen toimintaan

Talven ja kesän vaikutuksista linjaston toimintaan voidaan pitää selkeinä. Talven ollessa kylmä tulee erilaisia seikkoja vastaan, jotka muuttavat linjaston toimintaa ja toimintavarmuutta. Kesäisin linjasto toimii pienemmällä energialla ja varmemmin. Lämmönsiirtoventtiilin käyttö on tärkeä osa hiekan loppulämpötilaa säädettäessä. Lämmönsiirtoventtiilin avulla pystytään sekoittamaan polttimelta tulevaa kuumaa savukaasua jäähdytysilman kanssa. Lämmönsiirtoventtiili on kätevä ratkaisu talvella, kun ulkoilma yksinään jäähdyttäisi kuivatun tuotteen liian kylmäksi. Kesäisin lämpötila saattaa nousta liian korkeaksi, jos kyseinen venttiili on liian auki, kun taas talvisin lämpötila saattaa olla liian alhainen ja venttiiliä pitää aukaista enemmän.

Hiekkataskuun saattaa talvisin muodostua jääkokkareita, jotka tukkivat hiekan syöttöpään. Hiekkataskua lämmitetään lämmittimien avulla, mutta useasti hiekkatasku saattaa silti olla kylmää tai jopa jäässä taskun keskeltä. Työntekijät miettivät syöttönopeuden hidastamisen entisestään vähentävän jääkokkareiden muodostumista. Tämä voisi periaatteessa auttaa tilannetta, kunhan lämmittimet ovat riittävän tehokkaita. Hitaamman syöttönopeuden avulla hiekkatasku ehtisi lämpiämään kauttaaltaan.

#### 4.6 Kokemuksesi perusteella hiekankuivauksen pullonkaula

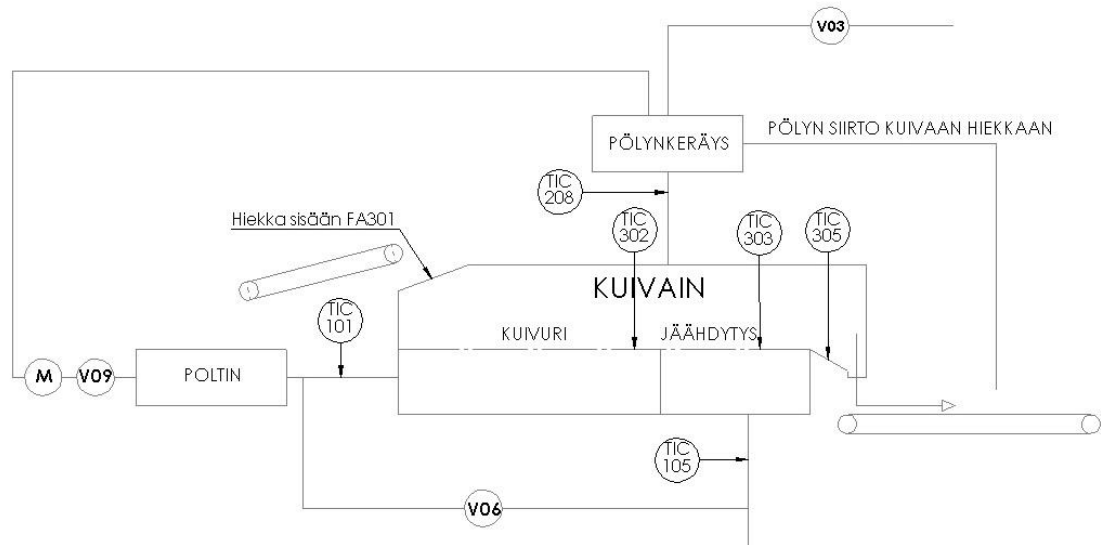
Haastavaksi valvomotyöntekijät mainitsivat olevan liian pienet siilot. Toisena huomiona vastauksista oli karkeimman fraktion käytön vähentyminen lopputuotteissa. Yhden siilon täytyminen pysäyttää linjaston ja mahdollisuutena on joko siilon tyhjentäminen rekkaan sekä siirtäminen toiselle tehtaalle tai mahdollisesti muualle.

Hiekkasiilon tyhjentämisessä rekkaan kerrottiin olevan käytännön ongelmia, kuten se että, rekka ei pääse aina suoraan tyhjennysputken alle. Tyhjennysputki sijaitsee kohdassa joka usein on varattu raaka-aineita toimittavalle rekalle.

#### 4.7 Parhaiten toimiva alue kuivauksessa

Kokonaisuutena haastateltavat pitivät kuivausta toimivana ja silloin kun kaikki toimii, linjasto on automaattinen. Parhaimpana osa-alueena pidettiin lähes automaattisesti toimivaa Ventilex-hiekankuivainta.

## 5 AJOTIEDON KERÄÄMINEN JA ANALYSOINTI



Kuva 4. Mittauspisteet havainnollistettuna

Hiekankuivausprosessin ohjausjärjestelmässä ei ole erillistä Ventilex-hiekankuivaimen ajotietojen keräämiseen käytettävää ohjelmistoa. Ajotietojen kerääminen opinnäytetyöhön toteutettiin aamu- ja iltavuoron valvomotyöntekijöiden avustuksella kolmen peräkkäisen päivän ajan. Prosessinohjaustietokone näyttää kahdenkymmenen minuutin ajalta lämpötila-arvoja graafisessa esityksessä ja tämän tiedon avulla päätettiin tulostaa mitta-arvot näyttävä tietokoneen ruutu 15 minuutin välein. Saadut mitta-arvot siirrettiin manuaalisesti taulukkoon, jonka avulla saadaan laajempi näkemys linjaston toiminnasta.

Ajotietojen keräyksestä saatua tietoa on mahdollista hyödyntää suunniteltaessa laajempaa ja jatkuvaa mittatietojen keräystä. Mittatietojen keräyksen yhteyteen lisättiin vikojen kirjaaminen, jolloin pystytään tiedostamaan eri vikojen muutoksien vaikutukset kuivauksen mitta-arvoihin. Viat kirjattiin taulukkoon ja siihen kirjattiin myös hiekankuivauksen käynnistys- ja sammutusajat.

## 5.1 Mittausten analysointi

Mittauksen aikana suurimpana ongelmakohtana oli siilon täytyminen, jonka jälkeen linjasto sammuu. Ennen mittauksia tavoitteena oli kirjata enemmän tietoja tulosten graafisesta esityksestä poimittuna. Tulosten epäselvyydestä ja mustavalkoisuudesta johtuen kirjattiin laajempaan graafiseen esitykseen vain selvästi paperilla näkyvät arvot.

Kolmen päivän mittausaikana kaksi päivää hiekankuivaus oli toiminnassa ja yhtenä päivänä kuivaus oli koko päivän pois käytöstä. Liitteestä 2 löytyy vika-  
taulukko.

## 5.2 Ensimmäinen mittauspäivä

Ensimmäisenä mittauspäivänä hiekankuivaus oli käytössä hyvin ja yhtenäisimmät mittatiedot kerättiin aamulla. Myöhemmin päivällä mittatietoja tulostettiin noin tunnin välein ja tästä johtuen mittatiedoissa on epätarkkuuksia.

Hiekankuivaus käynnistettiin kello 06:30 aamulla. Käynnistyksessä käytetään aluksi prosessin ohjaamiseen vain TIC208-säädintä, joka ilmaisee poistoilman lämpötilan. 8 minuutin jälkeen käytetään TIC302-säädintä (tuotteen lämpötila kuivaimessa) ja TIC105/303 (jäähdytysilman lämpötila ja jäähdyttimen lämpötila). 8 minuutin jälkeen otetaan käyttöön vielä TIC305-säädin (jäähdyttimen lämpötila kuivaimen lopussa). Kuivauksen käynnistys kestää yhteensä 20–30 minuuttia, jonka jälkeen lämpötilat tasoittuvat asetusarvoihin.

Taulukko 1. Ensimmäinen mittauspäivä kello 6:30–10:35

	ANTURI	6:45	7:10	7:20	7:50	8:20	8:40	9:35	10:35
LÄMMITTIMEN LÄMPÖTILA	TIC101	179,3	217,2	212,2	209,2	202,6	195,3	184,7	227,6
JÄÄHDYTTIMEN LÄMPÖTILA	TIC105	19,8	37,7	38,3	38,5	38,4	38,7	49,1	49,4
POISTOILMA	TIC208	41,7	46,8	47,5	48,9	46,1	46,1	47,2	49,9
KUIVAIN LÄMPÖTILA	TIC302	86	65,2	59,1	59	76,8	63,1	56,7	76,9
KUIVAIN PUOLIVÄLI	TIC303	54,7	51,5	50,1	44,3	59,2	49,2	32,9	69,6
LOPPUTUOTE	TIC305	33,3	42,4	43,3	39,9	46,6	42	38,6	52
SYÖTTÖ %	FA301	17,97	17,96	17,62	17,88	17,78	17,70	17,92	17,56
KOSTEUS ENNEN %		2,20	2,90	3,10	3,20	2,60	2,70	3,10	3,10
POISTOILMA VENTTIILI %	V03	62,85	58,80	59,00	59,80	58,90	57,10	50,90	52,50
VÄLIVENTTIILI %	V06	-4,20	42,20	36,30	35,00	36,50	36,80	95,60	68,80
POLTTIMEN VENTTIILI %	V09	51,40	56,20	54,20	56,10	49,70	49,90	49,90	63,80

Taulukkoon 1 ja 2 on kirjattuna ensimmäisen mittauspäivän tulokset. Suurin osa mittauksista on otettu reilusti yli 15 minuutin välein. Mittausvälien heittäly johtuu siitä, että tiedonkeruu toteutettiin manuaalisesti ja valvomotyöntekijä joutui hoitamaan normaaleja rutiineja mittauksen ohella. Taulukoiden lämpötilat ovat Celsius-asteikossa ja punaisella merkityt ovat päivän korkeimpia mitattuja arvoja. Mainittakoon, että syöttöprosenttiarvon ollessa 17–18 % hiekkaa kulkee noin 20–25 t/h.

Taulukko 2. Ensimmäinen mittauspäivä kello 11:30–14:50

	ANTURI	11:30	11:45	12:20	12:45	13:15	13:50	14:30	14:50
POLTTIMEN LÄMPÖTILA	TIC101	201	240,2	85,3	222,7	215,7	208,8	184,6	179,6
JÄÄHDYTTIMEN LÄMPÖTILA	TIC105	36,6	42,6	23,5	33,9	50,4	37,8	38,8	33,4
POISTOILMA	TIC208	47,2	51	70,2	49,1	51,2	47,8	45,5	69,3
KUIVAIN LÄMPÖTILA	TIC302	57	77,9	81,3	73,1	61,1	67,7	55	94,2
KUIVAIN PUOLIVÄLI	TIC303	44	64	29,9	55,8	48	52,7	44,9	44,3
LOPPUTUOTE	TIC305	40,5	53,2	26,2	41,5	47,5	44,1	40,7	40,8
SYÖTTÖ %	FA301	17,70	17,80	10,00	17,55	17,88	17,65	17,79	0,00
KOSTEUS ENNEN %		3,20	3,20	0,00	3,20	3,50	3,40	3,10	3,50
POISTOILMA VENTTIILI %	V03	60,80	61,30	74,40	60,00	53,70	60,40	57,70	59,20
VÄLIVENTTIILI %	V06	33,60	37,20	-4,10	27,50	69,00	33,10	36,10	-4,10
POLTTIMEN VENTTIILI %	V09	51,50	60,60	-6,00	63,60	57,30	54,20	49,20	39,90

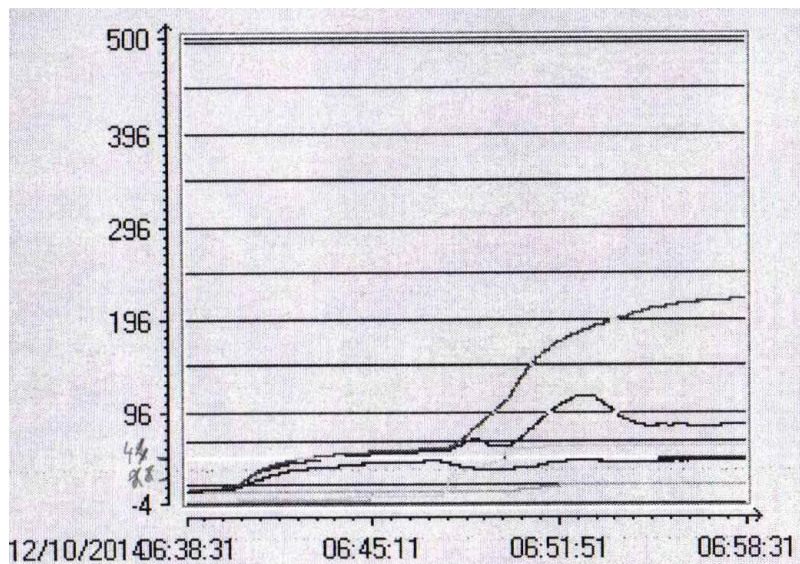
### 5.3 Toinen mittauspäivä

Toisena mittauspäivänä ei kerätty ajotietoja prosessin toiminnasta, koska hiekankuivaus oli koko päivän pysäytettynä. Koko päivän kestänyt pysähdys johtui säkityslinjastossa ilmenneestä ongelmasta ja siitä johtuen hiekkaa ei kulutettu päivän aikana. Hiekkasiilo 3. oli tullut edellisen päivän aikana täyteen.

### 5.4 Kolmas mittauspäivä

Kolmantena eli viimeisenä mittauspäivänä hiekankuivaus oli käytössä. Siilojen täytyminen pysäytti linjaston muutaman kerran. Kolmannen päivän aamuna saatiin kattavimmat ajotiedot linjaston käynnistymisestä. Kuvassa 5 näkyy käynnistyksen jälkeinen lämpötilojen nousu, jossa korkeimmalle nouseva käyrä on TIC101 eli lämmittimen lämpötila.

Kolmannen mittauspäivän aikana hiekankuivaus käynnistettiin aamulla kello 06:40 ja pysähtyi kello 07:20 kolmannen hiekkasiilon täytyttyä. Hiekankuivaus käynnistettiin uudelleen kello 07:55 ja sammui 08:15 ongelmaan hihnavaa'an moottorissa. Kolmas hiekkasiilo täyttyi päivän aikana kello 10:20 ja kello 11:51. Iltavuoron aikana ei kirjattu yhtään vikaa ja suurin osa mittauksista jäi ottamatta.



Kuva 5. Kolmannen mittauspäivän hiekankuivauksen käynnistys.

Taulukossa 3 ja 4 on esitetty kolmannen mittauspäivän ajotiedot. Aamulla tietoja kerättiin tiheämmin ja kello 16.25 jälkeen mittautiedot jäivät keräämättä. Aamulla mitatuista ajankohdista useimmat osuvat ajankohtaan, jolloin hiekan-kuivaus ei ollut käynnissä.

Taulukko 3. Kolmas mittauspäivä kello 7:00–11:15

	ANTURI	7:00	7:30	7:55	8:30	8:40	8:55	9:40	10:40	11:15
LÄMMITTIMEN LÄMPÖTILA	TIC101	218,8	69,1	82,7	67	67	106,5	208,2	74,4	184,1
JÄÄHDYTTIMEN LÄMPÖTILA	TIC105	21,4	15,1	15,1	15	15	15,6	38,4	17,3	16,9
POISTOILMA	TIC208	43,2	52,7	32,5	51,5	50	63,5	44,1	57,9	41,5
KUIVAIN LÄMPÖTILA	TIC302	82,6	64,6	36,5	62,11	62	107,3	68,4	69,6	72,4
KUIVAIN PUOLIVÄLI	TIC303	48,8	19	16,7	17,8	17	23,1	49,7	22	44,6
LOPPU TUOTE	TIC305	32,1	16,8	12,9	14,9	14	17,3	43,1	19,6	28,4
SYÖTTÖ %	FA301	17,69	10,00	10,07	0,00	0,00	11,96	17,70	10,00	17,84
KOSTEUS ENNEN %		3,30		2,00	3,50		1,90	2,80		2,80
POISTOILMA VENTTIILI %	V03	68,10	73,40	66,50	66,50		69,70	59,60	75,80	66,10
VÄLIVENTTIILI %	V06	29,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	52,10	0,00	0,00
POLTTIMEN VENTTIILI %	V09	58,80	-5,80	30,30	0,00	0,00	26,30	54,00	0,00	54,80

Taulukko 4. Kolmas mittauspäivä kello 12:30–16:25.

	ANTURI	12:30	13:05	13:26	14:05	14:25	15:00	15:30	15:40	16:25
LÄMMITTIMEN LÄMPÖTILA	TIC101	73,7	51,8	225,7	204,8	190,9	193,1	183,5	186,4	227,9
JÄÄHDYTTIMEN LÄMPÖTILA	TIC105	20,4	20,8	36,1	39,3	42,1	38	39,7	46,2	39,7
POISTOILMA	TIC208	60,1	48,7	47,7	46,4	45,9	45,8	43,6	46,1	48,1
KUIVAIN LÄMPÖTILA	TIC302	69,7	50,3	96,9	68	55,6	91,8	56,9	56,4	93,7
KUIVAIN PUOLIVÄLI	TIC303	26,1	24,3	70,7	53	37,8	65,3	45,4	35,3	64
LOPPU TUOTE	TIC305	22,9	22,5	53,4	44,7	38,7	48,6	41,7	38,6	52,1
SYÖTTÖ %	FA301	10,00	0,00	17,75	18,08	17,80	17,62	17,66	17,69	18,06
KOSTEUS ENNEN %				2,60	2,60	2,80	1,90	2,50	2,90	2,70
POISTOILMA VENTTIILI %	V03	67,50	66,20	60,40	57,60	58,70	57,10	55,40	52,40	62,20
VÄLIVENTTIILI %	V06	0,00	0,00	34,20	37,00	56,40	34,50	42,70	95,70	32,10
POLTTIMEN VENTTIILI %	V09	0,00	0,00	54,90	52,40	51,40	46,90	48,30	49,70	53,10

## 5.5 Mittauspäivien yhteenveto

Kolmantena mittauspäivänä kuivausprosessi käynnistettiin useamman kerran uudestaan päivän aikana. Liitteessä 3 lämmittimen lämpötilat ovat laitettu yhteen graafiseen esitykseen ja liitteessä 4 havainnollistetaan molempien päivien



jäähdyttimien ja lopputuotteiden lämpötiloja. Graafisista esityksistä pystytään vertailemaan kuivauksen vaihtelevuutta päivän aikana.

Mittausten väliin mahtuu paljon tärkeitä mittaustietoja, jolloin mittauksen luotettavuus on huono, mutta antaa hyvää mallia laajemman mittaustietojen keräykseen suunnitteluun.

Taulukko 5. Mittauspäivä 1. ja 3. suurimmat, pienimmät ja keskiarvot

	ANTURI	MITTAUSPÄIVÄ 1.			MITTAUSPÄIVÄ 3.		
		Min	Max	Keskiarvo	Min	Max	Keskiarvo
LÄMMITTIMEN LÄMPÖTILA	TIC101	85,3	240,2	197,9	51,8	227,9	145,3
JÄÄHDYTTIMEN LÄMPÖTILA	TIC105	19,8	50,4	37,9	15	46,2	27,3
POISTOILMA	TIC208	41,7	70,2	50,3	32,5	63,5	48,3
KUIVAIN LÄMPÖTILA	TIC302	55	94,2	69,4	36,5	107,3	70,3
KUIVAIN PUOLIVÄLI	TIC303	29,9	69,6	49,7	16,7	70,7	37,8
LOPPUTUOTE	TIC305	26,2	53,2	42	12,9	53,4	31,2
SYÖTTÖ %	FA301	0,0	18,0	16,2	0,0	18,1	12,8
KOSTEUS ENNEN %		0,0	3,5	2,9	1,9	3,5	2,6
POISTOILMA VENTTIILI %	V03	50,9	74,4	59,2	52,4	75,8	63,7
VÄLIVENTTIILI %	V06	-4,2	95,6	36,0	0,0	95,7	23,0
POLTTIMEN VENTTIILI %	V09	-6,0	63,8	50,1	-5,8	58,8	32,0

Ensimmäisenä mittauspäivänä kuivaus oli tasaisemmin päällä ja kolmantena mittauspäivänä kuivaus pysähtyi useammin. Molempien päivien lämpötilojen keskiarvoja vertailemalla voidaan todeta kolmannen mittauspäivän lämpötilojen keskiarvojen olleen matalampia kuin ensimmäisenä päivänä mitatut. Lämpötilojen keskiarvojen erot päivien välillä voi johtua esimerkiksi mittausajankohtien vaihteluista ja linjaston uudelleen käynnistämistä vian jälkeen.

## 6 PROSESSIN TEHOSTAMINEN

Toimintakuvauksen, työntekijöiden kyselyiden ja ajotietojen keräyksen avulla saatiin selville paljon asioita hiekankuivauslinjastosta, joita parantamalla voidaan muuttaa toimintaa tehokkaammaksi ja lopputuotetta tasalaatuisemmaksi.

### 6.1 Tiedon kerääminen

Prosessin toiminnan seuraamisessa käytetty SCADA-ohjelmisto mahdollistaa säätöarvojen ja lämpötilojen näkemisen reaaliaikaisesti tietokoneen näytöltä ja auttaa muuttamaan asetuksia tarpeen mukaan. Kuivuri itsessään on tarkoitettu toimimaan lähes automaattisesti. Tällä hetkellä järjestelmään ei ole kytkettyä tiedon keräystä varten erillistä ohjelmistoa. Valvomon tietokoneen näytöllä näkyy 20 minuutin ajalta kaaviossa tärkeimmät lämpötila-arvot. Muita sen hetkisiä lämpötila- ja kosteus-arvoja voidaan tarkkailla reaaliaikaisesti näytöltä.

Lämpötila- ja kosteusarvojen kerääminen antaa hyvää tietoa hiekankuivauksen erilaisista ongelmakohtista ja toiminnasta eri vuodenaikoina. Mahdolliset muutokset laitteistoon tai sen asetuksiin pystyttäisiin todentamaan toimiviksi vertailemalla ennen muutosta saatua mittadataa muutoksen jälkeen mitattuihin arvoihin.

### 6.2 Elevaattorin toimintatavan muuttaminen

Elevaattorina linjastossa toimii kauhakuljetin, jonka seurauksena seuloihin kohdistuu sykäyksellisiä materiaalivirtoja. Sykäyksellinen materiaalin kuljettaminen tuottaa epätasaista rasitusta katolla oleville seuloille, joka vaikuttaa epätasaisuuteen seulojen toiminnassa. Loppuseulojen ohjeessa opastetaan välttämään sykäyksellistä materiaalivirtaa tuottavien elevaattoreiden käyttö (Käyttöohje Mogensens seulat).

Työntekijöiltä saadun tiedon mukaan liian suuri kuljettimen pyörimisnopeus aiheuttaa kauhojen tyhjentymisessä ongelmia. Osa kuljetettavasta hiekasta jää kupin sisään, siirtyy takaisin alas ja uudelleen kuljetettavaksi ylös. Tämän seurauksena nostettavan materiaalin määrä kasvaa ja tarvitaan enemmän voimaa kuljettamaan hiekkaa ylös. Hiekan kasaantuessa liian suureksi massaksi kauhakuljettimelle sen toiminta saattaa pysähtyä moottorin ylikuormittuessa.

Hiekan kuljettaminen normaalin hihnakuljettimen avulla tornin huipulle mahdollistaisi tasaisen materiaalivirran, mutta sellaisen asentaminen vaatisi materiaalin kulkemista varten pienemmän nousukulman. Pienemmän nousukulman seurauksena kuljettimesta tulisi liian pitkä verrattuna kauhaelevaattoriin, jonka avulla hiekan nostaminen onnistuu pystysuoraan ylöspäin.

Toisena mahdollisuutena olisi vaihtaa elevaattori esimerkiksi ruuvikuljettimeksi. Ruuvikuljetin tarjoaisi tasaisemman materiaalivirran tornin huipulle, mutta vaatisi enemmän tehoa moottorilta. Ruuvikuljettimella onnistuisi suuremman massan kuljettaminen pystysuoraan.

### 6.3 Tarpeelliset raekoot

Kuiva hiekka jaetaan eri silloihin raekoon mukaan. Työntekijöiden haastatteluis-  
sa kävi ilmi suurimman raekoon hiekan (2-4 mm) käytön olevan vähäistä tai miltei olematonta. Yhden raekoon siilon tai sillojen (0,6-1,2 mm raekoon silloja on kaksi) täytyessä hiekan kuivaus tarvitsee sammuttaa, eikä prosessia pysty jatkamaan ennen kuin täyttyneestä siilosta on saatu hiekkaa poistettua joko tuotteen valmistukseen tai kuorma-autoon. Hiekkasiiloja on yhteensä kuusi kappaletta.

Esimerkiksi ensimmäisenä mittauspäivänä kolmas sillo täyttyi kaksi kertaa ja ensimmäinen sillo kerran. Kolmannen mittauspäivän aikana hiekan kuivaus sammui kolme kertaa, johtuen kolmannen siilon täyttymisestä.

Suurimman raekoon hiekan tarpeellisuuden uudelleenarviointi olisi perusteltavaa, mutta vaatisi koko raekoon seulomisen pois linjastosta ennen tai jälkeen

kuivauksen. Eri reakokojen käyttö tuotteissa määräytyy käytettävien reseptien mukaan. Reseptit määrittelevät miten paljon määritellyn raekoon hiekkaa silloista kulutetaan tuotteen valmistukseen. Tuotteiden valmistusta suunniteltaessa on tärkeää miettiä tasaista hiekan raekokojen käyttöä. Hiekkamontulta siirrettävän hiekan raekoot vaihtelevat laajasti isoista kappaleista pieniin reilusti alle millimetrin kokoisiin kappaleisiin.

#### 6.4 Lisäanturit

Lisäanturien asentaminen hiekkankuivauslinjastoon varmistaisi lopputuotteen laadun. Linjastoon on asennettu kosteusanturi ennen hiekan siirtymistä kuivaukseen, mutta hiekan kosteutta kuivauksen jälkeen ei mitata. Kosteusarvosta pystyttäisiin valvomossa huomaamaan mahdollinen ongelma hiekan kuivauksen suhteen. Jos hiekan kosteusarvo pysyy lähes samana kuivausta ennen ja jälkeen, on ongelma hiekkankuivauksen toiminnassa.

Hiekkankuivausprosessin vaa'an korjaus ja liittäminen osaksi ohjausjärjestelmää selittäisi tarkemmin linjaston käyttäytymisen. Kuivaimen ilman lämmittämiseen käytettävää kaasun määrää ei pystytä seuraamaan prosessikoneen kautta. Tietokoneen ruudulta näkyy vain polttimen venttiilin asento ja savukaasujen lämpötila. Hiekkankuivauksen energiankulutusta olisi mahdollista seurata laajemmin, jos kaasun kulutus tallennettaisiin mittatietojen keräykseen.

#### 6.5 Jatkuva toiminta

Ventilex-hiekkankuivain on suunniteltu jatkuvaan toimintaan tasaisella syötöllä ja kosteusarvolla vuorokauden ympäri. Kiikalan kuivatutuotetehdas toimii kahdessa vuorossa, joten tätä tavoitetta ei voida saavuttaa nykyisellään. Linjaston uudelleen käynnistäminen vie kuitenkin aikaa ja energiaa.

Linjaston käynnistäminen on toteutettu sekvensseissä. Käynnistyksessä kuivauksen ohjaamiseen käytetään aluksi vain yhtä lämpötila-anturia niin kauan,

että se nousee raja-arvon yli. Aluksi lämpötila nousee korkeammalle kuin normaalissa käytössä, mutta tasaantuu asetusarvoon hetken kuluttua.

Kolmantena mittauspäivänä kuivain käynnistettiin kolme kertaa uudestaan kolmannen siilon täyttymisen jälkeen. Yhden ajanjakson kuivain oli päällä 50 minuuttia, josta 20–30 minuuttia menee asetusarvojen saavuttamiseen. Tarkemmin kerätyillä mittatiedoilla saataisiin selville miten kannattavaa hiekankuivauksen käynnistäminen on alle tunnin ajaksi.

## 6.6 Märkä hiekka

Kuivauksen jälkeen hiekan tulisi olla ennalta määritetyn kosteuden omaavaa, mutta häiriöstä tai ennalta odottamattomasta kosteusarvon noususta johtuen kosteaa hiekkaa saattaa päästä kuivauksen ohi siiloon asti. Märkä hiekka saattaa tukkeuttaa tornin huipulla olevat seulat ja aiheuttaa ylimääräistä siilojen puhdistamisesta johtuvaa työtä.

Märän hiekan ennakointiin olisi mahdollista asentaa esimerkiksi kosteusanturi hiekankuivauksen jälkeen ja määrittää raja-arvo, jonka ylitys käynnistää hälytyksen valvomossa. Valvomotyöntekijällä olisi mahdollisuus reagoida nopeammin tilanteeseen ja ehkäistä mahdollinen ongelma. Hiekan kosteuden äkillisestä nousemisesta johtuva hiekankuivausprosessin tehon lisääntyminen näkyy valvomon tietokoneelta kuivauksen polttimenlämpötilan TIC101 nousuna. Prosessiohjaus ei tällaisissa tilanteissa pysty nostamaan tarpeeksi nopeasti savukaasujen lämpötilaa tarvittavan suuriksi, jolloin märkää hiekkaa pääsee loppusiiloihin asti.

Tällä hetkellä märkä hiekka havaitaan ajamalla hiekka kuivauksen jälkeen ohituslinjaston avulla pihalle ja tarkastamalla silmämääräisesti hiekan putoavuus ja pölyävyys. Ohituslinjaston päähän on asennettu kamera, jonka avulla tarkkailaan kyseisiä ominaisuuksia valvomon televisiosta.

## 6.7 Talven vaikutukset kuivaukseen

Hiekka on talvella kylmempää, mahdollisesti jäässä tai sisältää jäisiä kokkareita. Hiekka kipataan välpän läpi hiekkataskuun, joka on suojaamattomana lumisaateelta. Hiekkatasku on mahdollista lämmittää sivuilta kaasupoltinten avulla, mutta vaikka lämmittämiseen käytettäisiin enemmän tehoa saattaa hiekka olla keskeltä silti jäässä. Hiekkatasku on niin leveä, ettei sitä pystytä helposti lämmittämään kauttaaltaan.

Hiekkaa saattaa jäädä seisomaan yön yli (ei tuotantoa) tai päiväsaikaan (seisokki) hiekkataskuun, jolloin sinne kerääntynyt vesi voi jäätyä tai kostuttaa hiekkaa entisestään. Hiekan esisäilöntä siirtovarastoon ja katos välpän päällä auttaisi ehkäisemään veden ja jään muodostumista välppään, mutta saattaa olla taloudellisesti haastavaa toteuttaa.

Siirtovaraston rakentamisen rakennuskustannukset nousisivat korkeiksi, mutta samalla voitaisiin harkita erillisen seulan asentamista sellaisia tilanteita varten, kun yhden raekoon siilo tai siilot on tullut täyteen. Yhden raekoon siilon tai siilojen täyttyminen ajaa kuivauslinjaston alas ja kuivausta voidaan jatkaa vasta siilon tason tiputtua alle määritetyn raja-arvon. Hiekankuivausprosessin ulkopuolisen erillisen seulan avulla pystyttäisiin esisäilönmään valmiiksi seulottua hiekkaa. Tarvittaessa oikean raekoon hiekkaa olisi valmiina siirrettäväksi hiekankuivaukseen siirtovarastosta.

## 7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa Saint-Gobain Weber Oy Ab:n Kiikalan kuivatuotetehtaan hiekankuivauksen nykytilanne ja tutkia erilaisia menetelmiä hiekankuivauksen tehostamiseksi.

Työn alussa käytiin läpi teoriaa kuivausprosessista, leijupetikuivaimen toiminnasta ja seulonnasta. Lämmönsiirtymisestä oli perusteet tiedossa, mutta tarkempaa tietoa kuivaimien ja seulonnan toiminnasta ei ennen työtä ollut kuin hiekankuivauksen pintapuoleinen läpikäynti kesäharjoittelun yhteydessä. Laitteiden mukana toimitetut dokumentit auttoivat tiedonhankinnassa, mutta muuten aineistoa oli rajoitetusti tarjolla. Opinnäytetyö opetti uusia asioita hiekankuivauksesta ja antoi tärkeää kokemusta projektissa työskentelystä.

Työ jaoteltiin heti alussa osa-alueisiin, mikä auttoi kokonaiskuvan hahmottamisessa. Työn osa-alueina olivat toiminnankuvaus, työntekijöiden kyselytutkimus, ajotietojen analysointi ja prosessin tehostaminen. Osiin jakaminen auttoi saamaan perusidean linjaston toiminnasta, jonka jälkeen oli helpompi miettiä valvomotyöntekijöiden kysymyksiä ja linjaston toiminnan mittaustapaa.

Valvomotyöntekijöiden kanssa toteutettu mittaus ei tuottanut odotettua tulosta mittavälien epäsäännöllisyydestä johtuen. Työtä kannattaa jatkaa tekemällä laajempi mittatietojen manuaalinen keräys tai tallentamalla arvot automaattisesti määritellyin väliajoin tietojärjestelmään. Laajemmat mittaustiedot antaisivat enemmän tietoa hiekankuivauksen toiminnasta eri vuodenaikoina ja mahdollistaisivat myös vertailun vuosittaisella tasolla.

## LÄHTEET

Fredrik Mogensen AB. Käyttöohje Mogensen seulat. [Ei julkinen]

Mogensen AB 2015. Mogensen sizers. Viitattu 05.01.2015.  
[http://www.mogensen.co.uk/Mogensen\\_sizers](http://www.mogensen.co.uk/Mogensen_sizers)

Pihkala, J. 1998. Prosessitekniiikan yksikköprosessit. Helsinki: Hakapaino. ISBN 952-13-0268-2

Saint-Gobain Weber Oy. 2014. Weber Suomessa. Viitattu 20.11.2014.  
<http://www.e-weber.fi/yritystiedot/yritys/weber-suomessa.html>

Sandvik Mining and Construction 2003. ROX11-20 rev-C 29.01.2003. [Ei julkinen]

Saret Oy 2005. Tekniset tiedot. Mikkeli. [Ei julkinen]

Ventilex B.V. 2005. Käyttöohje V6360. [Ei julkinen]



## Weber hiekankuivaus -kysely

Työtehtävä: \_\_\_\_\_

1. Mitä hiekankuivauksen arvoja yleisimmin säädetään?
2. Mitä eri arvoja pystytään seuraamaan valvomosta?
3. Mitkä ovat yleisimmät hiekankuivauksen pysähtymiseen johtavat viat?
4. Kuinka monta tonnia hiekkaa pystytään kuivattamaan tällä hetkellä tunnissa?
5. Miten eri vuodenaajat (kesä ja talvi) vaikuttavat hiekankuivauksen toimintaan?
6. Mikä on kokemuksesi perusteella hiekankuivauksen pullonkaula, miksi? (hiekan syöttö, kuivatus, kuljettimet, elevaattori, seulat, jne.)
7. Kokemuksesi perusteella parhaiten toimiva alue kuivauksessa, miksi?

5.12.2014

## Hiekankuivaus-mittaus

Mitta-arvojen kerääminen aloitetaan **maanantaina 8.12.2014** kuivurin käynnistämisestä eteenpäin. Seuranta loppuu **keskiviikkona 10.12.2014** iltavuoron sammutettua kuivurin.

Valvomotyöntekijät (aamu ja ilta) tulostavat **15 minuutin** välein **kuivuri-näytön kokonaisuudessaan** (eli näyttö, jossa näkyy kuivurin lämpötilat, kosteus ja graafinen kuvaaja). Kuivurin arvoja tulostetaan 15min välein niin kauan kuin kuivuri on päällä. Kirjaa tulosteeseen myös **eleavaattorin kuormitusprosentti** ja **vinohihnan vaaka-lukema**. Kirjataan myös **vikatilanteet paperille** kellonaikoineen taulukkoon joka löytyy alapuolelta ja jatkuu tarvittaessa seuraavalle sivulle.

Tavoitteena on saada kuivurin jokapäiväisestä toiminnasta mittatietoa.

Kuivurin vikatilanteiden kirjaus (kirjataan myös käynnistykset ja sammutukset):

Pvm	Kello	Vikaselostus
8.12-14	6.30	KÄYNNISTYS
- " -	12.09	③ HIEKKA YLI TÄYTÖLLÄ
- " -	12.35	KÄYNNISTYS
- " -	15:30	① TÄYNNÄ ③ TÄYNNÄ
- " -	17:00	JAKOLÄPPÄ 1095M SEKOILB
- " -	17:30	KUIVURI EI OLLUT KÄYNNISSÄ (ANALOGIASIGNAALI)
10.12-14	6.40	KÄYNNISTYS
10.12-14	7.20	③ TÄYNNÄ
10.12-14	7.55	KÄYNNISTYS
10.12-14	8.15	MOOTTORI M1 M2 EI KÄY
10.12-14	8.40	KÄYNNISTYS
10- " -	10.20	③ TÄYNNÄ
- " -	11.05	KÄYNNISTYS
- " -	11.51	③ TÄYNNÄ
- " -	13.04	KÄYNNISTYS

JK

