

VALIMON PNEUMAATTISEN HIEKANKULJETUSJÄRJESTELMÄN KÄYTETTÄVYYDEN PARANTAMINEN

Tommi Timonen

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2012

Paperikoneteknologian koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) TIMONEN, Tommi	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 04.03.2012
	Sivumäärä 49	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi VALIMON PNEUMAATTISEN HIEKANKULJETUSJÄRJESTELMÄN KÄYTETTÄVYYDEN PARANTAMINEN		
Koulutusohjelma Paperikoneteknologian koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) MÄKI, Kari; HIITELÄ, Erja		
Toimeksiantaja(t) Maintpartner Oy FLINKMAN, Pasi		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli parantaa Metso Foundries Jyväskylä Oy:n valimon pneumaattisen hiekkankuljetusjärjestelmän eli hiekkaputkiston käytettävyyttä. Käytettävyyden parantaminen vaati siirtymistä korjaavasta kunnossapidosta ennakoivaa kunnossapitoa kohti. Tämä siirtyminen edellyttää tiettyjen työkalujen olemassaoloa. Tavoite konkretisoitui hiekkaputkistohierarkian tekemiseen ja käyttöönottoon sekä vikamuotojen juurisyiden selvittämiseen ja niiden eliminointiin johtaviin muutostöihin. Hiekkankuljetusputken kulumisen puhki oli työn näkökulmasta tärkein epäkäytettävyyttä aiheuttava vikamuoto, joten ongelmaa lähestyttiin sitä kautta.</p> <p>Työn suoritus alkoi hierarkian tekemisellä. Hierarkiaa varten sekä uuden hiekan että kiertoehiekan putkistojen jokainen putki, kulmaelementti, venttiili, rajakytkin, vaaka, siilo sekä ruuvi- ja hihnakuljetin laskettiin ja syötettiin Ms Excel:iin tehtyyn taulukkopohjaan hierarkkiseen järjestykseen. Taulukon valmistuttua tiedot ajettiin ARROW Maint – töidenhallintajärjestelmään, jossa hierarkia sai varsinaisen muotonsa. Kaikki hierarkiaan tulleet putket ja laitteet merkattiin kyltein, jotta vikaantumiset kirjautuvat hierarkiaan laitekohtaisesti oikein. Hierarkian käytöstä järjestettiin myös koulutus asentajille ja työnjohdolle.</p> <p>Työn toisena suurena osakokonaisuutena oli vikamuotojen juurisyiden eli kulumismekanismien tutkiminen. Putken puhkeamiseen johtavia tapahtumia selvitettiin kirjallisuudesta ja aiemmin aiheesta tehdyistä tutkimuksista. Niiden pohjalta koottiin varsin kattava kuvaus putkensisäisistä tapahtumista. Kulumismekanismeihin perustuen raporttiin koottiin esimerkinomaisia ratkaisuja niiden vaikutusten pienentämiseksi.</p> <p>Työn tuloksena saatiin siis hiekkaputkistolle hierarkia, jonka avulla asiakas voi alkaa seuraamaan putkiston kuntoa ja keräämään historiatietoa. Aikanaan, kun historiatietoa on kertynyt riittävästi, työssä esitettyjen ratkaisumallien soveltuvuutta voidaan alkaa testaamaan konkreettisen hyödyn, eli paremman käytettävyyden saavuttamiseksi.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Pneumaattinen hiekkankuljetusjärjestelmä, hiekkaputkisto, hiekkankuljetus, hierarkia, abrasiivinen kuluminen, eroosio, kunnossapito, valimo, Maintpartner, Metso.		
Muut tiedot		



Author(s) TIMONEN, Tommi	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 04.03.2012
	Pages 49	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication (X)
Title AVAILABILITY IMPROVEMENT OF A PNEUMATIC SAND CONVEYING SYSTEM IN A FOUNDRY		
Degree Programme Paper machine technology		
Tutor(s) MÄKI, Kari; HIITELÄ, Erja		
Assigned by Maintpartner Oy FLINKMAN, Pasi		
Abstract <p>The objective of the thesis was to improve the availability of a pneumatic sand conveying system. The system is located in the Metso Foundries Jyväskylä INC. unit in Jyväskylä, Finland. The improvement requires going over from corrective maintenance to preventive maintenance. This transition in turn needs a certain set of tools in existence to be successful. These tools are an asset hierarchy and its implementation as well as solid knowledge about failure modes and their root causes and furthermore the means to prevent them. As these tools were the crystallization of the objective of the thesis, puncture in a pipe caused by abrasion and erosion was the failure mode that set the point of view for the tools themselves.</p> <p>The actual work began by the generation of the hierarchy. For the hierarchy every piece of equipment e.g. pipes, corner elements, and valves were counted and input in an Ms Excel worksheet in a hierarchical order. Once it was done the data was transferred to the ARROW Maint work management system in which it formed the actual hierarchy. All the pieces of equipment were then marked with signs designating their individual codes with which they could be located in the hierarchy. Training was also held for the mechanics and management to help them implement the hierarchy.</p> <p>The second of the two parts in the thesis was the examination of wear mechanisms. The events leading to the puncture in a pipe were rigorously studied using related literature and previous studies. Based on those a fairly comprehensive description of intrapipe events was gathered in the report as well as some exemplar solutions to prevent the pipes from puncturing.</p> <p>Thus the result of the project was a hierarchy with which the customer can monitor the condition of the conveying system and collect information for further use. Once enough information has been collected the applicability of the exemplar solutions provided can be tested to achieve the</p>		
Keywords Pneumatic conveying system, sand pipe, foundry, hierarchy, abrasion, erosion, maintenance.		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1 TYÖN LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET	3
2 TOIMEKSIANTAJA – MAINTPARTNER OY	4
2.1 Omistus	4
2.2 Palvelut	4
2.3 Maintpartner Jyväskylässä	6
3 ASIAKAS – METSO OYJ	7
3.1 Rautpohjan tehdas	8
3.2 Metso Foundries Jyväskylä Oy	9
4 PNEUMAATTINEN HIEKANKUJETUSJÄRJESTELMÄ	10
5 PUTKISTON KULUMISMEKANISMIT	16
5.1 Eroosio ja abrasiivinen kulumisen	16
5.2 Osumiskulman ja pintamateriaalin vaikutus kulumiseen	17
5.3 Nopeuden vaikutus kulumiseen	19
5.4 Raekoon vaikutus kulumiseen	20
5.5 Rakeen kovuuden vaikutus kulumiseen	21
5.6 Pintamateriaalin vaikutus kulumiseen	21
6 PUTKISTON KÄYTTÖIÄN PIDENTÄMINEN	24
6.1 Laitehierarkia	24
6.1.1 Standardi PSK 7102	25
6.1.2 ARROW Maint	26
6.1.3 Hierarkian kokoaminen	27
6.1.4 Tiedonkeruu ja niiden syöttäminen tietojärjestelmään	27
6.1.5 Merkkaus ja implementointi	30
6.2 Toimenpiteitä putkien kulumisen ehkäisemiseksi	32
6.2.1 Seinämävahvuuden kasvattaminen kulmaelementin jälkeen	33
6.2.2 Putkien huolellinen asennus	34
6.2.3 Putkien kääntäminen	34
6.2.4 Putken halkaisijan kasvattaminen loppua kohti	34

6.2.5 Putkien vaihtaminen kovempiin	36
7 YHTEENVETO JA POHDINTOJA	37
8 LÄHTEET	41
9 LIITTEET.....	44
Liite 1. Valimon hiekkajärjestelmän PI-kaavio	44
Liite 2. Diaesitys, hierarkian käyttökoulutus.....	45

KUVIOT

KUVIO 1. Maintpartnerin asiakkaiden teollisuudenalat Suomessa	5
KUVIO 2. Metso Oyj:n liikevaihto asiakasteollisuuksittain, lajeittain ja markkina- alueittain vuonna 2010	7
KUVIO 3. Hiekkansekoittaja.....	11
KUVIO 4. Uuden ja kiertohiekan varastosiilot	12
KUVIO 5. Kaavakuva FAT-merkkisestä lähettimestä	13
KUVIO 6. FAT-merkinen lähetin	13
KUVIO 7. Kulmaelementti eli pallo.....	14
KUVIO 8. Kulmaelementin kaavakuva.....	15
KUVIO 9. Valimon monimutkainen hiekkaputkisto	15
KUVIO 10. Osumiskulman ja pintamateriaalin vaikutus eroosioon.....	18
KUVIO 11. Raekoon vaikutus kulumiseen	20
KUVIO 12. Metallien käsittelyn vaikutus kulutuksenkestävyyteen	22
KUVIO 13. Lämpökäsitellyn ja –käsittelemättömän teräksen erot eroosion ja osumiskulman suhteen	23
KUVIO 14. Hierarkian tietoja Excel-ohjelmassa ennen siirtoa ARROWiin	29
KUVIO 15. Merkkaamiseen käytettäviä kylttejä.....	30
KUVIO 16. Hiekkaputkistohierarkia ARROW-tietojärjestelmässä	32
KUVIO 17. Huonot putkiliitokset aiheuttavat turbulenssia: Hitsattu putki (a) ja laippaliitos (b)	34

1 TYÖN LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET

Metso Foundries Jyväskylän valimolla olevalle hiekkajärjestelmälle on ollut tarkoituksena luoda hierarkia jo pidemmän aikaa. Projektia on siirretty eteenpäin, koska sen laajuuden vuoksi sen tekemiseen ei ole ollut resursseja. Ennakoiva, sekä ennen kaikkea taloudellinen ja tehokas, kunnossapito on varsinkin tämän päivän taloudellisesti epävakassa tilanteessa todella merkittävässä roolissa tuotantolaitoksissa. Taloudelliset realiteetit sanelevat pelisäännöt entistä useammin, joten hierarkian luominen opinnäytetyönä oli looginen vaihtoehto.

Työn alettua projekti laajentui siten, että hierarkian luominen jäsenyi osaksi hiekkajärjestelmän käytettävyyden parantamista. Putkiston kulumisen aiheuttamat ongelmat vaativat tarkempaa tutkimusta koko järjestelmän kannalta. Tämän takia tutkimusongelmaksi muodostui putkiston käytettävyyden parantaminen, pelkän hierarkian sijaan. Ongelmaa lähestyttiin tutkimalla putkien kulumismekanismeja ja etsimällä ratkaisuja niiden vaikutusten pienentämiseksi. Tärkein osa käytettävyyden parantamista on kuitenkin putkiston kunnan seuranta, joka tukee muutostöitä, joilla putkien kulumista pyritään vähentämään. Koko laitteiston kattava hierarkia taas on elintärkeä osa kunnan seuranta, koska pitkällä aikavälillä muistin varassa toimiva seuranta ei anna luotettavaa tietoa. Opinnäytetyön tarkoituksena on siis tarjota asiakkaalle työkalu hiekkaputkiston kunnan seuraamiseksi sekä tietoa ongelmien syistä. Lisäksi työssä esitetään esimerkinomaisia ratkaisuja, joita soveltamalla asiakas voi tehdä perusteltuja päätöksiä jatkotoimenpiteistä.

Työn toimeksiantajana on Maintpartner Oy ja asiakkaana Metso Oyj, tarkemmin Metso Foundries Jyväskylä Oy. Maintpartner on sopimuskunnossapitäjänä vastuussa projektin sujumisesta. Metso Foundriesin kanssa tehdään kuitenkin tiiviisti yhteistyötä, jotta halutut tulokset saavutetaan.

2 TOIMEKSIANTAJA – MAINTPARTNER OY

Maintpartner Oy aloitti nykyisellä nimellään itsenäisenä yrityksenä marraskuussa 2006. Tätä ennen juuret juontavat 1980-luvulle, jolloin energia-alan yhtiö Imatran Voima, myöhemmin Fortum, päätti laajentaa toimintaansa energia-alan ulkopuolelle. Ensimmäiset kattavat sopimukset ulkopuolisten asiakkaiden kanssa sovittiin 1990-luvulla. Niistä suurin osa on edelleen voimassa. Erikoistuminen ja asiakaskunnan laajentuminen muihin teollisuuden aloihin, kuten ruoka-, metalli- ja kemianteollisuuden johti Maintpartnerin itsenäistymiseen. Sen myötä Maintpartner on kasvanut yhdeksi Itämeren alueen suurimmista kunnossapitoyrityksistä. (Decades of experience 2011.)

Tällä hetkellä Maintpartnerilla on toimintaa Suomessa, Ruotsissa ja Puolassa. Työntekijöitä Suomessa on noin 1200. Yhtiön liikevaihto on noin 100 miljoonaa euroa. Maintpartner Oy on osa Maintpartner Groupia, jossa työskentelee noin 1750 työntekijää ja sen liikevaihto on noin 150 miljoonaa euroa. (Maintpartner is a supplier of industrial maintenance and operation services 2011.)

2.1 Omistus

Maintpartnerin omistaa suurimmaksi osaksi yksityinen pääomasijoituskonserni CapMan (78 %). Lisäksi yrityksen johto omistaa osan Maintpartnerista. (Maintpartner is a supplier of industrial maintenance and operation services 2011.)

2.2 Palvelut

Maintpartner tarjoaa kunnossapito- ja käyttöpalveluita asiakkaille usealla eri teollisuuden alalla (ks. kuvio 1). Yritys mainitsee vahvuudekseen tuotantoprosessien käy-

tettävyyden parantamisen, jotta asiakas voi keskittyä omaan yritystoimintaansa paremmin. Maintpartner huolehtii siitä, että asiakkaan tuotanto pysyy toiminnassa. Tärkeimpinä tavoitteina on parantaa tuotannon tehokkuutta, sekä auttaa asiakasta saamaan suurin mahdollinen hyöty koneista ja laitteista niiden elinkaaren aikana. Kunnossapito suunnitellaan aina yhdessä asiakkaan kanssa senhetkisen tilanteen mukaan. Toiminnan toteutuksessa asiakkaan tavoitteet ovat etusijalla. Sama pätee myös jälkiseurantaan. (Maintenance and operation services near you 2011.)



KUVIO 1. Maintpartnerin asiakkaiden teollisuudenalat Suomessa (Yksilölliset ratkaisut jokaiselle asiakkaalle, 2011)

Maintpartnerin kunnossapito- ja muut palvelut vaihtelevat kertaluonteisista töistä aina kattamaan kaiken vastuun kunnossapidosta ja tuotannosta asiakkaan tuotantolaitoksessa. Kaikissa työsuhteissa Maintpartner pyrkii seuraamaan omaa toiminnan konseptiaan, joka koostuu seuraavista pääkohdista:

- aiheen lähestyminen ennakoivan kunnossapidon periaatteiden mukaan
- suunnittelu ja aikataulutus
- analyysit ja kehitys. (Maintaining availability 2011.)

Maintpartner listaa asiantuntija- ja yksittäispalveluihinsa mm. seuraavat:

- asiantuntijatuki (sähköautomaatio, mekaaninen)
- nosturihuollot ja –tarkistukset
- työstökonehuollot
- materiaalien termiset ruiskupinnoitukset
- kunnonvalvonta
- mekaanisten ja sähköisten mittalaitteiden kalibroinnit
- energiatehokkuus
 - esim. paineilmapuotojen kartoitukset ja korjaukset
- laboratorioanalyysit
- hankinta- ja varastotoiminnot
- projektinjohto, suunnittelu, toteutus ja valvonta
- koneiden ja tuotantolinjojen siirrot ja asennukset
- vuosiseisokkien ja revisioiden suunnittelu, toteutus ja valvonta. (Asiantuntijapalveluja ja erikoisosaamisia 2011.)

2.3 Maintpartner Jyväskylässä

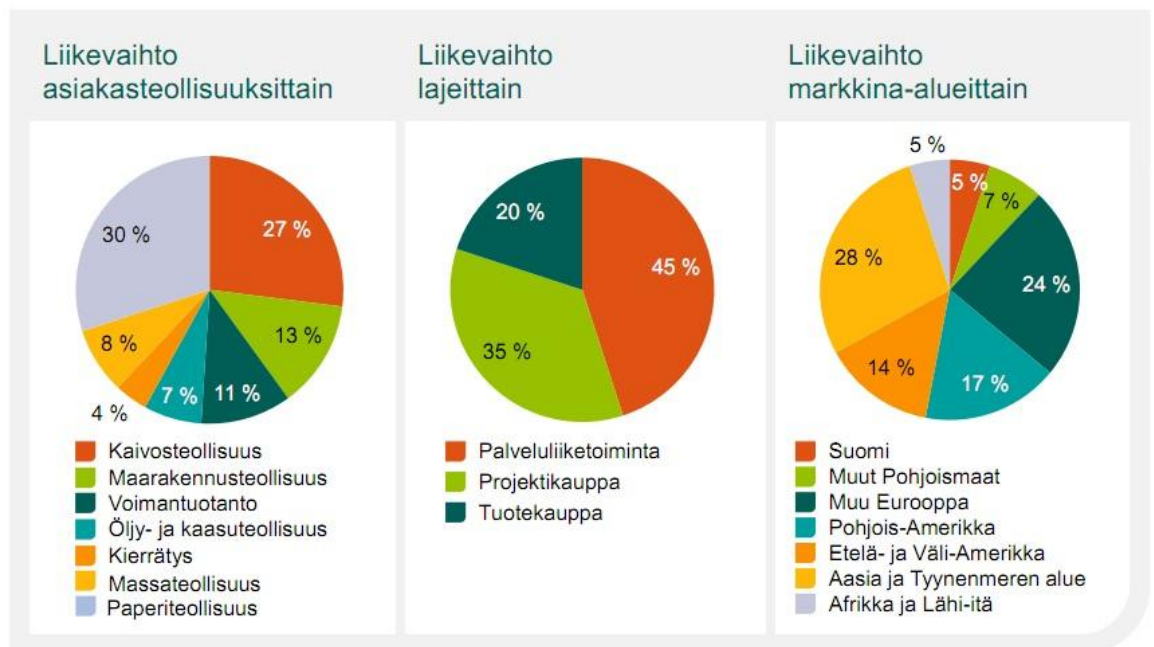
Maintpartnerilla on laajasti toimintaa Keski-Suomessa. Jyväskylässä sijaitsee yksi sen alueellisista toimipisteistä. Maintpartner tekee yhteistyötä projektiluonteisesti lukuisten paikallisten yritysten kanssa, mutta varsinaisia sopimuskunnossapitokohteita ovat mm. Metso Foundriesin valimo ja Moventas Wind. (Jalkanen 2009, 13.)

Jyvässeudun paikallispäällikön Tuomo Varjorannan mukaan Maintpartnerin tärkein tavoite on paikallisten asiakkaiden prosessien tehokas ja taloudellinen kunnossapito ja sen jatkuva kehittäminen. Sen saavuttamiseksi töitä on tehty vuosikymmeniä. (Jalkanen 2009, 13.)

3 ASIAKAS – METSO OYJ

Metso Oyj on maailmanlaajuinen teknologian- ja palveluntuottaja lukuisille eri teollisuudenaloille. Näitä ovat kaivos-, rakennus-, energia-, polttoaine-, kierrätys- sekä sellu- ja paperiteollisuus. Metso työllistää noin 29000 työntekijää noin 50 maassa. Metson liikevaihto vuonna 2010 oli noin 5,6 miljardia euroa. Liikevaihto jaettuna eri tavoin näkyy kuviossa 2. (Metso in breaf 2011.)

2010 liikevaihto 5,6 miljardia euroa



KUVIO 2. Metso Oyj:n liikevaihto asiakasteollisuuksittain, lajeittain ja markkina-alueittain vuonna 2010 (Metso Yleiskatsaus 2011, 3)

Metalliteollisuusyhtiö Metso Oyj syntyi Valmet Oyj:n ja Rauma Oyj:n sulautuessa vuonna 1999. Valmet oli paperi- ja kartonkikoneiden valmistaja, kun Rauman toiminnot keskittyivät kuitu-, murskain-, ja virtauksensäätöratkaisuihin. (Our history 2009.)

Nykyään Metson toiminta on jaettu kolmeen segmenttiin, jotka ovat kaivos- ja maa- rakennusteknologia, energia- ja ympäristötekniologia sekä paperi- ja kuituteknologia. (Metso in brief 2011.)

Tätä nykyä Metso tunnetaan parhaiten yhtenä maailman johtavista metsäteollisuuden koneiden valmistajista. Yritysohjien ja fuusioiden myötä Metsoon kuuluu mm. Valmet, Sunda Defibrator, Kvaerner Pulp and Power, Beloit ja Tamfelt. (Pulp and paper: history 2010.)

Metso on täyden skaalan toimittaja, joka pystyy toimittamaan käytännössä kaikki massa- ja paperiteollisuuden tarvitsemat prosessit sekä siihen liittyvän teknologian. (Paper and Fiber technology 2010.)

3.1 Rautpohjan tehdas

Jyväskylässä sijaitsevalla Metson Rautpohjan tehtaalla on monimuotoinen historia. Vuonna 1936 eduskunta päätti perustaa Valtion Tykkitehtaan valmistamaan ja kunnostamaan tykkikalustoa Suomen puolustusvoimille. Helsingin Katajanokalla uuden tehtaan valmistumista odottanut tykkitehdas työntekijöineen siirrettiin Rautpohjaan kahdessa päivässä junalla alkukesästä 1938. (Valtion Tykkitehdas 2009.)

Tykkien valmistus jatkui aina syksyyn 1944 asti, kun tehdas liitettiin Valtion Metallitehtaisiin. Tehtaan nimi muutettiin 1946 Valtion Metallitehtaat, Rautpohjan Tehtaan- si ja vuonna 1951 Valmet Rautpohjan Tehtaan- si. (Valtion Tykkitehdas 2009.)

Valimo Rautpohjaan rakennettiin, kun tehtaalla alettiin valmistaa metalliteollisuus-tuotteita sotakorvauksina. Paperikoneista kuitenkin tuli tehtaan lippulaivatuote, vaikka sotakaluston rakentamiseen välillä palattiinkin. (Valtion Tykkitehdas 2009.)

Tänä päivänä Rautpohjan tehdas on Metso Oy:n suurin toimipaikka ja Jyväskylän suurin yritystyöllistäjä. (Rautpohjan tehdas 2010.)

3.2 Metso Foundries Jyväskylä Oy

Jyväskylän Rautpohjassa sijaitseva Metso Foundries Jyväskylä Oy:n valimo on yksi Metson Foundriesin neljästä valimosta ja se on osa Metson kuitu- ja paperiteknologia-segmenttiä. Muut valimot sijaitsevat Tampereella ja Kiinassa. Valimoissa valmistetaan rauta- ja teräskomponentteja sekä valutavaraa. Tuotteita ovat mm. sylinterit ja telat, laivamoottoreiden lohkot ja tuulimylyjen lavat. (About Metso's Foundries 2008.)

Jyväskylän valimolla valettiin ensimmäisen kerran jo vuonna 1948. Tällä hetkellä 275 henkeä työllistävän valimon kapasiteetti on noin 25000 tonnia vuodessa. Valettavat sylinterit ja telat voivat olla jopa 12 metriä pitkiä, kaksi metriä halkaisijaltaan ja voivat painaa jopa 100 tonnia. (Metso Foundries Jyväskylä Inc. 2008.)

Metso Foundries Jyväskylän valimon suurimmat asiakkaat ovat:

- Metso Paper (massa-, kartonki- ja paperikoneistot)
- Wärtsilä (energian tuotanto ja laivateollisuus)
- Moventas (vaihteet ja käytöt)
- ABB (laivamoottorit ja generaattorit)
- WinWind (tuuliturbiinit)

- Andritz (massan valmistus koneistot)
- Metso Minerals (murskaimet). (Production 2008.)

4 PNEUMAATTINEN HIEKANKULJETUSJÄRJESTELMÄ

Pneumaattiset kuljetusjärjestelmät ovat periaatteessa melko yksinkertaisia ja sopivat erityisen hyvin rakeisten ja jauhemaisten materiaalien kuljetukseen tehdasympäristössä. Järjestelmä vaatii paineistetun kaasun lähteen, lähetinlaitteiston, putkilinjan ja vastaanottimen, joka erottaa kuljetettavan materiaalin ja kaasun. Suljettu kuljetusjärjestelmä voi tarvittaessa toimia ilman kosketusta liikkuvien osien ja materiaalin välillä. Pneumaattisissa kuljetusjärjestelmissä voidaan käyttää korkeaa (esim. fluidisoivat lähettimet, joista enemmän jäljempänä), matalaa (esim. tulppatyypiset hiekanlähettimet, joista enemmän jäljempänä) tai negatiivista painetta (esim. pölynimuri). Materiaalia voidaan syöttää myös paineistettuihin vastaanottimiin. Myös hygroskooppisia (kosteutta sitovia) tai jopa räjähdysalttiita materiaaleja voidaan kuljettaa käyttämällä kuivaa ilmaa tai reagoimattomia kaasuja tarpeen mukaan. (Mills 2004, 3.)

Kuljetustapoja pneumaattisissa kuljetusjärjestelmissä on pääasiassa kaksi, jatkuva eli fluidisoiva (dilute phase conveying tai suspension flow) ja sykleittäin lähetävä (dense phase conveying tai plug flow). Jatkuva lähetystapa vaatii sen, että kuljetettava materiaali fluidisoidaan putkistossa kuljetuksen ajaksi. Tämä tarkoittaa sitä, että suihkuttamalla ilmaa kuljetettavaan materiaaliin alapuolelta se alkaa käyttäytyä nesteen tavoin ja sen virtausominaisuudet paranevat merkittävästi. Sykleittäin tapahtuva lähetys taas tarkoittaa sitä, että ainetta kuljetetaan erillisinä panoksina yksi kerrallaan. Metso Foundriesin Rautpohjan valimon hiekankuljetusjärjestelmä on sykleittäin lähetävä. (Mills 2004; 5, 296)

Pneumaattinen hiekankuljetusjärjestelmä (myöhemmin myös hiekkaputkisto tai hiekkajärjestelmä) Metso Foundriesin Rautpohjan valimolla kuljettaa hiekkaa silloista hiekansekoittajille (ks. Kuvio 3) ympäri valimoa, joiden avulla vuorostaan valmistetaan hiekasta valumuotteja. Hiekkaputkistoja valimolla on kaksi, uusi hiekka ja kiertohiekka. Uuden hiekan järjestelmä kuljettaa valimolle tuotua, nimensä mukaisesti uutta hiekkaa, ja kiertohiekka tulee valimon sisältä, kun käytettyjä valumuotteja murskataan ja käsitellään uudelleenkäyttöä varten.



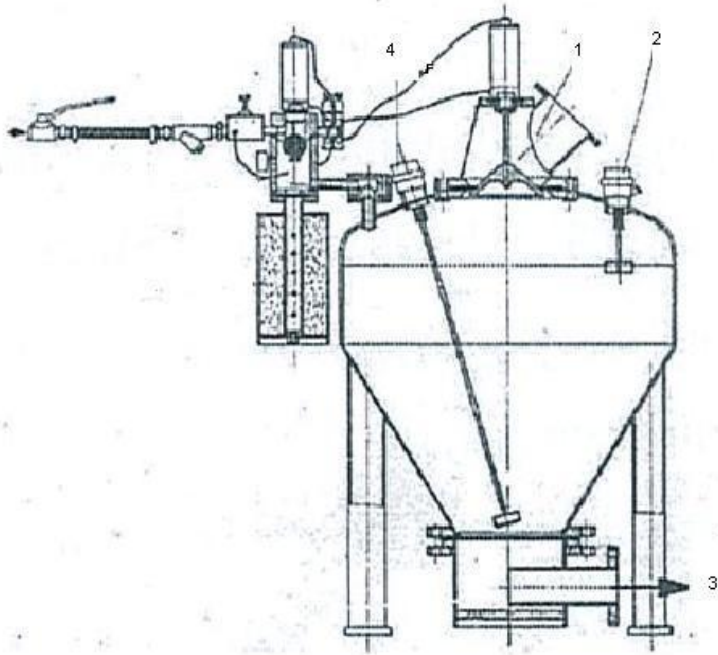
KUVIO 3. Hiekansekoittaja

Siiloja valimolla on 42, joista uuden hiekan varastosiiiloja on kaksi (ks. Kuvio 4). Varastosiiilot, ja kolme muuta siiloa, täytetään suoraan säiliöautosta, joilla uutta hiekkaa tuodaan valimolle. Näiltä siiloilta hiekkaa lähetetään valimon muihin uuden hiekan siiloihin. Kiertohiekkajärjestelmä toimii periaatteessa samalla tavalla, varastosiiiloja on vain kolme, ja ne täyttyvät valimon sisältä tulevalla hiekalla.



KUVIO 4. Uuden ja kiertohiekan varastosiiilot

Rautpohjan valimon hiekkajärjestelmä on siis sykleittäin lähetävä. Ns. tulppatyypin lähetin (ks. Kuviot 5 ja 6) toimii siten, että kun laitteen täyttöventtiili (1) avataan, hiekkaa alkaa virrata siilosta lähettimeen. Pinnankorkeusanturi (2) ilmoittaa, kun lähetin on täysi ja täyttöventtiili menee kiinni. Tällöin säiliö paineistuu ja lähetin syöttää hiekan kuljetusputkeen (3). Kierto alkaa alusta, kun pinnankorkeusanturi (4) ilmoittaa, että säiliö on tyhjä. (Olkinuora 2010, 128.)



KUVIO 5. Kaavakuva FAT-merkkisestä lähettimestä (Olkinuora 2010, 128)

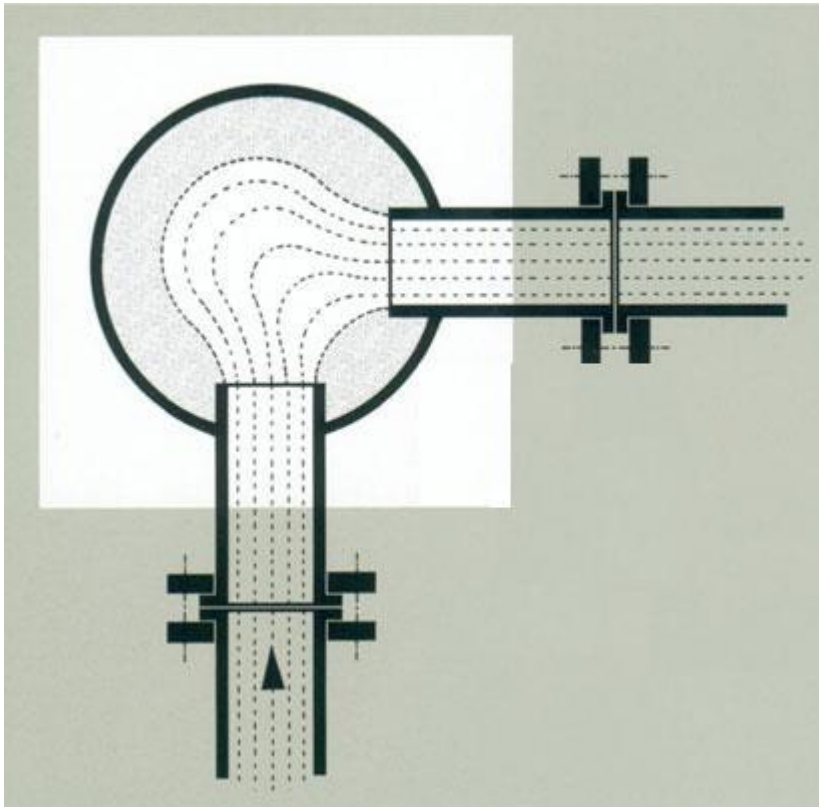


KUVIO 6. FAT-merkkinen lähetin

Itse putket hiekkaputkistossa ovat s355 terästä. Putkilinja koostuu useammasta putkesta, jotka on liitetty toisiinsa laippaliitoksilla. Jokaisessa putken suunnanmuutoksessa on kulmaelementti (myöhemmin myös pallo) (ks. Kuvio 7), jonka tarkoitus on estää putkea kulumasta puhki mutkan kohdalta. Vaikka loiva yhtäjaksoinen kaarre olisi fluidisoivassa kuljetusjärjestelmässä virtaushäviöiden kannalta edullinen ratkaisu, kuluisi se suhteettoman nopeasti käyttökelvottomaksi. Tulppatyypiseen järjestelmään loivat kaarteet eivät sovellu myöskään siksi, että kaarteessa ilma virtaa hiekan ohi. Monet putkilinjat ovat pitkiä ja niissä on paljon mutkia (ks. Kuvio 9). Tämä vaatii suurta lähetyspainetta, joka väistämättä johtaa hiekan nopeuden kasvuun ja yhdessä hiekan karkeuden kanssa putken puhkeamiseen. Kulmaelementit on suunniteltu siten, että pallon sisään kertyy hiekkaa (ks. kuvio 8), joka suojaa sen sisäpintaa virtaavan hiekan suoralta kosketukselta ja siksi se on erittäin kestävä (Heinänen 2011). Etuna tässä on myös se, että teräksisestä pallosta ei pääse irtoamaan epäpuhtauksia hiekan joukkoon (mt.).



KUVIO 7. Kulmaelementti eli pallo



KUVIO 8. Kulmaelementin kaavakuva (Olkinuora 2010, 141)



KUVIO 9. Valimon monimutkainen hiekkaputkisto

Putkilinjasta hiekka päätyy jollekin valimon lukuisista hiekkansekoittajista. Kullakin hiekkansekoittajalla on oma siilonsa, josta mikseri annostelee hiekan valumuottia varten. Hiekkansekoittajilla on omat anturi- ja vaaka- ym. järjestelmänsä, joita hyväksikäyttäen mikseriä ohjataan, mutta niitä ei tässä työssä tämän tarkemmin käsitellä.

5 PUTKISTON KULUMISMEKANISMIT

Hiekankuljetusputkistolla on valimon toiminnassa erittäin keskeinen rooli, joten sen häiriötön toiminta on tärkeää. Putken puhkeaminen aiheuttaa pahimmassa tapauksessa tuotannon keskeytymisen sen syöttämällä hiekkansekoittajalla. Tuotannon keskeytyminen on tuotantolaitoksessa luonnollisesti kaikkein ei-toivotuin tapahtuma ja aiheuttaa ylimääräisiä menoeriä, jotka koostuvat pääasiassa tuotannonmenetyksistä ja korjauskustannuksista. Rautpohjan valimolla hiekkaputkille ei ole minkäänlaista ennakkohuoltosuunnitelmaa, vaan ne korjataan hitsaamalla tai vaihdetaan uuteen, kun vika ilmenee. Tähän asiaan on kuitenkin mahdollista vaikuttaa, mutta se vaatii sen, että tiedetään mistä putkien kuluminen johtuu. Tässä luvussa käsitellään kulumismekanismia teoriatasolla.

5.1 Eroosio ja abrasiivinen kuluminen

Hiekkaputkiston kuluminen valimolla johtuu useimmiten eroosiosta (murtuminen) tai abrasiivisesta (hankaava) kulumisesta (myöhemmin myös pelkkä kuluminen). Eroosio tarkoittaa tässä yhteydessä sitä, kun hiekanjyvä iskee putken pintaan ja murtaa siitä palasia. Hiekanjyvät pikkuhiljaa poistavat ainetta osumakohdasta, joka johtaa ajan mittaan putken kulumiseen puhki ellei siihen reagoida. Abrasiivinen kuluminen sen sijaan tarkoittaa sitä, että kova kappale liukuu pehmeämpää pintaa pitkin ja ”naar-

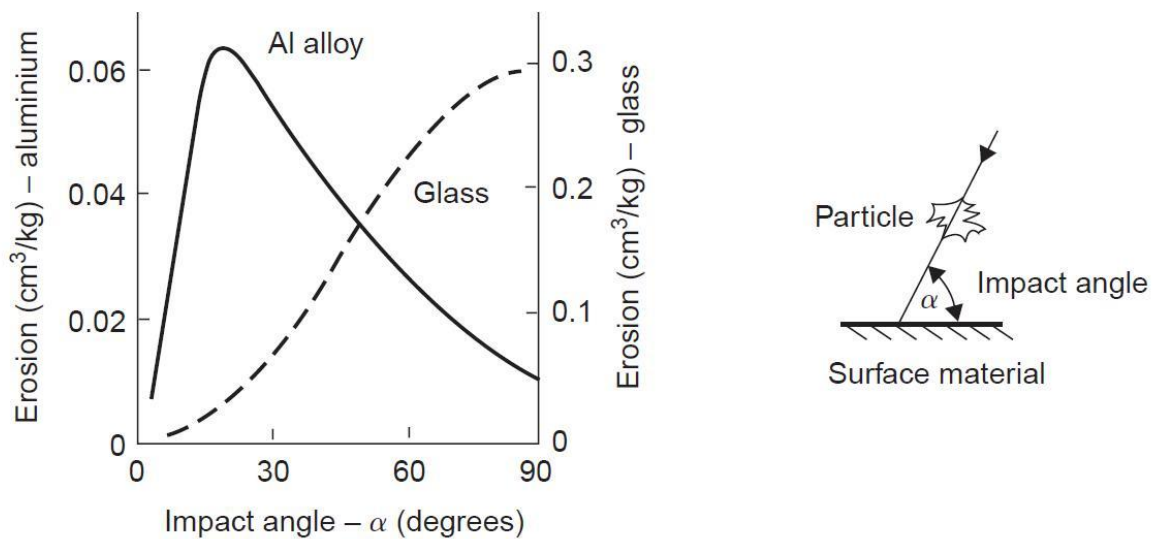
muttaa” sitä poistaen samalla ainetta kulumasta pinnasta hiomalaikan tavoin. Yhdessä nämä ovat suurimmat tekijät, jotka aiheuttavat kulumista pneumaattisissa ja hydraulisissa kuljetusjärjestelmissä. Näin tapahtuu etenkin pneumaattisissa järjestelmissä, koska suurten kiinteiden ainemäärien kuljettaminen vaatii suuret kuljetusnopeudet. Tästä johtuen teollisuudessa ei yleensä olla erityisen halukkaita asentamaan pneumaattisia kuljetusjärjestelmiä, kun kuluttavia materiaaleja käsitellään. (Finnie 1960, 1-6; Mills 2004, 498.)

Vaikka eroosion negatiiviset vaikutukset teollisuuden sovelluksissa ovat olleet olemassa niin kauan kuin itse teollisuuskin, on sen syihin alettu päästä käsiksi vasta viime vuosikymmeninä. Kulumiseen vaikuttavia muuttujia on niin paljon, että edistystä on saatu aikaan vasta, varta vasten asian tutkimiseen suunniteltujen ja rakennettujen laitteistojen myötä. Näissä tutkimuksissa jauhemaisia ja rakeisia materiaaleja iskettään eri pintamateriaaleihin tarkkaan valvotuissa olosuhteissa nopeuden, partikkelijakauman, lämpötilan ja osumiskulman suhteen. Kuten kuvitella saattaa, kaikenkattavaa aineistoa on mahdoton kerätä. Jo pelkästään nopeudet voivat olla muutamasta metristä sekunnissa hydraulijärjestelmissä jopa 8000 metriin sekunnissa raketijärjestelmissä. Oma lukunsa on myös lukematon määrä eri materiaaleja. (Mills 2004, 489-499.)

5.2 Osumiskulman ja pintamateriaalin vaikutus kulumiseen

Yksi ensimmäisistä testeistä, joissa tutkittiin kulumismekanismia laajemmin, antaa hyvän käsityksen siitä, miten suuri vaikutus osumiskulmalla ja pintamateriaalilla voi kulumiseen olla. Alun perin Tillyn ja Sagen (1970, 16) suorittamissa testeissä ko. asiaa selvitettiin tutkimalla alumiinilejeeringin ja lasin käyttäytymistä hiekanjyvien (\varnothing 60–125 μm) iskiessä eri kulmissa aina kohtisuoraan asti nopeudella 100 m/s. Alumiinilejeerinki käyttäytyy, kuten nyttemmin jo hyvin tiedetään, joustavalle materiaalille tyyppilliseen tapaan, jolloin suurin kulumisen tapahtuu, kun osumiskulma on noin 20°.

Lasi vastaavasti on hyvin hauras materiaali ja käyttäytyy alumiinilejeeringin tavoin ennalta-arvattavasti. Suurin kuluminen tapahtuu kohtisuorassa iskussa, mutta se kestää erittäin hyvin, kun osumiskulma on pieni. Hauraat ja joustavat materiaalit käyttäytyvät eroosion vaikutuksesta eri tavoin, kuten kuviossa 10 on havainnollistettu. Kuvion kulumisen yksikkönä on irronneen materiaalin tilavuus (cm^3) per pintaan osuneiden rakeiden massa (kg). (Mills 2004, 499; Tilly & Sage 1970, 16.)



KUVIO 10. Osumiskulman ja pintamateriaalin vaikutus eroosioon (Mills 2004, 500)

Edellä mainitun kokeen pohjalta Neilson ja Gilchrist (1968, 6) mainitsevat seuraavat tekijät, jotka pitää aina ottaa huomioon, kun kulumismekanismeja (kohtisuora ja pinnansuuntainen) ja niiden suhteita tutkitaan:

- rakeiden liike-energian kohtisuora komponentti aiheuttaa kappaleessa murtumista
- joillakin kovilla materiaaleilla, jotka pääasiassa altistuvat kohtisuorille iskuille, on raja-arvo nopeudelle, tämä nopeuden raja-arvo riippuu rakeen muodosta ja alle sen kulumista ei tapahdu
- liike-energian pinnansuuntainen komponentti aiheuttaa leikkaavaa kulumista

- leikkaavassa kulumisessa suurilla osumiskulmilla rae pysähtyy pintaan ja koko pinnansuuntaisen komponentin liike-energia menee leikkaavaan kulumiseen, kun taas pienillä osumiskulmilla rae naarmuttaa pintaa ja jatkaa matkaansa jäljelle jääneellä kineettisellä energialla. (Neilson & Gilchrist 1968, 6.)

Nämä säännöt toimivat yleisohjeena putkiston kulumiselle. Tämän pohjalta voidaan tehdä tarkempia tarkasteluja sekä kokeellisesti että laskennallisesti. Tässä yhteydessä ne kuitenkin toimivat lähinnä informatiivisena yksinkertaistuksena, jotta lukija tietää, miten kulumisen putkessa konkreettisesti tapahtuu.

5.3 Nopeuden vaikutus kulumiseen

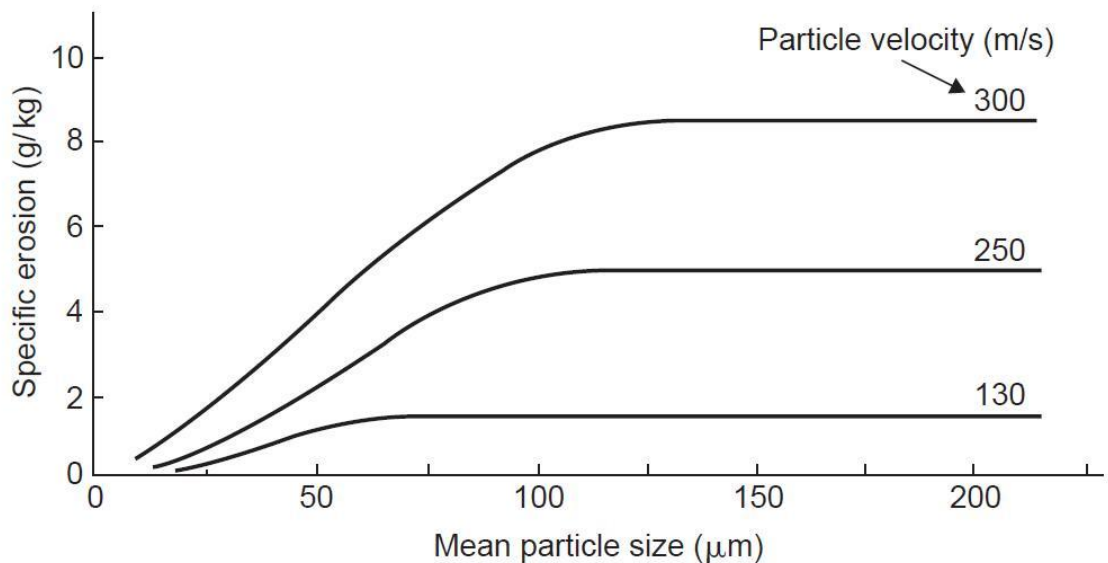
Yksi tärkeimmistä, ellei tärkein, putkiston eroosioon vaikuttava tekijä on kuljetettavan aineen nopeus. Laskennallisesti on esitetty, että eroosion suuruus nopeuden ja materiaalin suhteellista kuluttavuutta kuvaavan vakion suhteen on:

$$Erosio = Vakio \times (Nopeus)^n \quad (\text{Tilly \& Sage 1970, 2})$$

Eksponentin n arvon on sanottu olevan välillä 2-6. Kirjallisuudessa lainatun Tillyn ja Sagen (1970, 9) tutkimuksen perusteella kvartsihiekkalle eksponentti on 2,3. Yleisesti jonkinasteiseen yksimielisyyteen on kuitenkin päästy siitä, että n :n arvo on 2,5, vaikka kulumisenkestävyys vaihtelee aika paljon eri pintamateriaalien välillä. Tämä tarkoittaa sitä, että nopeuden kaksinkertaistuessa eroosion suuruus yli viisinkertaistuu. Nopeuden kaksinkertaistuminen hiekan kulkiessa putken päästä päähän ei ole missään tapauksessa harvinainen ilmiö valimo-olosuhteissa. Tähän riittää jo yhden barin lähetyspaine, jos toinen pää purkautuu ilmanpaineeseen ($\Delta p = 1$ bar). (Mills 2004, 501–502; Tilly & Sage 1970, 9.)

5.4 Raekoon vaikutus kulumiseen

Tutkittaessa raekoon vaikutusta putkiston kulumiseen on huomattu, että pneumaattiseen kuljetukseen sopivilla nopeuksilla kuluminen pysyy vakiona, kun raekoko ylittää $60\ \mu\text{m}$. Tästä pienempiin raekokoihin mentäessä kuluminenkin vähenee. Mills viittaa Sagen ja Tillyn kokeisiin, joissa tutkittiin lentoalusten moottoreiden eroosiota, mikä selittää kuvion 11 korkean nopeusalueen. Kuviosta 11 selviää myös, että nopeuden noustessa kynnsraekoko kasvaa. Suhteellisen kuluminen yksikkönä on irronnut pintamateriaali (g) per pintaan osuneiden rakeiden massa (kg). Huomautetaan, että jos pintaan osuneiden rakeiden massa pysyy samana, raekoon noustessa suhteellinen kuluminen on vakio, mutta koska pintaan osuneiden rakeiden määrä pienenee, kuluminen per rae kasvaa jotakuinkin raekoon kuutiossa. (Mills 2004, 502-503.)



KUVIO 11. Raekoon vaikutus kulumiseen (mts. 503)

5.5 Rakeen kovuuden vaikutus kulumiseen

Kuljetettavan aineen kovuus vaikuttaa merkittävästi sen kuluttavuuteen. Mills (2004, 504) viittaa kokeeseen, jossa testattiin abrasiivisten materiaalien vaikutusta testilevyihin, joihin niitä iskettiin erikseen sitä varten rakennetussa laitteessa. Kokeessa todettiin, että kovuus vaikuttaa eroosioon seuraavan yhtälön mukaisesti:

$$Eroosio = Vakio \times H_p^{2,4} \quad (\text{Mts. 504-505})$$

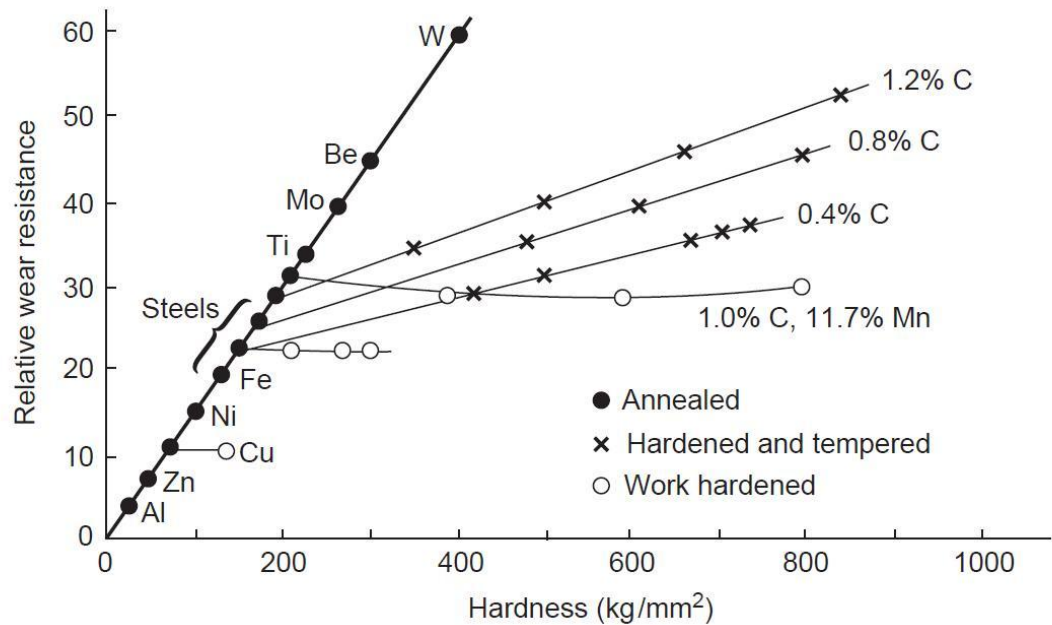
Yhtälössä *Vakio* on materiaalikohtainen vakio ja H_p on kuljetettavan materiaalin kovuus (particle, kg/mm²). Rakeen kovuuden vaikutuksella on kuitenkin rajansa, jonka jälkeen kuluminen ei enää merkittävästi kasva. Tämä raja on noin 800 kg/mm², eli erittäin kovien materiaalien kuljetus ei aiheuta enempää kulumista kuin hiekan kuljetus. (hiekkä ~ 1000 kg/mm²). (Mts. 504- 505.)

5.6 Pintamateriaalin vaikutus kulumiseen

Kuten luvuissa 5.2 ja 5.3 kävi ilmi, kuljetusnopeuden vaikutus eri materiaalien kulumiseen on jokseenkin samanlainen, jos osumiskulma ei muutu, ja toisaalta osumiskulman muuttuessa eri materiaalit käyttäytyivät hyvin eri tavoin. Tästä voidaan päätellä, että materiaalin pinnan kovuus ei välttämättä ole paras kriteeri, jonka mukaan putkiston kestoa kulumista vastaan koetetaan parantaa. (Mills 2004, 506-507.)

Pinnan kovuuden ja abrasiivisen hankauksenkestävyyden suhteita on tutkittu melkoisen kattavasti ja tietoa siitä on helposti saatavilla. Kuviossa 12 on esitetty muutamien karkaistujen (annealed) metallien kulutuksenkestävyyksiä niiden arvioitujen kovuuksien suhteen. Kuvioista on myös nähtävissä, että metallien kylmämuokkaaminen

(work hardened) suurempiin pinnankovuuksiin ei juuri vaikuta niiden kulutuksenkestävyyteen (relative wear resistance, suhteellisen kulumisen käänteisfunktio). Teräksen karkaisu ja päästäminen (hardened and tempered) sen sijaan parantavat kulutuksenkestävyyttä jonkin verran. (Mts. 507-508.)

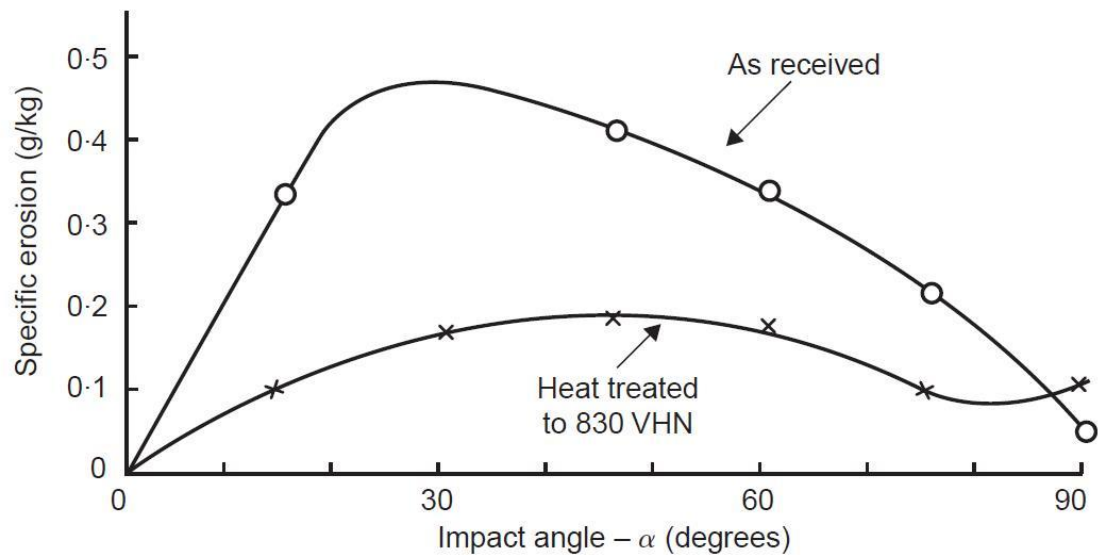


KUVIO 12. Metallien käsittelyn vaikutus kulutuksenkestävyyteen (mts. 507)

Vastaavaa tutkimusta pinnan kovuuden ja eroosion suhteesta on tehty huomattavasti vähemmän. Rajallisemmissa tutkimuksissa on kuitenkin huomattu, että samansuuntaisia tuloksia on nähtävissä. Mills (2004, 508) mainitsee tutkimuksen, jossa tutkijat kehittivät kokeellisesti edellisen kuvion kaltaisen diagrammin. Diagrammista selviää, ettei kovettaminen lämpö-, sen enempää kuin kylmäkäsittelylläkään juuri paranna eroosiokulutuksen kestävyyttä. (Mts. 508.)

Kirjassaan "Pneumatic conveying design guide" Mills (2004, 508-509) viittaa myös itse tekemiinsä kokeisiin, joissa hän tutki kvartsin eroosiokuluttavaa vaikutusta työkaluteräkseen. Teräs oli karkaistu ja päästetty eri lämpötiloissa (Vickers-kovuus jopa 830 kg/mm²) ja saatuja tuloksia verrattiin teräkseen ilman käsittelyä (Vickers-kovuus

noin 230 kg/mm^2). Kuviossa 13 on esitetty kahden äärikovuuden erot eroosion ja osumiskulman suhteen. Vaikka lähemmäs kohtisuoraa osumista mentäessä erot häviävät, on kuitenkin selvää, että osumiskulmalla on erittäin suuri merkitys. Aiemmin aiheesta esitettyihin tuloksiin verrattuna erot ovat jopa erittäin suuria. Tämä kuitenkin johtuu todennäköisesti siitä, että osumiskulma aiemmissa kokeissa on ollut suuri. Millsin kokeissa kovaksi lämpökäsitelty teräs on miltei kautta linjan parempi. Ero on suurin kun osumiskulma on noin 30° . Tästä on suurta hyötyä juuri hiekankuljetusputkista ajatellen, koska siellä osumiskulma on lähes poikkeuksetta aina pieni. (Mts. 508-509.)



KUVIO 13. Lämpökäsitellyn ja -käsittelemättömän teräksen erot eroosion ja osumiskulman suhteen (mts. 509)

6 PUTKISTON KÄYTTÖIÄN PIDENTÄMINEN

6.1 Laitehierarkia

Ennakoivaa kunnossapitoa tehtäessä laitteiden historiatietojen olemassaolo on ensiarvoisen tärkeää. Suurimmassa osassa tuotantolaitoksista laitteille on olemassa huoltohistorioita jossain muodossa. Yleinen vaihtoehto on kunnossapitohenkilökunnan tai operaattoreiden muistin varassa toimiva epämääräinen historiamosaiikki. Pienessä mittakaavassa tällainen voi toimia täysin riittävästi, mutta jo kahdenkin operaattorin käyttäessä samaa laitetta, voi koko kuva laitteen kunnosta vääristyä. Pahimmassa tapauksessa historiatietoja voi joutua keräämään kymmenistä eri paikoista, eivätkä niistäkään löytyvät tiedot ole välttämättä riittäviä. Tämä kaikki voidaan välttää kattavalla ja johdonmukaisella laitehierarkialla. (Bolig 2005.)

Laitehierarkia on looginen puu, josta yksittäisen laitteen voi jäljittää seuraamalla fyysisten sijaintien, tuotantolinjojen ja laitteiden suhteita. Hierarkian avulla voidaan seurata kunnossapidon historiatietoja ja yksittäisten laitteiden sijainteja laitoksessa esimerkiksi jos laite on varastossa varaosana tai huollossa. Lisäksi voidaan seurata kustannuksia kun tiedetään mitkä laitteet/laittekokonaisuudet kuuluvat samaan kustannuspaikkaan. (Bolig 2005; Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 2007, 224.)

Hierarkian laajuus on aina laitospohjainen päätös. Yleisesti se kannattaa ulottaa sille tasolle asti, mitä halutaan seurata. Liian suurpiirteinen yksilöinti johtaa siihen, ettei historia kerry oikeille laitteille ja hyödyt jäävät saavuttamatta, koska tietoon perustuvia päätöksiä, esimerkiksi kunnossapidosta ei voida tehdä. Liika tarkkuus taas kasvat-
taa kustannuksia holtittomasti suhteessa saavutettavaan hyötyyn. (Information Quality Management: Theory and Applications. 2007, 238.)

Suunta, josta hierarkiaa tarkastellaan yrityksen sisältä, vaikuttaa siihen, kuinka kattava hierarkiasta tulee tehdä. Kunnossapidon näkökulmasta tärkeitä asioita ovat toimintojen ja resurssien hallinta komponentti- ja osatasolla. Ylempää johtoa taas kiinnostaa järjestelmät ja muut suuremmat kokonaisuudet, koska taloudelliset ja strategiset kuviot rakentuvat niiden perusteella. (Mts. 238.)

6.1.1 Standardi PSK 7102

Tehdashierarkiasta on olemassa PSK Standardisointiyhdistys ry:n standardi PSK 7102. Standardin (PSK 7102 2008, 1) kohdassa ”Soveltamisala” sanotaan: ”Tämä standardi määrittelee teollisuudelle prosessiteknisen sekä laitteiden sijaintiin ja kokoonpanoon perustuvan hierarkian.” PSK 7102:n mukainen hierarkia auttaa käyttö- ja kunnossapitotoimintaa, kuten myös esimerkiksi suunnittelua. (Mts. 1.)

PSK 7102 standardissa hierarkiat on jaettu neljään ryhmään: prosessihierarkia, paikkahierarkia, laitehierarkia ja muut hierarkiat, kuten kustannuspaikka- ja kytkentähierarkia. (Mts. 1.)

Prosessihierarkialla esitetään laitoksen toimintojen suhteita toisiinsa, ja se koostuu seuraavista tasoista:

- laitos
- tuotantoyksikkö
- tuotantolinja
- prosessi
- osaprosessi
- toiminto
- alitoiminto. (Mts. 2.)

Paikkahierarkiassa laitteet määritellään niiden sijaintien perusteella. Sijainnilla tarkoitetaan sitä, missä laite on kartalla sekä laitoksen sisällä. Jako voi olla esimerkiksi laitoksen eri hallien välillä tai laitos voi olla keinotekoisesti jaettu ruuduiksi. Paikkahierarkia koostuu seuraavista tasoista:

- maanosa
- maa
- paikkakunta
- tehdasalue
- laitos
- alue
- taso
- sijainti. (Mts. 3.)

Laitehierarkia on kunnossapidon kannalta tärkein, koska siinä laitteet jaetaan komponentteihin ja osiin. Tämän jaon perusteella esimerkiksi työtilaukset saadaan kohdistettua oikein, samoin kuin laitteiden tyyppitiedot ja muut yksityiskohdat. Laitehierarkia koostuu siis seuraavista tasoista:

- laite
- komponentti
- osa. (Mts. 3.)

6.1.2 ARROW Maint

Metsolla käytössä oleva ARROW Maint on jyvaskyläläisen ARROW Engineering Oy:n tuottama töidenhallintajärjestelmä. Sen avulla voidaan seurata valimon laitteistojen historiatietoja, kuntoa ja teknisiä tietoja. Laitteet on sijoitettu ARROWiin hierarkkisesti, josta niiden seuraaminen on helppoa. Se toimii myös viestiyhteytenä tuotannon ja kunnossapidon välillä, koska sinne tehdään kaikki kunnossapidon vikailmoitukset ja työtilaukset.

6.1.3 Hierarkian kokoaminen

Rautpohjan valimolla ARROW-ohjelmassa on todella kattavat hierarkiat ja/tai laiterekisterit, joita käytetään jatkuvasti mm. kunnossapidon toiminnanohjaukseen. Yksi suuri ja kauan esillä ollut puute on hiekkaputkiston hierarkian luominen hiekkaputkiston kokoiselle järjestelmälle on aikaavievä ja työläs projekti, joten sen tekemiseen ei ole löytynyt resursseja aiemmin.

Hierarkian tekeminen koostui neljästä työvaiheesta:

- tiedonkeruu
 - putkien ja laitteiden laskeminen
 - putkien ja laitteiden sijaintien määrittäminen
- tietojen syöttäminen tietojärjestelmään
- putkien ja laitteiden merkkaukset kentälle
- implementointi
 - koulutus
 - hierarkian ottaminen käyttöön.

Kahta ensimmäistä työvaihetta työstettiin osin yhtä aikaa, samoin koulutus järjestettiin ennen kuin merkkaukset oli valmis.

6.1.4 Tiedonkeruu ja datan syöttäminen tietojärjestelmään

Putkistohierarkian kokoaminen alkoi muutamalla asiaa käsittelevällä palaverilla aluksi Maintpartnerin ja myöhemmin myös Metson henkilöstön läsnä ollessa. Palavereissa käytiin läpi putkiston rakennetta ja toimintaa sekä heiteltiin ideoita erilaisista toteutusmahdollisuuksista. Samaan aikaan asiaa käytiin läpi myös JAMK:ssa opinnäytetyön ohjaajan kanssa. Ohjeiden pohjalta alettiin kehittää järkevää rakennetta ja merkintätapaa hierarkialle.

Suunnitelma, jolla hierarkiaa lähdettiin toteuttamaan, oli jakaa putkisto yksittäisiin putkiin, jotka toisiinsa liitettynä muodostavat putkilinjan, joka kulkee kahden tai useamman siilon välissä. Tällaisia putkilinjoja on lukuisia sekä uudelle hiekalle että kiertohiekalle. Yksi tärkeimmistä lähtökohdista oli se, että ongelman putkilinjassa huomaa yleensä ensimmäisenä kohdesiilolla työskentelevä henkilö. Kohdesiilon löytyminen hierarkiasta tulisi siis tehdä mahdollisimman helpoksi. Tätä silmälläpitäen putkilinjat päätettiin nimetä käyttäen linjan molemmissa päissä olevien siilojen alfa-numeerisia koodeja, jotka olivat jo valmiiksi olemassa, tarkennettuna sanallisella kuvauksella. Esimerkiksi 5.S7->4.S26 / putkilinja halliin 4 (putkilinja siilosta 5.S7 siiloon 4.S26). Siilojen ja lähettimien koodit kertovat lisäksi ko. laitteen sijainnin valimolla hallin tarkkuudella (5.S7 sijaitsee hallissa 5 ja 4.S26 hallissa 4 jne.). Jokaiselle putkelle annettiin oma identiteetti juoksevin numeroin alkaen syöttösiilon lähettimeltä. Identifiointitunnus jokaiselle putkelle, kulmaelementille (pallolle) ja venttiilille, mitä kussakin putkilinjassa on, koostuu putkilinjan koodista ja numero- tai kirjain-numerotunnuksesta esimerkiksi 5.S7->4.S26-1, 5.S7->4.S26-p1 tai 5.S7->4.S26-v1 (putki, pallo, venttiili).

Putkiston tietojen kerääminen aloitettiin uuden hiekan linjasta, koska se on suppeampi kuin kiertohiekkalinja. Tiedonkeruu oli aikaavievin yksittäinen työvaihe hierarkian teossa, koska useat samannäköiset putket kulkevat hallien välillä lattioiden ja seinien läpi katonrajassa tai muuten hankalissa paikoissa.

Tietojen syöttämisen Ms Excel-ohjelmaan tehtyyn pohjaan aloitettiin, kun kolme ensimmäiseksi valittua putkilinjaa oli käyty läpi. Excel-pohja on tehty helpottamaan hierarkian tekemistä ARROW Maint –töidenhallintajärjestelmään. Excelliin syötettävät tiedot siirtyvät Ms Access –ohjelman avulla kivuttomasti ARROWiin. Hierarkian tekeminen suoraan ARROWiin on myös mahdollista, mutta se on todella hidasta.

Ensimmäiseen versioon oli tarkoitus syöttää vain hierarkian ulkoasuun vaikuttavia tietoja, jotta saataisiin malli esiteltäväksi asiakkaalle. Ensimmäinen versio hierarkias-

ta miellytti asiakasta perusidealtaan, joten tietojen keräämistä muiden putkilinjojen osalta jatkettiin.

Kun tiedot uuden hiekan sekä kiertohiekan linjasta oli kerätty ja syötetty Exceliin täydellisinä (ks. KUVIO 14), tiedot siirrettiin ARROWiin siksi aikaa, että se saatiin esiteltävä asiakkaalle uudelleen.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	KOODI	NIMI	YLTASO	KUSTPAIKKA	SUJAINTI	MITAT	TASO1	TASO2	TASO3	TASO4	TASO5	TASO6
2	3.S27	Siilo		HIEKKAJÄRJESTELMÄ	Kiertohiekka	D600XX	HIEKKAJÄRJESTELMÄ	Kiertohiekka	3.S27			
3	3.L10	Lähetin	3.S27	HIEKKAJÄRJESTELMÄ	Kiertohiekka	D600XX	HIEKKAJÄRJESTELMÄ	Kiertohiekka	3.S27	3.L10		
4	3.S27->3.S28	Putkilinja halliin 3	3.L10	HIEKKAJÄRJESTELMÄ	Kiertohiekka	D600XX	HIEKKAJÄRJESTELMÄ	Kiertohiekka	3.S27	3.L10	3.S27->3.S28	
5	3.S27->3.S28-1	Putki 1 halliin 3	3.S27->3.S28	HIEKKAJÄRJESTELMÄ	Kiertohiekka	D600XX	HIEKKAJÄRJESTELMÄ	Kiertohiekka	3.S27	3.L10	3.S27->3.S28	3.S27->3.S28-1
6	3.S27->3.S28-p1	Pallo 1 halliin 3	3.S27->3.S28	HIEKKAJÄRJESTELMÄ	Kiertohiekka	D600XX	HIEKKAJÄRJESTELMÄ	Kiertohiekka	3.S27	3.L10	3.S27->3.S28	3.S27->3.S28-p1

KUVIO 14. Hierarkian tietoja Excel-ohjelmassa ennen siirtoa ARROWiin (Vrt. Kuvio 15). (Kuvion taulukko muokattu mahtumaan sivulle.)

Palaveri pidettiin ja hierarkian merkinnät käytiin läpi kokonaisuudessaan kahden asiakkaan edustajan läsnä ollessa. Tehdyt ratkaisut olivat edelleen hyviä. Joitakin yksittäisiä tarkennuksia kuitenkin tehtiin käsintäytettäviin siiloihin. Aiemmin siilot oli nimetty vain ”siiloiksi”, mutta nimet tarkennettiin niihin laitettavien materiaalien mukaisiksi. Esim. ”1.S38 / Siilo”:n sijaan ”1.S38 / Rautaoksidisiilo”, koska ko. siilo täytetään rautaoksidihiekalla. Näiden tarkennusten lisäksi hierarkiaan lisättiin puuttuvat laitteet, ruuvi- ja hihnakuljetin sekä kaksi jäähdytintä. Näiden hienosäätöjen myötä hierarkia tuli valmiiksi odottamaan käyttöönottoa ja lopullista siirtoa ARROW-tietojärjestelmään.

Tavallisiin siiloihin tarkennuksia ei lisätty, koska hierarkiaa käytettäessä on katsottava PI-kaaviota (ks. liite 1) joka tapauksessa. Kaavioon on merkitty siilojen koodit, mutta ei tarkennuksia, joten ne eivät helpottaisi hierarkian käyttöä merkittävästi.

6.1.5 Merkkaus ja implementointi

Ennen hierarkian käyttöönottoa putket ja laitteet on merkittävä kentällä kyltein (ks. kuvio 15). Kylttien tarkoitus on ilmoittaa koodi, jolla se löytyy hierarkiasta. Kylttien toimittamisesta pyydettiin useita tarjouksia ja niiden perusteella toimittajaksi valittiin kotimainen Finngra Oy.

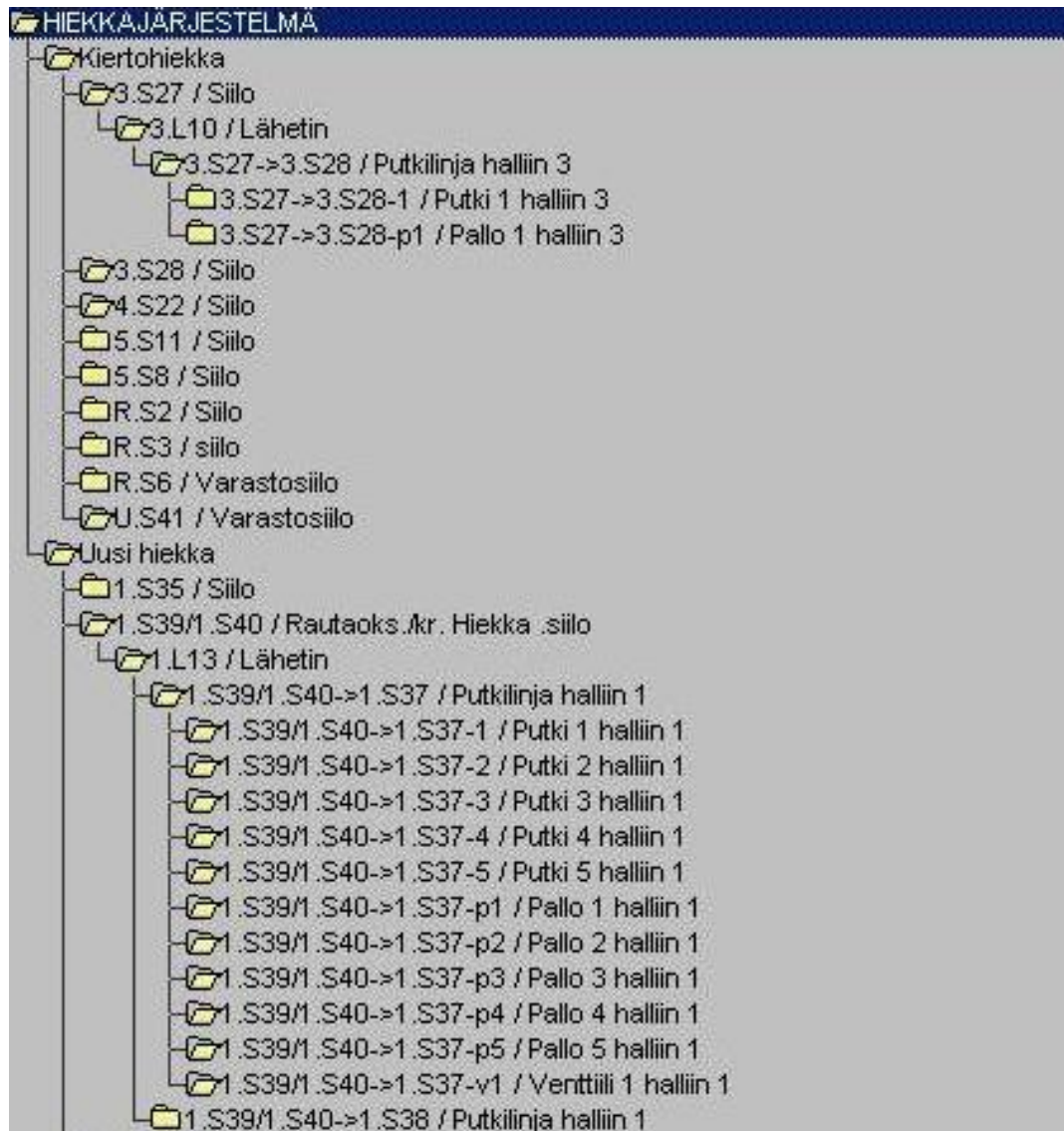


KUVIO 15. Merkkaamiseen käytettäviä kylttejä

Kylttien väriksi valittiin musta teksti oranssilla pohjalla. Väriyhdistelmä ei ollut entuudestaan käytössä, eikä se ole yleinen standardiväri, jotka tulee säästää standardinmukaista tarkoitusta varten. Oranssi sopi tarkoitukseen myös siksi, että kirkas väri erottuu hyvin myös etäältä. Peilikaiverretut muovikyltit on helppo puhdistaa ja nopea kiinnittää nippusiteillä. Opinnäytetyötä tehtäessä kylttien asennusta ei kuitenkaan oltu vielä aloitettu.

Hierarkian käytöstä järjestettiin koulutus asentajille ja työnjohdolle aamupalaverin yhteydessä, koska vaadittava henkilöstö oli jo valmiiksi paikalla. Koulutus koostui lyhyestä Power Point –esityksestä (ks. liite 2), jossa selitettiin kylttien koodien merkitys ja se miten ne korreloivat hierarkian kanssa. Koulutuksessa käytiin läpi myös viikailmoituksen oikeaoppinen tekeminen ARROW Maintia käyttäen

Kuviosta 16 näkee, miltä hierarkia näyttää ARROW-tietojärjestelmässä. Ylätasona hierarkiassa on hiekkajärjestelmä, sen alta valitaan joko kiertohiekka tai uusi hiekka sen mukaan, kumman putkiston putkista tai laitteista on kyse. Seuraavana tasona on siilo, josta putkilinja lähtee. Siilon alla on ko. linjaan lähettävä lähetin sekä mahdolliset rajakytkimet ja vaa’at. Lähettimen alla on putkilinja(t), jonka nimeen on tarkennettu mistä siilosta mihin linja menee. Putkilinjan alla hierarkian alimpana tasona ovat putket, pallot, ja venttiilit.



KUVIO 16. Hiekkaputkistohierarkia ARROW-tietojärjestelmässä

6.2 Toimenpiteitä putkien kulumisen ehkäisemiseksi

Kuten luvussa 5 kävi ilmi, kohtuullisen pienikin kasvu rakeen osumiskulmassa vaikuttaa putken kulumiseen. Tämä johtuu siis siitä, että abrasiivinen kuluminen muuttuu eroosioksi, jolloin putken seinämästä alkaa haljeta palasia ”naarmuuntumisen” sijaan. Varsinkin kovapintainen teräs kestää varsin hyvin abrasiivista kulumista, mutta eroosiota heikommin. Suorassa putkessa eroosio-ongelmaa ei yleensä esiinny, mutta pelkästään suorasta putkesta koostuva hiekkaputkisto lienee itse eroosiotakin harvinaisempi. Yleisin syy hiekan hetkelliseen kulkusuunnan (osumiskulman) muutokseen

aksiaaliseen radiaaliseen on putken suunnanmuutoksesta tai kehnosti toisiinsa liitettyjen putkien ”kynnyksestä” aiheutuva turbulenssi. Seuraavissa alaluvuissa esitetään toimenpiteitä, joiden avulla putkien kulumista voidaan ehkäistä. (Mills 2004, 522.)

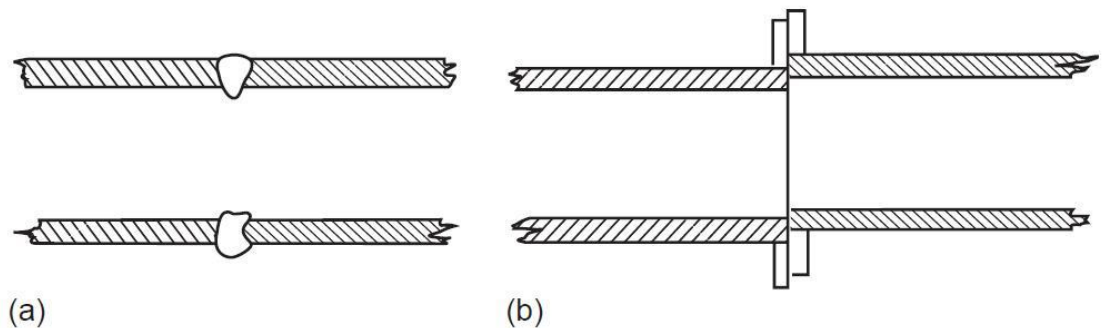
6.2.1 Seinämävahvuuden kasvattaminen kulmaelementin jälkeen

Kulmaelementin jälkeen hiekankuljetusputkessa esiintyy aina voimakasta turbulenssia. Hiekka muuttaa äkisti suuntaansa ja kun suora putki alkaa, hiekka pyrkii edelleen jatkamaan suunnanmuutosta. Tästä johtuen se iskeytyy putken seinämiin ennen kuin liike-energia asettuu taas putkensuuntaiseksi. Aivan radiaaliseksi hiekan kulkusuunta tuskin muuttuu, mutta kuten mm. kuviosta 13 nähtiin, pienikin osumiskulman muutos vaikuttaa putken kulumiseen merkittävästi. Tähän ongelmaan ratkaisuna voisi olla paksuseinämaisen lyhyen putken liittämisen kulmaelementin ja varsinaisen putkilinjan väliin, koska puhkikuluminen tapahtuu useimmiten juuri kulmaelementin jälkeen. Uhrattavan putken ei tarvitse olla kovin pitkä, koska hiekka asettuu nopeasti. Mills suosittelee pituudeksi 20 kertaa putken halkaisija eli DN 100 ($\varnothing = 114,30$ mm, suurin osa Rautpohjan valimon putkista on DN 100) putken ollessa kyseessä reilut kaksi metriä riittää. Laippaliitoksin kiinnitetty putki on helppo ja nopea kääntää tai vaihtaa tasaisin väliajoin. Näin säästytään pitkän putken vaihtamiselta, joka usein on aikaavievää, hankalaa ja jopa vaarallista. Kun putki käännetään tarpeeksi usein, ei sinne pääse kulumaan suurta taskua, joka aiheuttaa lisää turbulenssia pidemmälle putkeen. (Mills 2004, 522-523.)

Valimolla vaihtoehtona voisi olla esimerkiksi käyttää 121,7 mm halkaisijalla olevaa putkea jonka seinämävahvuus on 11,9 mm, tai vastaavaa. Verrattuna nykyiseen 8,8 mm seinämävahvuuteen, putken käyttöikä nousisi huomattavasti. Lisäksi putki todennäköisesti kuluu aina samasta kohdasta, joten sen voi kääntää jopa neljään eri asentoon ennen vaihtoa. Tämä kuitenkin täytyy varmistaa tapauskohtaisesti kokeilemalla.

6.2.2 Putkien huolellinen asennus

Huonosti linjatut laippaliitokset (ks. kuvio 17b) putkilinjoissa aiheuttavat turbulensseja samaan tapaan kuin kulmaelementit. Myös hitsausliitosten (ks. kuvio 17a), joissa sauma tekee kuprun putken sisäpinnalle, on huomattu aiheuttavan saman ilmiön. Epätasaisuuksien aiheuttamat turbulenssit saattavat johtaa ajan myötä putken kulumiseen puhki. Useimmiten tämä on kuitenkin ongelma pienihalkaisijaisissa putkissa, mutta jos kynnyks on tarpeeksi korkea, se voi lyhentää putken käyttöikää merkittävästi. Huolellisuus putkien asennuksessa on siis tärkeää. (Mills 2004, 523–524.)



KUVIO 17. Huonot putkiliitokset aiheuttavat turbulenssia: Hitsattu putki (a) ja laippaliitos (b) (mts. 524)

6.2.3 Putkien kääntäminen

Sykleissä lähetettävä hiekka kulkee putkistossa panoksina, jotka ajoittain pysähtyvät putken pohjalle. Suurin kulutus horisontaaliputkessa kohdistuu painovoiman takia putken alareunaan. Putken käyttöikää voidaan mahdollisesti pidentää, jos se kääntään akselinsa ympäri 180°. (Mills 2004, 524.)

6.2.4 Putken halkaisijan kasvattaminen loppua kohti

Kuten jo luvussa 5.3 todettiin, kuljetettavan hiekan nopeus vaikuttaa suuresti putken kulumiseen. Samoin tiedetään, että nopeus nousee todella merkittävästi putken lop-

pua kohti. Tämä yhteisvaikutus johtaa todelliseen ongelmaan, jonka mittakaava voi yllättää.

Hiekanlähettimellä, eli putkilinjan alkupäässä, lähetysilma on noin viiden barin (p_{abs}) lähetyspaineesta johtuen puristuneena murto-osaan siitä tilavuudesta, jossa se olisi normaalissa ilmakehän paineessa. Työntäessään hiekkaa eteenpäin kuljetusilman paine laskee koko ajan, minkä takia se laajenee käytännössä alkuperäiseen tilavuuteensa (ei kuitenkaan aivan, koska se jäähtyy laajetessaan hiukan) ideaalikaasun yleisen tilanyhtälön ($\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$) mukaisesti. Laajentuvalla ilmalla ei tasahalkaisijaisessa putkessa ole muuta suuntaa laajentua kuin eteenpäin, mikä johtaa virtauksen kiihtymiseen. (Mills 2004, 189; Olkinuora 2010, 137.)

Nopeuden nousun suuruusluokkaa Olkinuora (2010, 138) havainnollistaa esimerkillä, jossa putkistoon, jonka halkaisija ei muutu, syötetään paineilmaa, jonka paine (p_{abs}) on 5 bar ja nopeus 15 m/s. Ilman laajeneminen matkalla aiheuttaa virtauksen nopeuden nousun 81,5 m/s:in. Jos, kuten luvussa 5.3 mainittiin, nopeuden kaksinkertaistuminen kasvattaa eroosion suuruuden viisinkertaiseksi voi jokainen miettiä, millainen vaikutus nopeuden viisinkertaistumisella on. (Mts. 138.)

Toki edellä mainittu esimerkki ei aivan suoraan päde Rautpohjan valimon putkistoon, koska siinä on kyse jatkuvasti lähettävästä kuljetusjärjestelmästä (vrt. sykleittäin lähettävä järjestelmä luvussa 4). Suurimpana erona lienee se, että sykleittäin lähettävässä järjestelmässä lähetysnopeus on alhaisempi. Lähetyspaineen ollessa kuitenkin sama, myös nopeuden ja eroosion kasvu on prosentuaalisesti sama.

Ilman laajenemisesta johtuvaan nopeuden nousuun on kuitenkin olemassa ratkaisu. Jos em. putkilinja porrastetaan vaihteittain suurempaan halkaisijaan, voidaan virtauksen loppunopeutta pienentää. Suurentamalla 125 mm lähtöhalkaisija ensin 150 mm:in ja sitten 200 mm:in, virtauksen loppunopeus putoaa nopeudesta 81,5 m/s

nopeuteen 31,8 m/s. Tämäkin nopeus voi vaikuttaa suurelta, mutta kun liike-energia, ja sitä kautta kulumisen, putoaa 15 %:in alkuperäisestä, on ero todella merkittävä. (Mts. 138.)

Ainoa etu putken porrastamisella ei ole sen käyttöiän pidentyminen vaan sen myötä myös kuljetuskapasiteettia voidaan kasvattaa. Tällä tavoin lähetysenergia ei mene hiekan nopeuden kiihdyttämiseen tolkkutomiin nopeuksiin vaan se saadaan valjastettua hyötykäyttöön. (Mts. 138.)

Mills:n (2004, 110) suorittamassa kokeessa tutkittiin lentotuhkaa 20 t/h kahden bariin paine-erolla kuljettanutta putkilinjaa, jonka halkaisija oli 53 mm ja pituus 115 m. Putken halkaisija suurennettiin puolessa välissä 68 mm:in ja ennen loppua 81 mm:in. Porrastamisen jälkeen samalla ilmamäärällä ja paine-erolla saatiin kuljetettua kaksinkertainen määrä eli 40 t/h lentotuhkaa. Kokeessa putkien porrastukset olivat ihan konkreettisesti porrastuksia. Laajentamalla halkaisijaa jouhevasti tulokset olisivat todennäköisesti vieläkin parempia. (Mts. 110.)

6.2.5 Putkien vaihtaminen kovempiin

Putkien kulumista voi myös hidastaa, jos ne vaihdetaan pinnan kovuudeltaan suurempiin. Suuremmalla pinnankovuudella voidaan vaikuttaa putken pinnan suuntaiseen kulumiseen. Opinnäytetyötä tehdessä useilta toimittajilta kysyttiin vaihtoehtoista käytössä oleville teräsputkille, mutta valinnan varaa ei paljoakaan ollut.

Rautaruukki Oyj tarjosi RAEX 400 –putkea, jonka kovuus on n. 400 HV10. Ko. putki on tarkoitettu kulutuksenkestävyyttä vaativiin kohteisiin, joten se sopisi sinällään tähän tarkoitukseen. Kuitenkin RAEX 400 –putken seinämän vahvuus on suurimmillaan 4 mm, joten vaikka materiaali sinällään kestää laskennallisesti yli kaksi kertaa pidempään, kuin s355, ei käyttöikä suhteessa juuri pitene.

Tarjouspyyntö laitettiin myös yhdysvaltalaiselle Ultra Tech –yritykselle, joka tarjoaa useita putkivaihtoehtoja kovaa kulutuksenkestoa vaativiin tarpeisiin. Tarjouspyyntöön yritys ei vastannut, mutta sen esitteiden perusteella voidaan olettaa, että varteenotettavia vaihtoehtoja on olemassa. Esimerkiksi Ultra Tech:n Ultra 600 –putken luvataan kestävän jopa kuusi kertaa pidempään alle kaksinkertaisella kustannuksella. Ilman varsinaista tarjousta putkista paikanpäälle toimitettuna on kuitenkin mahdoton sanoa onko Ultra Tech todellinen ratkaisu, mutta asiaa kannattaa silti harkita. (Ultra Tech abrasion resistant piping systems n.d., 5.)

7 YHTEENVETO JA POHDINTOJA

Valimon hiekankuljetusjärjestelmä on jokseenkin monimutkainen kokonaisuus. Se voi olla työmiehelle vain putki, josta tulee hiekkaa – hitsaajalle vain putki, jossa on reikä, joka pitää tukkia – tai opiskelijalle valtaisa kokoelma siiloja, hiekanlähettämiä, venttiileitä, tunnistimia, kulmakappaleita ja teräsputkia. Insinööriytönsä aloittavan opiskelijan silmissä hiekkajärjestelmä on loputon rakennelma, jonka kokoluokka tuntuu ylitsepääsemättömältä vuorelta. Insinööriyön loppuvaiheessa se on looginen kokonaisuus, jonka osat tukevat toisiaan ja muodostavat yhdessä verkoston, jota voisi verrata vaikka ihmisruumiin verisuonistoon. Sydämiä vain on useampi.

Alun järkytyksen jälkeen opinnäytetyön laajuus tuntui sopivalta. Aikaa ja opastusta työn tekemiseen oli riittävästi, vaikka avun saaminen sitä tarvittaessa toisinaan saattoikin kestää jopa viikkoja. Tämän takia oli hyvä, että työ koostuu kahdesta hieman erillisestä osiosta, joten silloin, kun toisen eteneminen pysähtyi, toista pystyi jatkamaan. Avun saamisen viipymisestä ei kuitenkaan ketään voi syyttää, koska jokaisella omat työt ovat etusijalla ja toisia autetaan parhaan mukaan siinä sivussa. Tästäkin huolimatta työn valmistumiseen vaikuttaneita henkilöitä ei voi kuin kiittää suuresti asiantuntemuksesta ja tuesta.

Aiheeseen liittyvää kirjallisuutta ei ollut vaikea löytää sen jälkeen, kun johtolankoja seuraamalla oppi, mitä etsiä ja mistä. Lähteinä käytettyjen kirjojen ja tutkimusraporttien luotettavuudesta ei työn aikana noussut epäilyksiä. Tutkijat ja kirjoittajat raportoivat selkeästi tutkimusmenetelmänsä sekä omat lähteensä, joita tutkailemalla voi tehdä johtopäätöksiä niiden oikeellisuudesta. Lisäksi lähteen julkaisija tai muu instituutio, mistä lähde on saatavilla, antaa viitteitä sen laadusta. Esimerkiksi tunnetun tiedeyhteisön, kuten Elsevier, julkaisema tai suuren yliopiston, kuten North Carolina State University, tieteellisten artikkelien tietokannasta löytyvää artikkelia voi jo läh-
tökohtaisesti pitää luotettavana.

Työn päätuloksena aikaansaatu hiekkaputkistohierarkia vastaa sille asetettuja odotuksia. Siitä löytyvät kaikki vaaditut laitteet ja se on johdonmukaisesti järjestelty kokonaisuus. Putkien ynnä muiden laitteiden fyysiseen merkkaukseen käytettävät alfa-numeeriset koodit, joiden avulla ne löytyvät hierarkiasta, tulevat todennäköisesti aiheuttamaan jonkinasteista muutosvastarintaa hierarkiaa käyttöönotettaessa. Jokainen, joka tekee esimerkiksi vikailmoituksen töidenhallintajärjestelmään, joutuu opettelemaan logiikan, jolla kyseessä oleva laite hierarkiasta löytyy. Logiikka ei sinällään ole monimutkainen, mutta ihmisen mukavuudenhalu on korkea kynnyksellä ylittävää. Se, kuinka paljon työtä sen ylittäminen vaatii, selviää vasta tulevaisuudessa.

Myöhemmin, kun putkiston putket ja laitteet on merkattu sekä hierarkia on saatu osaksi jokapäiväistä elämää valimolla myös hiekkajärjestelmän kunnosta aletaan saada tarkempaa tietoa. Sinne kirjatut vikailmoitukset ovat seurattavissa pidemmältä aikaväliltä kuin nykyään. Putkilinjaan kohdistuvia kustannuksia on yhtäläillä tärkeää seurata.

Tietyt kohdat putkistossa osoittautuvat erittäin todennäköisesti alttiimmiksi puhkeamiselle kuin toiset. Tällaisten kohtien löytyttyä, yhtä tai useampaa opinnäytetyössä mainittua toimenpidettä voidaan kokeilla pienessä mittakaavassa. Myöhemmin tapahtuvan vertailun vuoksi huolellista tietojen kirjaamista hierarkiaan ja töi-

denhallintajärjestelmään ei voi liikaa painottaa. Putkistoon kohdistuvia kustannuksia ja sen kestoja ennen muutostöitä verrataan niiden jälkeiseen aikaan ja tulosten perusteella tehdään päätöksiä mahdollisista suuremman mittakaavan toimenpiteistä.

Hiekan putkiin aiheuttaman eroosion ja abrasiivisen kulumisen juurisyitä tutkittaessa kirjallisuudesta nostettiin esiin viisi kulumismekanismia. Kuljetusnopeuden, raekoon, rakeen kovuuden ja pintamateriaalin vaikutukset, sekä osumiskulman ja pintamateriaalin yhteisvaikutus kuvaavat erittäin kattavasti, mistä putken puhkeaminen johtuu. Juurisyiden aiheuttamien ongelmien eliminoimiseksi, tai vaihtoehtoisesti putkiston käyttöä pidentämiseksi, esitettiin viisi toimenpidettä: seinämävahvuuden kasvattaminen kulmaelementin jälkeen, putkien huolellinen asennus, putkien kääntäminen puhkeamisen jälkeen, putken halkaisijan kasvattaminen putkiston loppua kohti ja putkien vaihtaminen kovempiin.

Kaikilla opinnäytetyössä esitetyillä esimerkinomaisilla toimenpiteillä voidaan saavuttaa säästöjä. Näistä yhden pitäisi kuitenkin olla jo käytössä jokaisessa putkistossa: putkien, sekä laitteiden yleensä, huolellinen asennus täytyy olla lähtökohta. Jos näinkin perustavanlaatuisesta asiasta koituu ongelmia, on aivan turha etsiä säästöjä muualta. Rautpohjan valimolla puutteita tai huolimattomuutta asennustöissä ei kuitenkaan tullut esille.

Valimon pneumaattisen hiekankuljetusjärjestelmän käytettävyyttä parannettaessa, ensimmäiset kokeilut tulee kohdistaa paksumpiseinämäisen putken asentamiseen kulmaelementin jälkeen, koska se on kaikkein helpoin ja edullisin kokeilla. Siihen voidaan yhdistää myös suurempi pinnan kovuus, mikä edelleen pidentää putken kestoja. Uhriputken asentamisella on varmasti positiivinen vaikutus käytettävyyteen.

Putken halkaisijan kasvattamista loppua kohden ei kuitenkaan voi suositella pelkästään käytettävyyden parantamiseen. Edes kriittisimpien putkistojen muuttaminen tällä tavoin tulisi maksamaan todella paljon eikä se todennäköisesti olisi aina edes

mahdollista fyysisen lisätilan tarpeen vuoksi. Jos se kuitenkin yhdistetään kapasiteetin kasvattamiseen, kustannussäästöjä voitaisiin hyvinkin saavuttaa.

Tämä opinnäytetyö on vasta ensimmäinen vaihe hiekkajärjestelmän käytettävyyden parantamisurakassa. Minkälainen sen todellinen hyöty on, selviää vasta myöhemmin, kun rattaat on saatu pyörimään. Työkalut ovat olemassa, mutta vastuu niiden käyttöä siirtyy nyt eteenpäin.

8 LÄHTEET

About Metso's Foundries. 2008. Tietoa Metson valimoista. Viitattu 31.10.2011. <http://www.metsofoundries.com>, About us.

Asiantuntijapalveluja ja erikoisosaamisia. 2011. Tietoa Maintpartner Oy:n toiminnasta. Viitattu 23.10.2011. <http://www.maintpartner.fi>, Palvelut, Asiantuntijat ja erityispalvelut.

Bolig, M. 2005. Building a Useable Asset Hierarchy. Artikkelin laitehierarkian rakentamisesta. Viitattu 10.11.2011. http://reliabilityweb.com/index.php/maintenance_tips/building_a_useable_asset_hierarchy.

Decades of experience. 2011. Maintpartner Oy:n historia. Viitattu 23.10.2011. <http://www.maintpartner.com>, About us, History.

Finnie, I. 1960. Erosion of surfaces by solid particles. Materiaalien kulumista käsittelevä artikkeli. Viitattu 12.1.2012. <http://www.lib.ncsu.edu/>.

Heinänen, V. 2011. Palvelupäällikkö. Maintpartner. Haastattelu 26.10.2011.

Information Quality Management: Theory and Applications. 2007. Toim. L. Al-Hakim. Hershey, PA, USA: Idea Group Publishing.

Jalkanen, T. 2009. Teollisuusmatka Jyväskylään. Promaint 3-2009, 8-17. Viitattu 23.10.2011. <http://www.promaint.net>, Lehti, Artikkelit (pdf), Artikkelit 2009, Promaint 3 – 2009, Teollisuusmatka Jyväskylään.

Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T., Åström, T. 2007. Kunnossapito. 4 uud. P. Helsinki: KP-Media Oy.

Maintaining availability. 2011. Tietoä Maintpartner Oy:n toiminnasta. Viitattu 23.10.2011. <http://www.maintpartner.com>, Services and solutions, Maintenance and operation.

Maintenance and operation services near you. 2011. Tietoä Maintpartner Oy:n toiminnasta. Viitattu 23.10.2011. <http://www.maintpartner.com>, Services and solutions.

Maintpartner is a supplier of industrial maintenance and operation services. 2011. Tietoä Maintpartner Oy:n toiminnasta. Viitattu 23.10.2011. <http://www.maintpartner.com>, About us.

Metso Foundries Jyväskylä Inc. 2008. Tietoä Metson Jyväskylän valimosta. Viitattu 2.11.2011. <http://www.metsofoundries.com>, About us, Metso Foundries Jyväskylä.

Metso in breaf. 2011. Metso lyhyesti. Päivitetty 7.8.2011. Viitattu 26.10.2011. www.metso.com, About us, Metso in breaf.

Metso Yleiskatsaus. 2011. Ladattava esitys. Viitattu 26.10.2011. www.metso.com, About us, Metso in breaf, Metso general presentation - In Finnish.

Mills, D. 2004. Pneumatic Conveying Design Guide. 2. ed. Burlington, MA, USA: Elsevier Butterworth-Heinemann.

Neilson, J & Gilchrist, A. 1968. Erosion of a stream of solid particles. Materiaalin kulumista käsittelevä artikkeli. Viitattu 15.12.2011. <http://www.lib.ncsu.edu/>.

Olkinuora, P. 2010. Teräsvalimon kaavaushiekan valmistuksen kehittäminen. Diplomityö. Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu, insinööritieteiden ja arkkitehtuurin tiedekunta, koneenrakennustekniikan laitos.

Our history. 2009. Metson historia. Päivitetty 25.5.2009. Viitattu 26.10.2011. www.metso.com, About us, Metso in breaf, Our history.

Paper and Fiber technology. 2010. Metson yrityshankinnat ja fuusiot. Viitattu 26.10.2011. www.metso.com, About us, Metso in breaf, Our history, Pulp and paper, Paper and Fiber technology.

Production. 2008. Tietoa Metson Jyväskylän valimon tuotannosta. Viitattu 2.11.2011. <http://www.metsofoundries.com>, About us, Metso Foundries Jyväskylä, Production.

PSK 7102. 2008. Tehdashierarkia. PSK Standardisointiyhdistys ry.

Pulp and paper: history. 2010. Metson yrityshankinnat ja fuusiot. Viitattu 26.10.2011. www.metso.com, About us, Metso in breaf, Our history, Pulp and paper.

Rautpohjan tehdas. Artikkelit Wikipediassa. 2010. Viitattu 3.11.2011. http://fi.wikipedia.org/wiki/Rautpohjan_tehdas.

Tilly G. & Sage, W. 1970. The interaction of particles and material behavior in erosion processes. Kappaleen ja materiaalin vaikutusta toisiinsa kulumisprosessissa käsittelevä artikkeli. Viitattu 4.1.2012. <http://www.lib.ncsu.edu/>.

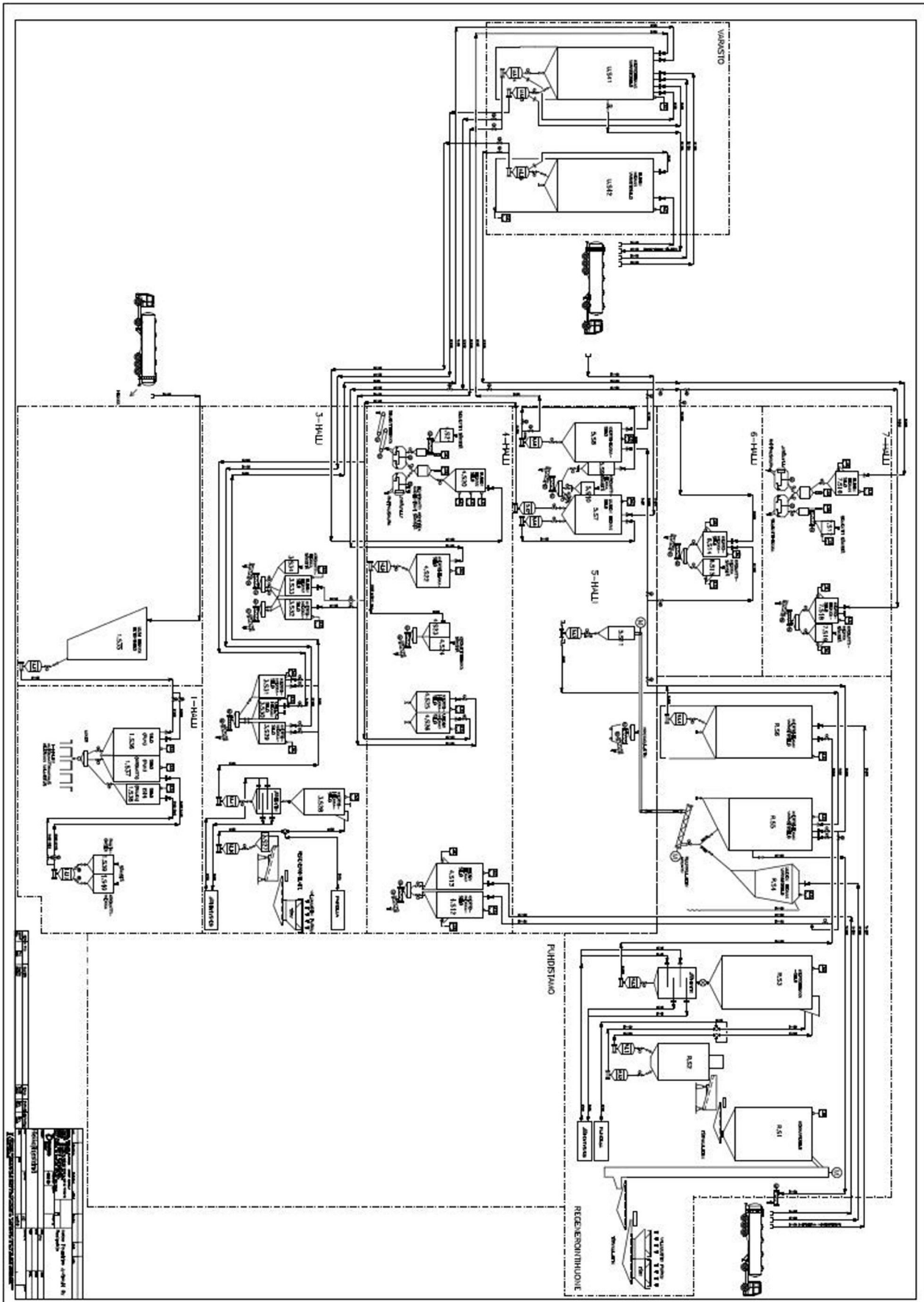
Ultra Tech abrasion resistant piping systems. n.d. Ultra Tech:n ladattava tuoteluettelo. Viitattu 24.1.2012. <http://www.ultratechpipe.com>, Product Solutions, On-line Product Catalog.

Valtion Tykkitehdas. 2009. Artikkelit Wikipediassa. Viitattu 26.10.2011. http://fi.wikipedia.org/wiki/Valtion_Tykkitehdas.

Yksilölliset ratkaisut jokaiselle asiakkaalle. 2011. Tietoa maintpartnerin asiakkaiden teollisuudenaloista. Viitattu 12.1.2012. <http://www.maintpartner.fi/fi/palvelut/asiakaskohtaiset-ratkaisut.html>.

9 LIITTEET

Liite 1. Valimon hiekkajärjestelmän PI-kaavio (ks. Heinänen 2011)



Liite 2. Diaesitys, hierarkian käyttökoulutus



Hiekkaputkistohierarkia

- Hierarkiaan on merkitty:
 - Siilot
 - Rajakytkimet
 - Vaa'at
 - Huohottimet
 - Lähettimet
 - Putkilinjat
 - Putket
 - Kulmaelementit
 - Venttiilit
 - Paineilmaputket säiliöautoja varten
 - Syklonit
 - Jäähdyttimet
 - Ruuvikuljetin
 - Hihnakuuljetin

Hiekkaputkistohierarkian tasot

- Hiekkajärjestelmä
 - Uusi hiekka
 - Kiertohiekka
 - Siilo
 - Lähetin
 - Putkilinja
 - Putki
 - Pallo
 - Venttiili



Laitteiden koodit hierarkiassa

- Siilot – 3.S28
- Rajakytkimet – 3.S28-ry, -ra, -rk
- Vaa'at – 4.S12-v
- Huohottimet – 6.S14-h
- Lähettimet – 4.L9
- Putkilinjat - 5.S7->4.S26
- Putket - 5.S7->4.S26-1
- Kulmaelementit - 5.S7->4.S26-p1
- Venttiilit - 5.S7->4.S26-v1
- Paineilmaputket säiliöautoja varten - Autotäytön paineilma 4.S13
- Syklonit - 7.S16-s
- Jäähdyttimet - 3.S28-j
- Ruuvikuljetin
- Hihnakuljetin



Merkkaus



5

30.1.2012

Tommi Timonen

Työtilauksen tekeminen – Putki U.S42->4.S20-5 on rikki

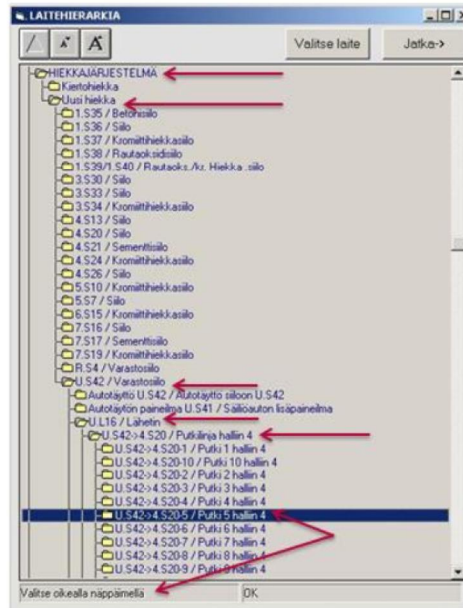
Työkalatuu Valimo			1/12																														
Koodi	Lakettunnus	Ääly pvm	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2		
123986	75BLASTMAN	5.1.2012																															
124086	50ASEA2	5.1.2012																															
124093	74A-MAN1	5.1.2012																															
124093	77 R-TYÖTASO	5.1.2012																															
124099	74TASO8	5.1.2012																															
124099	74TASO40IK	5.1.2012																															
124102	75LEH	5.1.2012																															
124136	50ASEA2	5.1.2012																															
124142	80wST70	5.1.2012																															
124144	PIIPPU6	5.1.2012																															
124144	PIIPPU7	5.1.2012																															
124144	PIIPPU8	5.1.2012																															
124144	PIIPPU2	5.1.2012																															
124144	PIIPPU3	5.1.2012																															
124154	ENK10 MOOTT	5.1.2012																															
124155	74HPUTKJ	5.1.2012																															
124156	OKALUT 4-HAL	5.1.2012																															
124156	NANKUUVATUS	5.1.2012																															
124156	74TASO3VAS	5.1.2012																															
124156	75HPUTKJ	5.1.2012																															
124157	508BC2	5.1.2012																															
124158	508BC2	5.1.2012																															
124159	50KAASU IT 35	5.1.2012																															
124159	VIP YKSIKÖ	5.1.2012																															
124099	74TASO20IK	6.1.2012																															
124107	73A-MAN3	6.1.2012																															
124145	PIIPPU4	6.1.2012																															
124145	73MAGER	6.1.2012																															
124145	73MURSK	6.1.2012																															
124145	IT-35	6.1.2012																															
124145	50SENK4	6.1.2012																															
124145	50SENK8	6.1.2012																															

6

3.2.2012

Tommi Timonen

Työtilauksen tekeminen – Putki U.S42->4.S20-5 on rikki



3.2.2012

Tommi Timonen

Työtilauksen tekeminen – Putki U.S42->4.S20-5 on rikki

Lisättävät tiedot:

- Tilauspäivämäärä
- Tilaaaja
- Työlaji
 - B1 Välitön häiriökorjaus
 - B2 Siirretty häiriökorjaus
 - Työ voi alkaa päivämäärä annettava
- Kiireellisyys
 - 1=heti
 - 2=tänään
 - 3=viikon kuluessa
 - 4=kuukauden kuluessa
- Kone seisoo K/E
- Vian kuvaus

8

3.2.2012

Tommi Timonen



YOUR BUSINESS. OUR FOCUS.

