

RISKIANALYYSIMENETELMÄN KEHITTÄMINEN RÖYT- TÄN KALKKITEHTAAN KAKSOISKUILU-UUNILLE

TPA- Tuotannon poikkeama-analyysi hanke

Peltoniemi Jani

Opinnäytetyö
Tekniikan ja liikenteen ala
Kone- ja tuotantotekniikka
Insinööri (AMK)

2017

Tekniikan ja liikenteen ala
Kone – ja tuotantotekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Jani Peltoniemi	Vuosi	2017
Ohjaaja	Ins. (YAMK) Arja Kotkansalo		
Toimeksiantaja	SMA Mineral Oy		
Työn nimi	Riskianalyysimenetelmän kehittäminen Röyttän kalkkitehtaan kaksoiskuilu-uunille		
Sivu- ja liitesivumäärä	36		

Lapin ammattikorkeakoulun tuotannon poikkeama-analyysi (TPA) hankkeessa yhtenä tavoitteena on luoda yhtenäinen analyysimenetelmä kaikille teollisuuden aloille, nykyisten useiden ja päällekkäisten riskianalyysimenetelmien sijaan.

Hankkeessa tehtävässä työpaketti 3:ssa tavoitteena on kehittää TPA-menetelmää case-kohteissa. Tämä opinnäytetyö tehtiin case-kohteena olevalle SMA Mineralin Tornion Röyttän kalkkitehtaan kaksoiskuilu-uunin alueen laitteistolle. TPA-menetelmän kehittäminen oli jo laitettu alulle kyseisessä kohteessa keräämällä lähtötietoja ja haastatteleamalla henkilöstöä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli saattaa TPA-menetelmän mukainen analyysi valmiiksi kyseisessä kohteessa kehitetyn mallin mukaisesti sekä, testauksen perusteella tunnistaa kehittämistarpeita edelleen. Tavoitteena oli myös saada case-yritykselle päivittäinen työkalu, jota he voisivat hyödyntää. Sen avulla nähdään poikkeamat, sekä mitä riskejä ja vaaroja sekä toimenpiteitä työhön liittyy. TPA:n avulla pyritään kartoittamaan syyt ja seuraukset ja mitä tulisi tehdä, ettei poikkeama ilmene uudelleen.

Lisähaastattelujen ja case-kohteeseen kuuluvien laitteiden vikatietojen avulla saatiin täydennettyä TPA-webkäyttöliittymää. Opinnäytetyössä tehtiin TPA-menetelmän mukainen analyysi SMA:lle kehitetyn mallin mukaisesti, heille räätälöityyn TPA-webkäyttöliittymään. Testauksen perusteella tunnistettiin tiettyjä parannuksia TPA-menetelmään.

Avainsanat

tuotanto, riskianalyysi, kalkkiteollisuus

Technology, communication and
transport
Mechanical and Production
Engineering
Bachelor of engineering

Author	Jani Peltoniemi	Year	2017
Supervisor	Arja Kotkansalo, M. Eng.		
Commissioned by	SMA Mineral		
Subject of thesis	Development of Risk Analysis Method for the Lime Kiln at Röyttä lime works		
Number of pages	36		

The goal of the Production Deviation Analysis Project at Lapland University of Applied Sciences is to create a solid analysis method for every industry section to replace today's multiple and overlapping risk analysis methods.

The goal of the work package 3 is to develop a PDA method in the target cases. This thesis was done on the equipment of the parallel flow regenerative kilns at the SMA Mineral Tornio Röyttä Lime Works. The development of the PDA method had already started there by gathering output data and staff interviews.

The aim of this thesis was to complete the PDA method analysis in accordance with the model developed on the site in question and to identify further development needs based on the test. Another aim was to create a daily tool for the case company that they could use. It can be used to see deviations, risks and dangers as well as the measures that are related to the work. PDA aims to map out the causes, consequences, and ways to ensure that the deviation does not occur again.

With additional interviews and fault information data from the equipment of the case target were used to fill out the PDA web interface. In this thesis, the PDA method analysis was done according to the model developed for the SMA, the customized PDA web interface for their needs. After testing, there were some improvements on the PDA method that could be found.

Key words

production, risk analysis, lime works

SISÄLLYS

SISÄLLYS	4
ALKUSANAT.....	5
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET.....	6
1 JOHDANTO.....	7
2 HANKE- JA YRITYSESITTELY	8
2.1 TPA-hanke.....	8
2.2 SMA Mineral Röyttän kalkkitehdas	10
3 TEORIA	12
3.1 Erilaisia riskianalyseja.....	12
3.2 Viranomaisvaatimukset.....	13
4 TUTKIMUSYMPÄRISTÖ	15
4.1 Viranomaisvaatimukset SMA Mineralilla.....	15
4.2 SMA:n kunnossapitostrategia	16
4.3 Käyttövarmuus ympäristö –ja turvallisuusnäkökulmista.....	17
4.4 Kalkinpolton prosessi SMA Mineralilla	18
4.4.1 Maerz kaksoiskuilu-uuni	20
4.4.2 Uunin ajokuva	22
5 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS.....	24
5.1 Henkilöhaastattelut	24
5.2 Kriittiset laitteet	26
5.3 TPA –menetelmän testaus.....	27
6 TULOKSET.....	30
6.1 Kaksoiskuilu-uunin kriittisimmät laitteet.....	30
6.2 Haastattelujen tulokset.....	30
7 POHDINTA.....	34
LÄHTEET.....	35

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty SMA Mineralin Röyttän kalkkitehtaalle 10.2–30.5.2017. Haluan kiittää SMA Mineralin Röyttän kalkkitehtaan Sampsa Vuorta, Lapin ammattikorkeakoulun opintäytetyön ohjaajaa Arja Kotkansalaa, sekä erityiskiitokset ja muille henkilöille, jotka ovat auttaneet tämän opinnäytetyön etenemisessä. Sekä kiitokset Jaana Tarvaiselle, joka auttoi opinnäytetyön projektin alkuun.

Kemissä 30.5.2017

Jani Peltoniemi

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

Case	Tapaustutkimus
ELY	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
EAKR	Euroopan aluekehitysrahasto
HAZOP	Poikkeamatarkastelu (Hazard and Operation study)
Lite	Kevytversio
Laaja TPA	SMA:lle räätälöity TPA-webkäyttöliittymä
RCA	Juurisyyanalyysi (Root Cause Analysis)
REJUS	SMA:n käyttämä kunnossapitojärjestelmä
TPA	Tuotannon poikkeama-analyysi
VVKA	Vika-, Vaikutus- ja Kriittisyysanalyysi
PFR kiln	Parallel flow regenerative (kaksoiskuilu-uunin tyyppi)

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on osa Lapin AMK Tuotannon poikkeama-analyysi (TPA) -hanketta, joka on alkanut vuonna 2015. Opinnäytetyö on osa hankkeen työpaketti kolmea, jossa kehitetään TPA-menetelmää case-kohteissa. Yhteistyökumppaneita projektissa ovat Kemin kaupunki, Agnico Eagle Finland Oy, SMA Mineral Oy, Etteplan Design Center Oy Kemin toimisto. Projektin aikataulu on 1.10.2015 – 30.9.2018. Projektin tavoitteena on saada yhtenäinen analyysimenetelmä kriittisille poikkeamille jokaiselle teollisuuden alalle.

Opinnäytetyössä testataan ja kehitetään tuotannon poikkeama-analyysi (TPA) projektissa kehitettyä tuotannon poikkeama-analyysimenetelmää SMA Mineralin Tornion kalkkitehtaalla. TPA-menetelmää on projektin myötä kehitetty siten, että lähtötietoja on koottu sekä henkilöstöhaastatteluita on tehty kohteessa. Testauksen perusteella on jo tunnistettu tiettyjä parannuksia TPA-menetelmään. Opinnäytetyössä tehdään TPA-menetelmän mukainen analyysi rajatulle alueelle. Analyysia testataan kyseessä olevassa kohteessa ja testauksen perusteella tunnistetaan mahdollisia kehittämistarpeita. Opinnäytetyö on rajattu kaksoiskuilu-uunin alueelle ja tuotannon poikkeama-analyysi tullaan tekemään uuden laitehierarkian mukaisesti.

Opinnäytetyö on valikoitunut case-yrityksen tarpeesta. Työ vaikutti mielenkiintoiselta ja sellaiselta, mistä on varmasti hyötyä tulevaisuudessakin.

2 HANKE- JA YRITYSESITTELY

2.1 TPA-hanke

TPA-hankkeen tavoitteena on kehittää kaikille teollisuuden aloille sopiva analyysimenetelmä. Hanke on osa EAKR:n kestävää kasvua ja työtä 2014-2020 Suomen rakennerahasto-ohjelmaa. Hanketta rahoittaa Lapin liitto, yhteistyöorganisaatiot ja Lapin AMK. Hankkeen yhteistyökumppaneita ovat Agnico Eagle Kittilän kultakaivos, SMA Mineral Röyttän kalkkitehdas, Kemin kaupungin tilapalvelu ja Etteplan Design Oy, Kemin toimisto. Hankkeen toteuttaa käynnissäpidon tutkimusryhmä, Lapin AMK teollisuuden ja luonnonvarojen osaamisalalta. Hanke on aloitettu 1.10.2015 ja tulee jatkumaan 30.9.2018 asti. (Kotkansalo & Sipola 2016, 14-15.)

TPA-hanke vastaa teollisuuden tarpeeseen luoda yksi selkeä ja käytettävä analyysimenetelmä, joka soveltuu päivittäiseen käyttöön. Tavoitteena olisi, että projektin loputtua käytössä olisi uusi ketterä analyysimenetelmä, joka soveltuisi moneen teollisuuden ja infrastruktuurin aloille käytettäväksi työkaluksi päivittäiseen käyttöön. (Kotkansalo & Sipola 2016, 14-15.)

Tällä hetkellä teollisuudessa käytetään useita analyysimenetelmiä, esimerkiksi SFS-EN 3010 -standardin mukaan eri analyysimenetelmiä on listattu reilut 30 kappaletta. Koska menetelmiä on kehitetty ja käytetty vuosia, osa niistä on saavuttanut lähes standardimaisen aseman. Usean analyysimenetelmän käyttö on aiheuttanut sen, että ne ovat sisällöltään hyvinkin samankaltaisia eri käyttötarkoituksesta huolimatta. Myös useiden analyysimenetelmien käyttö ja niiden tulosten katsominen jälkikäteen on aikaa vievää, raskasta ja sekavaa. Tämä taas johtaa siihen, että tehdyt analyysit jäävät usein arkistoihin käyttämättöminä. TPA:n kaltaista analyysimenetelmää, joka huomioisi monia osa-alueita, ei nykyisellään ole olemassa. (Kotkansalo & Sipola 2016, 14-15.)

TPA-menetelmä pyrkii kokoamaan yleisempien käytettyjen menetelmien parhaat puolet yhteen, karsimaan niiden päällekkäisyyksiä ja poistamaan niiden epäkoh-
tia. TPA-menetelmään on yhdistetty poikkeamatarkastelu (HAZOP), vika-, vaiku-

tus- ja kriittisyysanalyysin (VVKA) ja riskianalyysi. Alla olevasta taulukosta 1 nähdään, miten edellä mainitut on ajateltu sijoittuvan ensimmäisessä TPA-lomakkeessa.

Taulukko 1. TPA-lomakkeeseen yhdistetyt analyysimenetelmät (Käynnissäpidon tutkimusryhmä 2014)

HAZOP			VVKA					HAZOP	RISKIANALYYSI
Poikkeama	Mahdolliset syyt	Seuraukset	Kriittisyys					Ehdotetut toimenpiteet	Vastuhenkilö ja päivämäärä
			Mo-ney-						
			S	E	P	Q	R		
1. Poikkeama	1.1 syy 1	1.1.1 seuraus 1							
		1.1.2 seuraus 2							
		1.1.3 seuraus 3							
	1.2 syy 2	1.2.1 seuraus 1							
		1.2.2 seuraus 2							
		1.2.3 seuraus 3							
2. Poikkeama	2.1 syy 1	2.1.1 seuraus 1							
		2.1.3 seuraus 2							
	2.2 syy 2	2.2.1 seuraus 1							
		2.2.3 seuraus 2							
3. Poikkeama	3.1 syy 1	3.1.1 seuraus 1							
4. Poikkeama									

Poikkeamat voivat olla laitevikoja, ihmisen aiheuttamia, prosessinmuutokseen tai turvallisuuteen liittyviä. Toisin sanoen TPA yhdistää turvallisuuteen, ympäristöön ja talouteen liittyvät seikat, jolloin näiden hallinta onnistuu helposti yhdestä paikasta. (Kotkansalo & Sipola 2016, 14-15.)

Hanke on jaettu neljään työpakettiin, ja opinnäytetyö on osa TPA-hankkeen työpaketti kolmea, jossa testataan TPA-menetelmän toimivuutta todellisessa ympäristössä case-kohteissa. Tuloksena saadaan tuotantoversio case yrityksille hankkeessa tehtävän menetelmäkehityksen kautta ja sen apuna ovat muun muassa tehtävät opinnäytetyöt ja projektkurssit. (Lapin AMK 2017a.)

Case-yritykset ovat itse valinneet TPA-menetelmän testauskohteet. Muun muassa SMA Mineralilla kaksoiskuilu-uunin alue ja Kemin kaupungin kohteena uimahalli, jossa tarkastellaan erityisesti puhtaan veden prosessia.

2.2 SMA Mineral Röyttän kalkkitehdas

SMA Mineral (Svenska Mineral Ab) on ruotsalainen yritys, joka osti 1980 Gåsgruvanin kalkkilouhokset Uddeholmilta vuonna 1980. Tänäpä SMA Mineral on perinteisellä teollisuuden toimialalla toimiva nykyaikainen yritys, jolla on 23 toimipaikkaa viidessä eri maassa Ruotsissa, Suomessa, Norjassa, Virossa ja Bulgariassa. (SMA Mineral 2017a.)

Röyttän kalkkitehdas (Kuva 1.) on rakennettu Tornioon Outokummun terästehtaan yhteyteen vuonna 2002.



Kuva 1. SMA Mineral Røyttän kalkkitehdas (SMA Mineral 2017b.)

Tehdas ja sen uuni rakennettiin poltetun kalkin tuotantoa varten ja kalkkiuuni oli aikoinaan Pohjoismaiden suurin. Tehdas rakennettiin Tornion Outokummun terästehtaan viereen, koska ruostumattoman teräksen valmistuksessa kuluu paljon kalkkia kuonanmuodostukseen. Karkeasti kuonan tehtävänä on suojata ruostumatonta terästä hapettumiselta prosessin aikana. Asiakastieto.fi sivuston mukaan SMA Mineralin tehtaalla työskentelee noin 30 henkilöä ja sen liikevaihto

vuonna 2015 oli noin 34 miljoonaa euroa. Tehtaalla työskentelee myös monia aliurakoitsijayrityksiä. (SMA Mineral 2017b.)

2005 vuonna tehdasta täydennettiin hydraattilaitoksella ja sammutetun kalkin tuotantolaitoksella, jotka palvelevat pääsääntöisesti kaivos- ja selluteollisuutta. 2015 tehtaalle tehtiin ensimmäinen suuri seisokki, jolloin uunille tehtiin mittavat peruskorjaukset. Seisokin yhteydessä uunin polttoainejärjestelmä vaihdettiin hiilimonoksidilla toimivaksi, jolla korvattiin ennen käytetty kierrätysöljy. Hiilimonoksidi eli häkä saadaan Outokummun kromikonvertterilta suoraan putkia pitkin SMA:lle. (SMA Mineral 2017b.)

3 TEORIA

3.1 Erilaisia riskianalyyseja

Riskianalyysissä tunnistetaan vaaratekijät ja arvioidaan riskit. *”Riskien arvioinnin tavoitteena on löytää tehokkaita toimenpiteitä työn turvallisuuden parantamiseksi, vahinkojen ennaltaehkäisemiseksi ja vahinkokustannusten minimoimiseksi. Riskianalyysi huomioi esim. kunnossapitotyön”*. (Työturvallisuuskeskus 2017a.)

On olemassa monia riskianalyysimenetelmiä, joita käytetään teollisuudessa. Niiden avulla havaitaan ja pyritään ennakoimaan vikoja. Riskianalyysimenetelmistä HAZOP, VVKA ja RCA ovat jo standardeja.

HAZOP eli poikkeamatarkastelu, jonka lyhenne tulee englanninkielisistä sanoista hazard and operability study. Tässä menetelmässä ei lähdetä tarkastelemaan vain laitevikoja, vaan haitallisia poikkeamia, jotka voivat johtua muun muassa inhimillisistä syistä ja laitevioista. Perusajatuksena on, että mikä tahansa poikkeama voi aiheuttaa vaarailmiön ja lopuksi onnettomuuden. (SFS EN 61882 2017.)

VVKA eli Vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi, jonka englanninkielinen lyhenne on FMECA ja se tulee sanoista failure modes effects and criticality analysis. Kriittisyyttä tässä tarkastellaan laskennan avulla ja siitä saadaan selville kriittisyyden osaindeksit ja kokonaisuuskriittisyys. Kun laskenta on tehty, laitteet voidaan laittaa kriittisyysindeksin mukaiseen järjestykseen ja järjestää kriittisimmät listan kärkeen, jolloin voidaan ohjata kunnossapitoa pois ei-kriittisiltä laitteilta. (SFS-EN 60812 2017.)

RCA eli juurisyyanalyysi, jonka lyhenne tulee englanninkielisistä sanoista Root Cause Analysis. Tämän analyysin tarkoituksena on saada vian perussy sille, jotta vika voidaan korjata ja pystytään estämään sen toistuminen tulevaisuudessa. (SFS-EN 62740 2017.)

3.2 Viranomaisvaatimukset

SMA:lla on tiettyjä viranomaisvaatimuksia, jotka laki määrää noudatettaviksi. Se noudattaa työsuojeluun ja työturvallisuuteen liittyviä lakeja ja ohjeistuksia. (Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738.)

Työturvallisuuslain ykköspykälän mukaan tarkoituksena on parantaa työolosuhteita ja työympäristöä, siten että työntekijöiden työkyky turvataan ja ylläpidetään. Sen tarkoituksena on myös ennalta ehkäistä ja torjua työtapaturmia, muita työstä ja työympäristöstä johtuvia työntekijöiden henkisen ja fyysisen terveyden, jäljempänä terveys, haittoja. (Työturvallisuuslaki 23.8.2002/73.8)

Työturvallisuuskeskuksen mukaan: ”Työnantaja vastaa siitä, että työpaikka on turvallinen ja terveellinen työntekijöille. Tämä edellyttää, että työnantaja on tietoinen työpaikan haitta- ja vaaratekijöistä ja niiden hallinnasta. Lisäksi työnantajan tulee huolehtia siitä, että työntekijöillä on tarvittavat tiedot ja taidot tehdä työnsä turvallisesti. Työnantajan tulee järjestää työntekijöille työterveyshuolto. Työntekijöiden velvollisuutena on noudattaa työnantajan antamia määräyksiä ja ohjeita sekä huolehtia työssään omasta ja muiden työntekijöiden turvallisuudesta.” (Työturvallisuuskeskus 2017a.)

SMA Mineralilla on käytössä ATEX-työolosuhdesäädökset. Tukesin julkaisemassa ATEX oppaassa määritellään, että nämä säädökset koskevat kaikkia työnantajia, joiden työntekijät voivat joutua alttiiksi syttyvistä nesteistä, kaasuista tai pölyistä aiheutuvalle räjähdysvaaralle. (Tukes 2017.)

SMA Röyttällä käytetään häkäkaasua kalkinpoltton polttoaineena. Kalkinpoltosta seuraa seuraavia päästöjä (hiukkaset, typen oksidit (NO_x), häkä (CO), orgaaninen kokonaishiili (TOC), rikinoksidit (SO_x), suolahappo (HCl), fluorivety (HF), dioksiinit PCDD/F). He joutuvat tämän takia noudattamaan ympäristölupamääräyksiä 1 ja 20 jotka ovat määritelmältään seuraavanlaisia: Ympäristölupamääräyksen ensimmäisessä kohdassa määritellään, että tehtaan toiminta on suunniteltava ja tehdasta pitää käyttää siten, että sen aiheuttamat vaikutukset ovat ympäristöön mahdollisimman vähäiset. Ympäristölupamääräyksen kohdassa 20 kerrotaan, että savukaasuista on mitattava jatkuvasti hiukkasten kokonaismää-

rän, rikkidioksidin, typenoksidien, hiilimonoksidin, orgaanisen hiilen kokonaismäärän, suolahapon ja fluorivedyn pitoisuutta. Jatkuvat toimien mittausten lisäksi savukaasujen raskasmetalli- sekä dioksiini- ja furaanipitoisuudet on mitattava ensimmäisen 12 käyttökuukauden aikana vähintään joka kolmas kuukausi ja tämän jälkeen vähintään kahdesti vuodessa. (SMA Mineral ympäristölupahakemus lupapäätös Nro 30/12/1.)

4 TUTKIMUSYMPÄRISTÖ

4.1 Viranomaisvaatimukset SMA Mineralilla

SMA Mineral on toteuttanut vaadittavat viranomaisvaatimukset, joita ovat ATEX ja ympäristölupavaatimukset sekä työturvallisuuslakiin perustuvat vaatimukset. SMA Mineral toteuttaa niitä hyvin laajasti.

SMA Mineralin tekemistä työturva 1000 riskikartoitustaulukoista käy ilmi, mitä riskejä kohteissa on olemassa ja mitä toimenpiteitä pitää tehdä, että riskeiltä vältyttäisiin. Riskien todennäköisyys ja vakavuus on arvioitu numeroin 1-3, 3:n ollessa vakavin, sekä niille on laskettavissa riskiluku kerrottaessa luvut keskenään. Alla olevasta taulukosta 2 nähdään, mitä numerot vastaavat.

Taulukko 2. Riskit ja niiden arvottaminen (SMA Mineral työturva 1000 riskikartoitustaulukko)

RISKIT ja niiden arvottaminen			Todennäköisyys		Seuraukset
6-9	Suuri riski	=	3 Todennäköinen	X	3 Kuolema, pitkäaikainen hoidontarve
3-4	Kohtalainen riski	=	2 Mahdollinen	X	2 Sairaspoissaolo lääkärinhoito päiviä
1-2	Merkityksetön, Pieni riski	=	1 Epätodennäköinen	X	1 Säikähdys, hätkähdys ei sairaspoissaoloa

Esimerkiksi kuljettimella on takertumis/leikkautumisvaara. Jos esimerkiksi käytön hihnasuojan takaosassa on liian suuret aukot, on toimenpiteenä suojien muuttaminen, sekä huollon ajaksi turvakytkin on lukittava. Todennäköisyys tapahtumalle on 2 ja vakavuus 3, jolloin riskiluvuksi saadaan 6. SMA Mineral käyttää pohjana koneturvallisuuden standardia SFS-EN 1050. Siinä esitetään yleisiä periaatteita riskin arvioinneista, sekä siinä annetaan opastusta tiedoista, joita tarvitaan riskinarvioinneissa.

Röyttän kalkkitehtaan ympäristöriskinarviointi (2015) dokumentin mukaan ympäristöriskinarvioinnit on tehty ensisijaisesti tehtaan ulkopuolelle vaikutuksien kannalta ja tehtaan sisällä kohdistuvat riskit, jos ne eivät tule suunnitelmien mukaan jälkihoidolla poistumaan. Tarkastelun ulkopuolelle on pääasiassa jätetty tehtaan työntekijöiden turvallisuuteen, terveyteen tai työviihtyvyyteen liittyvät seikat. Ympäristön riskinarviointi on tehty Lapin Vesitutkimus Oy:n (nykyinen Ahma Ympäristö Oy) toimesta ja riskinarvioinnin päivityksestä vastasi konsulttiyhtiö Pöyry Finland Oy. Dokumentista käy ilmi, että kalkkitehtaan toiminta on jatkunut

ympäristöluvan mukaisena. Isoin muutos on ollut häkäkaasun käyttöön siirtyminen 2014 vuonna (Röyttän kalkkitehtaan ympäristöriskinarviointi (2015)).

Häkäkaasulaitteistolle on tehty Atexin mukainen riskikartoitus. Häkä –ja typpikaasun aiheuttamat vaaratilanteet sekä niiden seuraukset ja toimenpiteet on kartoitettu. Esimerkiksi yhtenä vaarantekijänä on typpi altistus, sille havaintona tukehtumisvaara, jos typpi syrjäyttää hapen kokonaan ja nämä tapahtumat ovat arvioitu todennäköisyys 1, vakavuus 3, riskiluku 3 ja toimenpiteenä työryhmän jäsenellä on oltava CO ja happipitoisuuden ilmaiseva mittari typpiputkiston alueella työskenneltäessä. Vastaava tarkastelu on suoritettu jokaiselle riskikohteelle.

4.2 SMA:n kunnossapitostrategia

SMA huolehtii siitä, että koneet ovat turvallisia käyttää. Sen tulee säännöllisesti arvioida koneen vaaroja ja toteutettava turvallisuustoimenpiteitä tarvittaessa. Jos koneeseen tehdään muutoksia, tulee turvallisuustoimenpiteet ja ohjeet uudelleenarvioida. SMA huolehtii myös, että koneille suoritetaan riittävästi huoltoja ja kunnossapitoja, sekä näille edellyttäviä tarkastuksia ja mittauksia turvallisuuden ja laitteiden kunnon ylläpitämiseksi. (Holm 2017.)

Mittaavaa kunnossapitoa SMA:lla on käytössä hyvin vähän, koska se on kallista valvoa. Joissakin tapauksissa tulee edullisemmaksi vaihtaa hajonnut laite, kuin se, että siihen hankittaisiin kalliit mittauslaitteet ja niille valvonta. Laitteiden väärähtelyjen kokonaistasomittaukset tehdään pari kertaa vuodessa ulkopuolisen firman toimesta. Mekaanisen kunnossapidon henkilöt suorittavat itse karkeaa perustason valvontaa tarvittaessa. (Vuori, S. 2017)

SMA pyrkii minimoimaan pitkät seisokit, koska ne vaikuttavat poltetun kalkin laatuun. Prosessi kestää kuitenkin pieniä seisokkeja. Esimerkiksi puhaltimen rikkoontuminen aiheuttaa tuotannon alentamisen tarpeen, mutta prosessia voidaan kuitenkin silti ajaa. SMA:lla yli kahdeksan tunnin seisokit ovat jo pitkiä seisokkeja. Jos prosessi pysähtyy pitkäksi ajaksi, se voi aiheuttaa pahimmassa tilanteessa uuniin niin sanotun kamivaaran, jolloin uunin paineet ja lämpötila nousevat liikaa. Kamivaarassa kalkkikivi muurautuu yhteen ja voi muodostaa kivimassan.

4.3 Käyttövarmuus ympäristö –ja turvallisuusnäkökulmista

Rikasta Pohjoista -seminaarissa (6.-7.4.2017) Laatu –ja ympäristöpäällikkö DI Johanna Holm kertoi esitelmässään käyttövarmuudesta ympäristö –ja turvallisuusnäkökulmista. Hänen mukaansa vikaantumisten ennakointi ja juurisyiden selvitys ovat nykyaikaisen kunnossapidon kulmakiviä. Myös ennakkohuoltojen kohdistus ja niiden tiheys kuuluvat niihin. Kunnossapidossa pitäisi keskittyä ehkäisevään toimintaan ja kriittisiin laitteisiin. Jos toiminta häiriintyy tai laite vikaantuu, siitä voi seurata kallis ja ennakoimaton katkos tuotannossa tai pahimmassa tapauksessa henkilö- tai ympäristövahinko. Kaikkia kunnossapidon toimenpiteitä ohjaa riskienhallinta, turvallisuuden varmistaminen ja ympäristön huomioon ottaminen (Holm 2017.)

Vikatilanne on siis strateginen katastrofi, koska modernin kunnossapidon tehtävänä on varmistaa yrityksen liiketoimintastrategian vaatima käyttövarmuus, tuotannon kokonaisuustehokkuus ja käyttökustannusten optimointi. Käyttövarmuus onkin kilpailutekijä. Kun koneiden ja kaluston käyttövarmuus on maksimoitu, sillä vaikutetaan tuotantotoiminnan kokonaistehokkuuteen ja materiaalien hallintaan. Käyttövarmuuden maksimoinnin avulla voidaan myös parantaa tuotannon ympäristöystävällisyyttä, luonnonvarojen käyttöä sekä pienentää päästöjä ja fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Tätä myötä myös yrityksen tuottama hiilijalanjälki pienenee. (Holm 2017.)

On myös mahdollista, että älykkään kunnossapidon innovaatiot voivat olla merkittäviä kilpailukykyä parantavia keinoja. Erilaiset tietotekniset ratkaisut, automaatiot ja vahdit mahdollistavat parempaa käyttövarmuutta, lisäävät ymmärrystä kustannusten muodostumisesta ja optimoinnissa, parantavat yrityksen tuottavuutta ja yhdessä tuotteiden laadun paranemisen kanssa myös kilpailukykyä. Myös ympäristöystävällisyys luonnollisesti paranee, kun käyttövarmuus kasvaa. Jatkuvasti lisääntynyt automaatio ja sähköistys on kuitenkin lisännyt kunnossapidon tarvetta. Näin ollen kunnossapidon laatua ja määrää tulisi yrityksissä arvioida enemmän. (Holm 2017.)

Jatkuvatoimisten mittalaitteiden käyttövarmuuden pitää olla hyvä, jotta pystytään toimittamaan luotettavia mittaustuloksia ja toimimaan ympäristölupien asettamien rajojen ja vaatimusten sisällä. Sillä jos 3 tuntikeskiarvoa hylätään päivän aikana, mittaustulokset mitätöidään siltä päivältä ja jos 10 päivän mittaukset mitätöidään kalenterivuoden aikana, se edellyttää mittausjärjestelmän luotettavuuden parantamista. Tällä hetkellä kalkinpolton savukaasusuodattimen käyttöaste onkin 98 % laskettuna kalenterikuukauden käyntiajasta. ELY:lle ja kunnan ympäristöviranomaiselle onkin ilmoitettava heti, jos raja-arvot ylittyvät tai erityistoimenpiteitä vaativia vaaratilanteet ja tuotantohäiriöitä ilmenee. Myös merkittävistä päästöistä pelastusviranomaisille ilmoitetaan heti ja vakavista kemikaalionnettomuuksista on ilmoitettava heti Tukesille. (Holm 2017.)

Poikkeamat työn normaaleista olosuhteista ja suoritustavasta aiheuttavat suurimman osan onnettomuuksista. Esimerkiksi huolto- ja kunnossapitotyöt voivat olla normaalista poikkeavia, joita ovat muun muassa monta samanaikaista työtä ja jatkuvasti vaihtuvat työympäristöt, kun suurin osa kunnossapitotyöntekijöistä on alihankintafirman kautta hankittuja. Normaalista poikkeavien töiden sekä huolto- ja kunnossapitotöiden turvallisuuden varmistaminen vaatii niiden huolellista ennakosuunnittelua. Työn vaaratekijät ja vaadittavat toimenpiteet tulee selvittää ennen töiden aloitusta. Erilaisten pätevyyksien vaatiminen, turvallisuuskoulutukset, varautuminen hätätilanteisiin ja tapaturmiin ovat osa hyvää turvallisuusjohtamista. Myös erityishuomiota vaativat työt tulee ennakoida, kuten esimerkiksi säiliötyöskentely, henkilönostot, ATEX-tiloissa työskentely ja asbestityöt. (Holm 2017.)

4.4 Kalkinpolton prosessi SMA Mineralilla

SMA Mineralin ympäristölupahakemuksen mukaan kalkinpolttoprosessi siellä tapahtuu siten, että kalkkikivi poltetaan uunissa vuoroittaisina panoksina. Uuni rakentuu kahdesta vierekkäisestä noin 40m:n korkuisesta teräsrakenteisesta pystylieriöstä ja ne on vuorattu tulenkestävillä erikoistiiilillä. Uuni on alla olevassa kuvassa 2. Uunin yläkerrassa on raaka-aineen syöttölaitteisto ja sen alapuolella polttimet. Uunien alla on jäähdytysvyöhykkeet ja alimpana poltettujen kivien purkulaitteistot (SMA Mineral ympäristölupahakemus lupapäätös Nro 30/12/1.)



Kuva 2. SMA Mineral Röntgenin kaksoiskuilu-uuni (Rapakko 2016)

Normaalisti kalkkikiven palamislämpötila uunissa palamisvyöhykkeellä on noin 1000 °C. Sieltä poltettu kalkki menee jäähdytysvyöhykkeelle, jossa se jäähtyy noin 100 °C:een, jonka jälkeen se poistetaan uunista, kun se on jäähtynyt. Tämän jälkeen lämpötila poistettaessa on noin 30-50°C. (SMA Mineral ympäristölupahakemus lupapäätös Nro 30/12/1.)

Yhdessä uunissa on 33 poltinta. Ne sijaitsevat uunin raaka-aineen syöttölaitteiston alla. Uunin palamisilma tuotetaan puhaltimilla. Uunin polttoaine ilmaseosta

säädetään tietokoneohjatusti poltinkohtaisesti. Uunin polttoaineena käytetään nykyään häkääkaasua, joka saadaan Outokummun ferrokromitehtaalta. Aikaisemmin käytettiin kierrätysöljyä. Ongelmatilanteissa voidaan käyttää raskaspolttoöljyä nykyäänkin. (SMA Mineral ympäristölupahakemus lupapäätös Nro 30/12/1.)

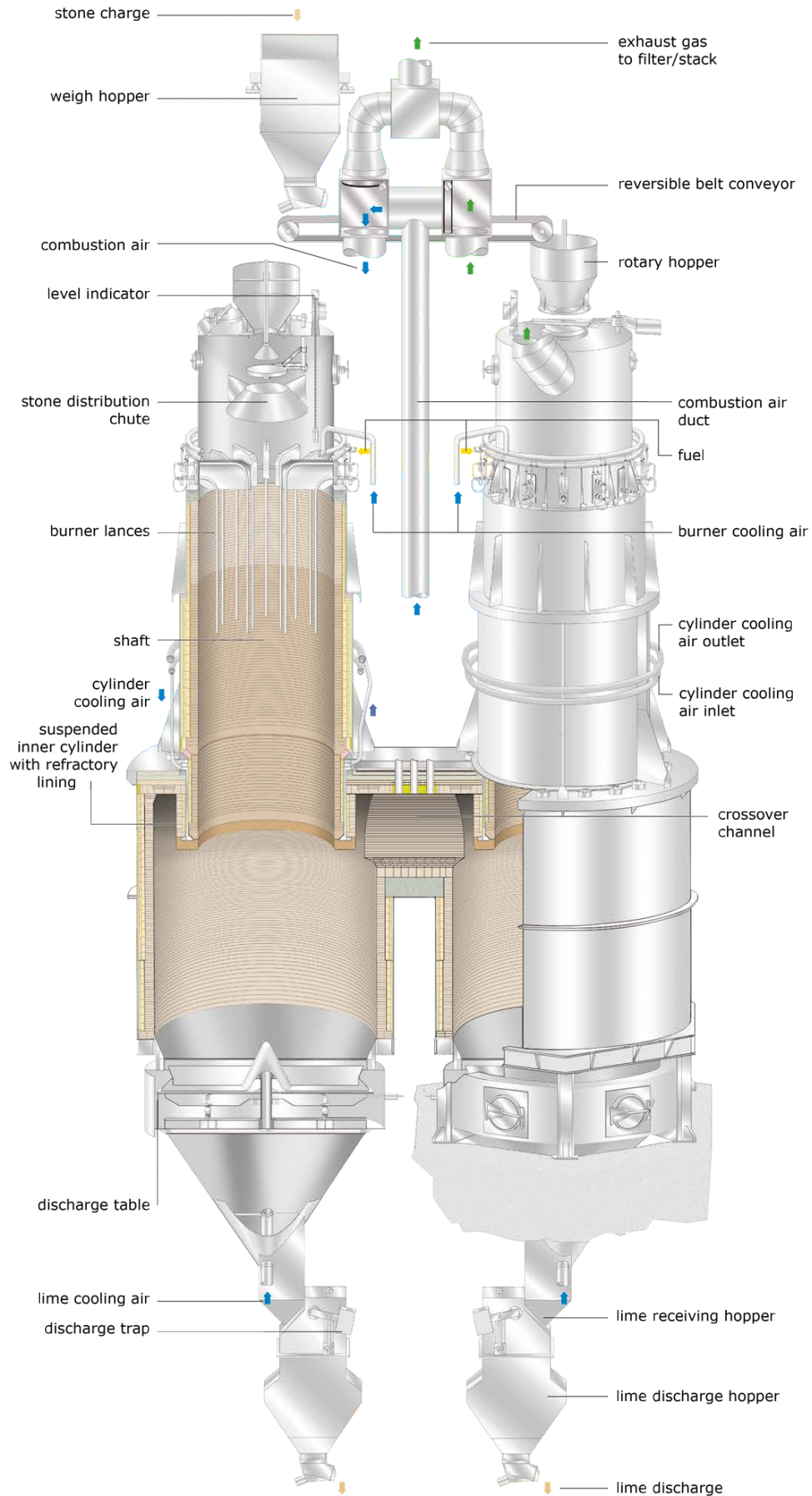
Kaksoiskuilu-uunissa vaihdetaan kuilua säännöllisin väliajoin. Aina kuilunvaihdon yhteydessä polttoaineen syöttö pysäytetään parin minuutin ajaksi päälinjasta. Kaksoiskuilu-uuneissa toinen kuilu on aina ilman polttoainetta vain yhden kuilun palaessa kerrallaan. (SMA Mineral ympäristölupahakemus lupapäätös Nro 30/12/1.)

Uunin pitempiaikaiset ja viikoittaiset seisokit, esimerkiksi huoltoseisokit, aiheuttavat käynnistys- ja pysäytysvaiheita. Käynnistysvaiheen ajatellaan loppuvan, kun kalkin hiilipitoisuus on tasautunut tietylle pitoisuudelle tuotespeksin mukaisesti. Kun polttoaineen syöttö uuniin lopetetaan, pysäytysvaihe alkaa. (SMA Mineral ympäristölupahakemus lupapäätös Nro 30/12/1.)

Poltossa syntyneet hiukkaset otetaan talteen hiukkassuotimilla ja palautetaan prosessiin. Palamattoman kuilun läpi johdetaan polttoprosessin savukaasut. Käytetty menetelmä esilämmittää kuumilla savukaasuilla seuraavan kalkkikivipanoksen ja neutralisoi polttoprosessin savukaasujen rikki päästöt ja parantaa prosessin energiatehokkuutta seuraavassa polttopanosessa (SMA Mineral ympäristölupahakemus lupapäätös Nro 30/12/1.)

4.4.1 Maerz kaksoiskuilu-uuni

SMA Mineralin Röyttän kalkkitehtaalla on käytössä Maerzin valmistama kaksoiskuilu-uuni, joka on kuvassa 3. Se on pystyrakenteinen kalkinpoltoon suunniteltu uuni.



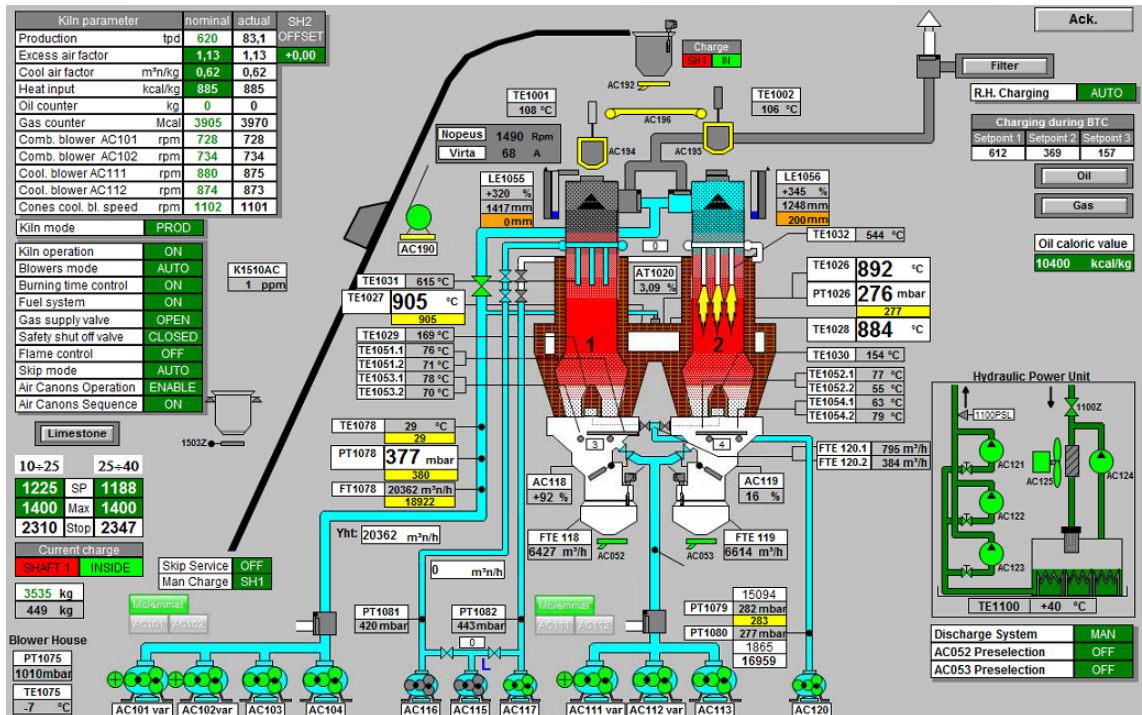
Kuva 3. Maerz kaksoiskuilu-uunin havainnekuva (Maerz 2017.)

Uunia kutsutaan myös PFR uuniksi (parallel flow regenerative shaft kiln, karkeasti suomennettuna rinnakkain virtaava regeneratiivinen akseliuuni). Nimi juontuu siitä, että toisen uunin palaessa kuumat savukaasut ohjataan palamattomaan uuniin kivien esilämmitykseen ja sen uunin kivet toimivat myös lämmönvaihtimina. (Maerz 2017.)

Kaksoiskuilu-uuni, jota SMA käyttää on Finelime –mallistosta ja se on suunniteltu pienen raekoon kivien polttoon. Yleensä pienen raekoon kivet poltetaan pyörivällä vaakatason uunilla, joka kuluttaa energiaa enemmän. Ensimmäinen uuni lanseerattiin markkinoille vuonna 1989 ja sen jälkeen Maerz on asentanut noin 60 Finelime uunia maailmanlaajuisesti. Tämän malliston tuotantokyky on 200-400 tonnia poltettua kalkkia vuorokaudessa. Uuniin laitettavien kivien raekoko on 15-40 mm ja se kuluttaa energiaa 3310-3560 kJ/kg. SMA:n kaksoiskuilu-uuni tuottaa 425-525 tonnia poltettua kalkkia ja poltetun kalkin raekoko on 15-40 mm tai 40-60 mm. (Maerz 2017.)

4.4.2 Uunin ajokuva

Röyttän kalkkitehtaan uunin ajokuvasta (Kuva 4) nähdään koko kalkinpolton prosessin eteneminen.



Kuva 4. Uunin ajokuva

Prosessi alkaa syöttökoneesta (AC190), jolla kuljetetaan kalkkikivi tärysyöttimelle (AC192). Tämän jälkeen tärysyötin syöttää kivet jakokuljettimelle (AC196). Jakokuljetin ohjaa kivet jommallekummalle pyörivälle syöttösiilolle (AC194 tai AC195), sen mukaan kumpaa uunia käytetään. Uunia, jota ei käytetä sillä hetkellä, täytetään kivillä. Seuraavaksi prosessissa tapahtuu itse kalkinpolto. Kalkinpolton lämpötiloja valvotaan mittareilla, jotka on merkitty TE- etuliittein. Uuniin ohjataan paloilmaa 4:llä puhaltimella (AC101, AC102, AC103, AC104). Myös uunien lanseille on 3 puhallinta (AC115, AC116, AC117). Polttamisen jälkeen kalkki jäähdyytetään ja jäähdytykseen käytetään myös omia puhaltimia (AC111, AC112, AC113), sekä kartiota jäähdyytetään puhaltimella AC 120. Kun poltetu kalkki on jäähtynyt, se on valmis poistettavaksi uunista tärysyöttimien AC053 tai AC052 kautta riippuen kumpaa uunia on käytetty. Uunista tulevat savukaasut kiertävät sen uunin läpi, joka ei pala esilämmittämällä seuraavan panoksen.

5 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

5.1 Henkilöhaastattelut

Henkilöhaastattelut ovat olennainen osa TPA –lomakkeiden täytössä, joka näkyy alla olevassa kuvassa 5. TPA-lomake on web-käyttöliittymä palvelimella, johon ei pääse ulkopuolelta käsiksi ilman oikeuksia. TPA-lomakkeeseen täydennetään tietoja vioista, vikatiheydestä, syistä ja seurauksista.

Positio	Laite	Laiteryhmä +	Poikkeama	Seuraukset	Vakavuus					Syyt	Vian vaikutus	Vikatiheys	Vian havaitseminen	Riskiluku	Toimenpiteet
					Turv	Ymp	Tuot	Laat	Korj						
Ac 175	Uunin Filteri	Uunin savukaasujärjestelmä	Ylittyy päästölupaehto online-mittareissa(dust)	Polypäästöjä	1	4	1	1	1	Reikä sukassa	4			0	Sukan vaihto
				Polypäästöjä	1	4	1	1	1	Sukka irti	4			0	Työohjeiden mukaisesti sukan asennus

Kuva 5. TPA –lomake




TPA-lomakkeen täyttöön haastateltiin kahta mekaanisen kunnossapidon työntekijää, sekä yhtä operaattoria. Operaattori pystyikin kertomaan hyvin joitakin ongelmia, joihin kunnossapidon työntekijät eivät välttämättä olleet törmänneet tai joita he eivät muistaneet haastattelutilanteessa. Kysymykset olivat Word-dokumenteissa, ja jokaiselle laitteelle täytettiin oma dokumentti, jolloin vastaukset olivat helposti ymmärrettävissä eivätkä sekoittuneet toisiin vastauksiin ja laitteisiin. Haastatteluiden tulokset siirrettiin myöhemmin TPA-lomakkeeseen.

Haastatteluissa kysyttiin SMA Mineralin työntekijöiltä muun muassa seuraavia asioita:

- Poikkeamaa pyrittiin selvittämään kysymyksellä: Mitä voi tapahtua?
- Vakavuutta selvitettiin kysymyksellä, mihin se vaikuttaa ja miten se vaikuttaa turvallisuuteen, ympäristöön, tuotantoon, laatuun ja korjauskustannuksiin.
- Syytä selvitettiin kysymyksellä: miksi se voi tapahtua/mistä se johtuu?
- Vikatiheys saatiin selville kysymyksellä: kuinka usein näin tapahtuu?

- Vian havaitseminen saatiin selville kysymyksellä: havaitaanko vika ajoissa vai vasta kun on liian myöhäistä?
- Seuraukset saatiin selville kysymyksellä: Mitä seurauksia poikkeamasta seuraa?
- Tapahtumalle tehtävät toimenpiteet saatiin selville kysymyksellä: mitä pitää tehdä, ettei se tapahtuisi?

SMA Mineralin Röyttän kalkkitehtaan käyttöpäällikkö kertoi tarkemmin korjauskustannuksista, muista kunnossapidollisista seikoista ja laitevikojen vaikutuksista prosessiin, ympäristöön ja turvallisuuteen. Hän kertoi myös pahimmat mahdolliset tapahtumat laitteille, mitä voi käydä, jos jotain menee pahasti pieleen. Ne ovatkin sellaisia asioita jotka eivät kunnossapitoasentajien ja ajomiesten mieleen normaalisti ilmaannu ja joita ei tule ajateltua edes. Häneltä kysyttiin myös, mitä hän haluaisi TPA:lta, jotta sitä saataisiin kehitettyä toivottuun suuntaan. Hän myös kertoi, että puhaltimien ja venttiileiden TPA-lomakkeeseen täytettävästi tiedoista saattaisi löytyä myös niiden ohjekirjoista, joista saisi valmiita vikamalleja. Näiden ohjekirjoja etsittiin internetistä ja ne löytyivätkin hyvin nopeasti. Ohjekirjoista löytyi valmiita vikamalleja hyvin yksityiskohtaisesti. Esimerkiksi puhaltimelle löytyi kuvassa 6 esiintyvät vikamallit.

Operating problems	List of causes
The motor does not start up and there is no noise	1-3-4
The motor does not start up, but humming noise is heard	2-3-4-5-6-7
Automatic cut off just after start up	3-4-5-6-7
Inlet pressure different from the rated value	13-16
Outlet pressure different from the rated value  WARNING : STOP THE BLOWER IMMEDIATELY	14-16
Outlet temperature different from the rated value  WARNING : STOP THE BLOWER IMMEDIATELY	8-13-14-16-17
High absorbed power	3-5-6-7-9-13-14-16-19
Oil and/or liquid leakage	10-11-12-15-19
High oil temperature	13-14-16-17-18-19-21
Unusual noises and/or vibrations  WARNING : STOP THE BLOWER IMMEDIATELY	5-6-7-8-9-13-14-17-22

	Cause	Solution	Rif.
1	At least 2 of electric connections have been cut off	Check the fuses, terminal boards and connection cables and if required replace them.	4.6
2	1 electric connection has been cut off.	See point 1.	4.6
3	Incorrect electric connection	Check electric system	4.6
4	Faulty motor	Check the electric motor	4.6
5	Rotors making contact	Stop the blower immediately and check the internal clearances of the rotors and of the gear	6.4 6.5
6	Scale deposits in the compression chamber	Clean the compression chamber and the rotors, balance the rotors if necessary	6.3
7	Intake of foreign particles	Remove the foreign particles, clean the compression chamber and check the clearances	6.3 6.4 6.5
8	Rotors are worn	Check the internal clearances	6.5
9	Bearing are worn	Replace the bearings	(1)
10	Gaskets are worn	Replace the gaskets	(1)
11	Drive shaft seal is worn	Replace the seal	6.2
12	Oil level plugs are broken	Replace the oil levels	(1)
13	Inlet piping is clogged	Check piping and remove obstruction	4.4.1
14	Outlet piping is clogged	Check piping and remove obstruction	4.4.2
15	Cooling circuit or mechanical seals damaged (only /TM-V)	Restore the circuit Replace the seals	4.5
16	Speed of rotation different from rated value	Reset the rated value	(1)
17	Inlet temperature different from rated value	Reset the rated value	(1)
18	Cooling liquid capacity different from rated value (only /TM-V)	Reset the rated value	4.5
19	Oil level too high	Reset correct oil level	6.1
20	Oil too viscous	Use less viscous oil	6.1.1
21	Oil produces foam	Change the type of oil	6.1.1
22	Transmission not aligned	Check the alignment	4.3

Kuva 6. Robuschi vikamallit (Robuschi 2017.)

5.2 Kriittiset laitteet

Koska koko uunin alueen laitteisto on periaatteessa kriittinen, käytännössä jokaisen laitteen vika voi pysäyttää prosessin. Jotkin laitteet vain aiheuttavat tuotan-

non alenemisen tarpeen hajotessaan, esimerkiksi osa puhaltimista. TPA:n mukainen analyysi tehtiin kaikille uunin alueen laitteistolle, jotka oli merkitty AC-positiolla. Edellä mainittuja laitteita oli työssä tarkasteltavana noin 50 kappaletta. Työssä ei tehty TPA:n mukaista analyysiä uunin polttoainejärjestelmälle, jolloin laitteita olisi ollut noin 90 kappaletta.

5.3 TPA –menetelmän testaus

Osa opinnäytetyössä tehtävää työtä oli siirtää vanhat, jo aiemmin projektissa kirjattut tiedot niin sanotusta TPA-litestä (lite eli kevytversio) SMA:n toiveiden mukaan suunniteltuun laajaan TPA-webkäyttöliittymään. Laaja TPA-webkäyttöliittymä vastaa paremmin SMA:n tarpeita kuin lite-versio. Kaikki tiedot syötettiin yksitellen, uusien laitepositioiden mukaan. Vanhoja tietoja ei pystynyt siirtämään suoraan litestä laajaan, koska versiot olivat erilaisia ja litessä oli laitepositiot käytössä.

SMA:lle suunnitellussa laajassa versiossa on 5 vakavuussaraketta, joille on määritetty alla olevan taulukon 3 mukaisesti vakavuusasteikko: turvallisuus, ympäristö, tuotannonmenetys, laatu- ja korjauskustannukset. Taulukon kriteeristö on suunniteltu vastaamaan SMA:n tarpeisiin.

Taulukko 3. TPA kriteeristö laaja TPA SMA

Turvallisuusriski (Tur)	Ympäristöriski (Ymp)	Tuotannon menetykset	Laatukustannus	Korjauskustannus	Vikatehys	Vian havaitseminen
5 Vakava turvallisuusriski	Todennäköinen (-vapautunut aine aiheuttaa huomattavia, mitattavissa olevia ympäristövaikutuksia- tarvitaan huomattavia kuntoutustoimenpiteitä, mutta kiikkia pitkän aikavälin vahinkoja ei voida korjata- vahinkoon liittyy vaarallisia kemikaaleja tai aineita- vahingosta koituu peruuttamatonta vahinko tärkeitä luonnonvaroilta- yleisö on tietoinen ja erittäin huolissaan tapahtuneesta- siitä koituu negatiivista paikallista, kansallista ja kansainvälistä medijajulkisuutta)	Toimimattomuus pysäyttää prosessin pitkäksi ajaksi	aiheuttaa laatukustannuksia (pitkäaikainen tuotannonmenetys)	Korkeat korjauskustannukset (pitkäaikainen tuotannonmenetys)	0-0,5v	syntyvä vika ei voi mitenkään havaita
4 Merkittävä turvallisuusriski	Keskimääräinen (-vapautunut aine aiheuttaa huomattavia mitattavissa olevia ympäristövaikutuksia-vaikutukset ovat hoidettavissa kohtuullisilla kuntoutuskuluilla-yleisö on tietoinen asiasta ja jonkin verran huolissaan- siitä koituu negatiivista paikallista ja kansallista	Toimimattomuus pysäyttää prosessin merkittäväksi ajaksi	aiheuttaa laatukustannuksia (merkittävä tuotannonmenetys)	Korkeat korjauskustannukset (merkittävä tuotannonmenetys)	0,5-2v	Vian havaitseminen vaatii ammattitaitoa
3 Kohtalainen turvallisuusriski	Epätodennäköinen (-vapautunut määrä on raportoitavan rajalla tai suurempi -vapautunut aine on rajattu (sitä ei vapaudu alueen ulkopuolelle) - tilanteen torjumiseksi toimittiin välittömästi- ympäristövaikutukset ovat mitattavissa, mutta ne ovat lyhyen aikavälin vaikutuksia ja hoidettavissa- kuntoutuskustannukset ovat pienet (arvioi määrä) - yleisö tietää asiasta mutta ei ole huolissaan (ainoa kinnostus asiaa kohtaan on paikallista)- siitä koituu paikallista negatiivista medijajulkisuutta)	Toimimattomuus pysäyttää prosessin lyhyeksi ajaksi	aiheuttaa laatukustannuksia (lyhytaikainen tuotannonmenetys)	Keskinkertainen korjauskustannus (lyhytaikainen tuotannonmenetys)	2-5v	Vian voi havaita tarkkailukierroksen yhteydessä
2 Vähäinen turvallisuusriski	Erittäin epätodennäköinen (-vapautunut määrä on raportoitavan rajan alapuolella -vapautunut aine on rajattu (sitä ei vapaudu alueen ulkopuolelle) - tilanteen torjumiseksi toimittiin välittömästi- ympäristövaikutukset ovat minimaalisia ja hoidettavissa-sit ei koidu negatiivista	Toimimattomuus pysäyttää prosessin hetkeksi	aiheuttaa laatukustannuksia (hetkellinen tuotannonmenetys)	Vähäinen korjauskustannus (hetkellinen tuotannonmenetys)	5-10v	Vian voi havaita työskennellessä alueella
1 Ei turvallisuusriskiä	Olematon (-ei vahingollisia ympäristövaikutuksia ja osakkeen omistajat hyväksyvät)	Toimimattomuudella ei merkitystä prosessille	ei aiheuta laatukustannuksia	Korjauskustannuksilla ei ole merkitystä	yli 10v	Syntyvä vika havaitaan varmasti

SMAlle kehitetystä laajasta TPA-versiosta saadaan tarkempaa tietoa vioista ja kyetään arvioimaan riskit paremmin ja niiden vaikutukset yksityiskohtaisemmin. TPA:n laajasta versiosta löytyy vian vaikutusluku, jonka TPA-webkäyttöliittymä valitsee vakavuussarakkeista korkeimman luvun perusteella. Riskiluku generoituu vikatiheyden, vian vaikutuksen ja vian havaitsemisen avulla, kertomalla luvut keskenään ja riskiluvusta nähdään näin helposti, kuinka suuresta riskistä on kyse.

Työn teon aikana havaittiin seuraavia asioita TPA:n laajasta-webkäyttöliittymästä:

- Numerot muuttuivat itsekseen joskus.
- Vääriä laiteryhmiä ei voinut poistaa.
- Positioita ei pysty siirtämään.
- Kirjotusvirheitä ei voi poistaa laiteryhmistä.
- Sivun ei pysy paikallaan piilottaessa/poistettaessa rivejä, vaan menee ihan alkuun.
- Uusia positioita ei voi lisätä vanhojen positioiden väliin.

Myös muutamia kehitysideoita, jotka olisi hyvä lisä TPA-webkäyttöliittymään tuli ilmi:

- Tietojen kopioiminen ja liittäminen toisesta tietokannasta suoraan
- Laitteiden kopioiminen samalla tavalla kuin poikkeamien.
- Taulukkoon laitettaisiin värikoodit vian vakavuuden mukaan.
- Tuotannon menetys, laatukustannus ja korjauskustannus ovat turhan sidonnaisia keskenään.
- Aikamääreiden määrittäminen tuotannon menetyksiin.
- Vikaluvulle suunniteltaisiin painokertoimet, jotta saataisiin tasapainoisempia lukuja.

TPA:n lite-versiota aiotaan myöhemmin TPA-projektin aikana verrata TPA:n laajaan versioon, jos sillä lite versiolla mahdollista saavuttaa sama tulos, ilman tärkeän tiedon menetystä. Esimerkiksi vikatiheys ja vianhavaitseminen puuttuvat kokonaan litestä, joten joudutaan varmasti pohtimaan ovatko kuinka oleellisia tietoja ne ovat TPA:n kannalta.

6 TULOKSET

6.1 Kaksoiskuilu-uunin kriittisimmät laitteet

Kaksoiskuilu-uunin laitteista pyrittiin selvittämään, mitkä laitteista ovat kriittisimpiä prosessin kannalta, jotta saataisiin tehtyä TPA-menetelmän mukainen analyysi kriittisimmille laitteille ensimmäiseksi. Kuitenkin selvitettyä kriittisimpiä laitteita kyselystä ilmeni, että prosessin kaikki laitteet ovat käytännössä kriittisiä. Prosessi voi pysähtyä käytännössä kaikkien laitteiden vioista.

6.2 Haastattelujen tulokset

SMA:n työntekijöille tehdyistä haastatteluista saatiin selville erilaisia poikkeamia noin 20 laitteelle. Niille saadut vakavuudet, syyt ja seuraukset kirjattiin erillisiin Word –dokumentteihin. Kaksoiskuilu-uunilla on useita laitteita useampi kappale, esimerkiksi puhaltimet, joten osa laitteiden tiedoista menee lähes suoraan kopioidulla.

Esimerkiksi kivenlastauskartiolle saatiin seuraavanlaisia vastauksia kysyttäessä, Mitä voi tapahtua, kun etsittiin poikkeamaa. Alla olevat poikkeamat on numeroitu, koska siten voidaan seurata ja verrata kysyttäessä muita asioita. Poikkeamia olivat muun muassa:

1. Korroosioaurio ja helmat ovat läpilahonneet sen myötä.
2. Varsi on vääntynyt.
3. Varsi on poikki.
4. Hydraulisynterin on hajonnut.
5. Laakereissa on vikoja.
6. Jos kivipinta nousee liian korkealle, kartio ei pääse kääntymään

7. Rajasensoreissa on ilmennyt vikoja. (SMA Mineral työntekijät 2017)

Seuraavaksi kysyttiin, mihin poikkeama vaikuttaa ja miten. Näin kysyttäessä saatiin selville vakavuus

- turvallisuuteen 1-5

Asentajilta tuli lisähuomiona, että jos se on rikkoutunut sisäpuolelta, samat säännökset pätevät työskenneltäessä kuin uunin purkulautasilla työskenneltäessä.

- ympäristöön 1-5
- tuotantoon 1-5
- laatuun 1-5
- korjauskustannukset 1-5

Sitten etsittiin syytä miksi se voi tapahtua/mistä se johtuu?

1. Asialle ei voi tehdä mitään ja ajanmukainen kuluminen syynä.
2. Kivipinta on voinut nousta liian korkealle.
3. Kivipinta on voinut nousta liian korkealle.
4. Sylinteri hajoaa ylikuormituksesta.
5. Laakereiden kunnossapitoa on laiminlyöty.
6. Pöydässä voi olla mahdollinen korttivika tai pinnanmittaus voi olla rikki myös.
7. Raja on pölyinen tai se on voinut liikkua. (SMA Mineral työntekijät 2017)

Sitten kysyttiin mitä siitä seuraa ja saatiin seuraukset selville.

1. Kivet menevät väärään uuniin, ilma ei kulje oikein ja laatu kärsii, jos iso kivi menee ulos se vaurioittaa uunin vuorausta.
2. Lautanen jakaa osittain kivet väärin.
3. Varsi tippuu lanssien päälle ja jää sinne, kivipinta nousee, sivuasennosta voi tippua uunin sisään.
4. Kivet menevät joko reunaan tai keskelle. Mahdollinen ohjauskorttivika.
5. Kivenlastauskartio menee hitaasti rajalle, jos laakeri rikki kokonaan ei liiku enää ollenkaan.
6. Kartio voi hajota
7. Rajat eivät toimi oikein. (SMA Mineral työntekijät 2017)

Viimeisenä selvitettiin toimenpiteet, että mitä pitäisi tehdä, ettei näin tapahtuisi?

1. Helmat pitää korjata ja tarkistaa niiden kunto, automaatio vahtii niitä.
2. Seisokissa pitää katsoa luukusta sisään Rejuksen mukaan. Vikaantumisen näky pakokaasuissa.
3. Seisokissa pitää katsoa luukusta sisään Rejuksen mukaan. Vikaantumisen näky pakokaasuissa.
4. Ohjauskortti pitää tarkistaa. (johtuu lämmöstä ja pölystä)
5. Laakereiden kunnon tarkistus Rejuksen mukaan
6. Ohjauskortti pitää tarkistaa.
7. Rajojen asennon ja kunnon tarkistus. (SMA Mineral työntekijät 2017)

Numeroitavat kohdat (vakavuussarakkeen kohdat, vikatiheys ja vian havaitseminen) jätettiin tyhjäksi ja niihin vastauksen antoi Käyttöpäällikkö Sampsa Vuori.

Lopputulokseksi saatiin jokaiselle laitteelle valmis TPA:n mukainen analyysi laajaan TPA:n webkäyttöliittymään. Alla olevasta kuvassa 7 on valmis osa TPA:n laajasta webkäyttöliittymästä, kivenlastauskartiolla ilmenneestä poikkeamasta varsi on poikki.

Positio	Laite	Laiteryhmä	Poikkeama	Seuraukset	Vakavuus				Syyt	Vian vaikutus	Vikatiheys	Vian havaitseminen	Riskiluku	Toimenpiteet	Vastuhenkilö ja määräpäivä	OK	
					Turv	Ymp	Tuot	Laat									Korj
AC 1017 Z (Uuni 1)	Kivenlastauskartiolla (4 kerros), Jakolautanen 1 uuni	Ihumin raaka aineen syöttö	Varsi poikki	Varsi tippuu lanssien päälle ja jää sinne ,svuusennoista voi tippua sisään	2	1	2	2	2	-Kivipinta on voinut nousta liian korkealle	2	1	3	6	Ihusi varsi	2017-04-05	<input checked="" type="checkbox"/>
				Kivipinta nousee	2	1	2	2	2	-	2	1	3	6	Iläky päästöissä	2017-04-05	<input checked="" type="checkbox"/>

Kuva 7. Valmis TPA-lomakkeen osa

7 POHDINTA

Työn alkaessa en tiennyt kunnolla millainen menetelmä TPA on. Tiesin sen, että se on jonkinlainen analyysimenetelmä. Työtä tehdessä minulle aukesi pian TPA menetelmän tarkoitus ja mitä sillä yritetään korjata teollisuudessa analyysimenetelmien kirjon ollessa hyvinkin laaja ja sekava. Myös itse kalkinpolton prosessi oli tuntematon aluksi, mutta prosessin ollessa suhteellisen yksinkertainen se ei ollut vaikea oppia. Prosessin oppiminen oli oleellinen asia, jotta osattaisiin ajatella miten mikäkin vika vaikuttaa prosessissa ja ymmärrettäisiin mitä haastateltavat ihmiset tarkoittavat. Myös laitteiden prosessikaavio oli opeteltava, jotta tietäisi laitteiden nimet ja positiot prosessissa.

Uskoisin että TPA-menetelmän käyttö tulee yleistymään tulevaisuudessa, kunhan se vain saa sijaa nykyisten analyysimenetelmien sekaan. TPA-menetelmän ollessa kuitenkin suhteellisen helppo ja nopea analyysimenetelmä. TPA-menetelmä on myös hyvin selkeä menetelmä siinä mielessä, että siitä näkee heti kaikki tarvittavat tiedot.

Minun mielestäni tulevaisuudessa TPA-lomakkeeseen voitaisiin helposti yhdistää laitteiden räjäytyskuvat ja huolto-ohjeet suoraan laitenimen ”sisään”. TPA-lomaketta voitaisiin myös tulevaisuudessa hyödyntää virtuaalitodellisuudessa. Virtuaalitodellisuuden yleistyessä tulevaisuudessa. TPA-menetelmän kaavake saataisiin laitteisiin suoraan näkymään ensin, jolloin asentaja tai laitetta käyttävä näkisi heti, miten vika vaikuttaa, sekä vakavuudet ja toimenpiteet.

LÄHTEET

Asiakastieto.fi 2017. Yrityksen taloustiedot. Viitattu 10.5.2017. <https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/sma-mineral-oy/15728248/taloustiedot>

Holm, J. 2017. Käyttövarmuus ympäristö- ja turvallisuusnäkökulmista –ppt esitys. Viitattu 20.4.2017. <http://www.lapinamk.fi/loader.aspx?id=e463a66b-cae2-44c5-b20e-e034cef8d3aa>

Kotkansalo, A. 2017. Lapin AMK. Projektipäällikön haastattelu 2.4.2017

Kotkansalo, A. & Sipola, J 2016. TPA—kaikille teollisuuden aloille sopiva analyysimenetelmä. Digipolis magazine 1/2016 s.14,15

Käynnissäpidon tutkimusryhmä 2014. Kriittisyysanalyysi ympäristönäkökulmasta ja tietämyksen hallinta rikkipäästöjen ehkäisyssä. Viitattu 10.5.2017. <http://www.lapinamk.fi/loader.aspx?id=d9aa21d4-9699-4a73-ac40-e4d110e237a6>

Lapin AMK 2017a. TPA tutkimussuunnitelma. Viitattu 10.05.2017

Lapin AMK 2017b. TPA-Tuotannon poikkeama analyysi. Viitattu 11.4.2017. <http://www.lapinamk.fi/fi/Tyoelamalle/Tutkimus-ja-kehitys/Lapin-AMKin-hankkeet?RepoProject=522208>

Maerz 2017. PFR Kilns for soft-burnt lime Viitattu 5.5.2017. <https://www.maerz.com/portfolio/pfr-kilns-for-soft-burnt-lime/>

Rapakko, T. 2016. Kalkinpolton sivutuotteiden hyödyntäminen ja logistiikka, SMA Mineral Oy. Lapin AMK. Tuotantotalous, Opinnäytetyö

Robuschi 2017 Manual. Viitattu 26.5.2017. <http://www.gardnerdenver.com/workarea/downloadasset.aspx?id=5221>

Röyttän kalkkitehtaan ympäristöriskinarviointi 2015, SMA:n sisäinen tiedosto

SFS-EN 61882:2016. Hazard and operability studies. Helsinki: SFS

SFS-EN 62740. Root cause analysis (RCA). Helsinki: SFS

SMA Mineral 2017a. Toimitusjohtajan puheenvuoro. Viitattu 10.05.2017. <http://smamineral.se/fi/toimitusjohtajan-puheenvuoro/>

SMA Mineral 2017b.Röyttä. Viitattu 11.4.2017 <http://smamineral.se/fi/facility/ro-ytta-3/>

SMA Mineral Oy ympäristölupahakemus lupapäätös Nro 30/12/1

SMA Mineral työntekijät 2017, SMA Mineral Oy. Työntekijöiden haastattelu 4.4.2017

SMA Mineral työturva 1000 riskikartoitustaulukko, SMA:n sisäinen tiedosto

Tukes 2017. ATEX Räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuus. Viitattu 18.4.2017. http://www.tukes.fi/Tiedostot/vaaralliset_aineet/esitteet_ja_opaat/ATEX_opas.pdf

Työturvallisuuskeskus 2017a. Työsuojelu työpaikan arjessa. Viitattu 18.4.2017. http://ttk.fi/tyohyvinvointi_ja_tyosuojelu/toiminta_tyopaikalla/vastuut_ja_velvoitteet

Työturvallisuuskeskus 2017b. Vaaratekijöiden tunnistaminen ja riskien arviointi. Viitattu 18.4.2017. http://ttk.fi/etusivu_%28vanha%29/tyosuojelu/vaaratekijoiden_tunnistaminen_ja_riskien_arviointi

Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738.

Vuori, S. 2017 SMA Mineral Oy. käyttöpäällikön haastattelu 3.5.2017