



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

VALTTERI TORVELA

Laroxien ennakkohuoltosuunnitelma ja kunnonvalvonta

KONETEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA
2023

| | | |
|--|-------------------------------------|-----------------------------|
| Tekijä(t) Torvela, Valtteri | Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK | Päivämäärä huhtikuu 2023 |
| | Sivumäärä 44 | Julkaisun kieli Suomi |
| <p>Julkaisun nimi Laroxien ennakkohuoltosuunnitelma ja kunnonvalvonta</p> | | |
| <p>Tutkinto-ohjelma Konetekniikka</p> | | |
| <p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli päivittää ja kehittää Larox painesuodattimien ennakkohuoltosuunnitelmaa sekä kunnonvalvontaa Nornickel Harjavalta Oy:n liuottamalla. Työ aloitettiin tekemällä kriittisyysanalyysi painesuodattimille, josta selviää laitteiden kriittisyys prosessin kannalta. Tämän lisäksi työssä kartoitettiin ennakkohuoltosuunnitelman nykytilaa ja selvitettiin mahdollisia ongelmakohtia tehtyjen vikailmoitusten avulla. Ennakkohuoltosuunnitelmaa lähdettiin parantamaan vikailmoitusten, huolto-ohjeen sekä huomattujen puutteiden pohjalta.</p> <p>Kunnonvalvontaa lähdettiin kehittämään Laroxien esiintyvien ongelmien pohjalta sekä käyttäjäkunnonvalvonnassa ilmenneisiin haasteisiin. Tiedon ongelmista sai helposti haettua kunnossapitojärjestelmästä tilattujen korjausten avulla. Näihin ongelmiin kohdistettiin lisää kunnonvalvontaa.</p> <p>Tuloksena saatiin päivitetty ennakkohuoltosuunnitelma sekä kunnonvalvontaan paljon kehitysehdotuksia. Käyttäjäkunnonvalvontaa helpottamaan tehtiin myös yleisimmistä vioista listaus ja mahdolliset korjaustoimenpiteet auttamaan uusia prosessinhoitajia. Tämän lisäksi mittavaan kunnonvalvonnan hyödyntämistä tutkittiin ja tehtiin ehdotukset öljyanalyyseihin sekä ODR-käyttäjäkunnonvalvonnan käytöstä Laroxeilla.</p> | | |
| <p>Avainsanat Larox, Kunnossapito, Ennakkohuolto, Kunnonvalvonta</p> | | |

| | | |
|---|--|-------------------------------------|
| Author(s) Torvela, Valtteri | Type of Publication Bachelor's thesis | Date April 2023 |
| | Number of pages 44 | Language of publication: Finnish |
| Title of publication Preventive maintenance plan and condition monitoring for Larox | | |
| Degree programme Mechanical engineering | | |
| Abstract <p>The purpose of the thesis was to update and develop Larox pressure filters preventive maintenance plan and condition monitoring at the leaching plant of Nornickel Harjavalta Oy. Work started with an assesment of the Larox filters by conducting a criticality analysis to identify the criticalness of the equipment for the process. In addition, the work examined the state of preventive maintenance and clarification of possible problem areas by means of fault reports. The preventive maintenance plan was improved based on fault reports, maintenance instructions and detected deficiencies.</p> <p>The development of condition monitoring was started by examining the basis of Larox problems and the challenges that have arisen in user condition monitoring. Information about the problems was easily sought from the repair orders from the maintenance system. More proper conditioning monitoring was carried out on these problems.</p> <p>The result was an updated preventive maintenance plan and a lot of development proposals for condition monitoring. To make user condition monitoring easier a listing of the most common malfunctions was made and possible remedies to help new process operators. In addition, the use of measuring condition monitoring was examined, and proposals were made for oil analyses and on the use of ODR operator control in the Larox.</p> | | |
| Keywords Larox, Maintenance, Preventive maintenance, Condition monitoring | | |

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö tehtiin Nornickel Harjavalta Oy:n liuottamo osastolle. Haluaisin kiittää Satakunnan ammattikorkeakoulun puolelta Jarmo Juusoa työn ohjaamisesta, sekä toimeksiantajayrityksen Aleksi Poikkimäkeä mielenkiintoisasta aiheesta sekä ohjauksesta opinnäytetyötä tehdessä.

| | |
|---|----|
| 1 JOHDANTO | 6 |
| 2 NORNICKEL HARJAVALTA OY | 7 |
| 2.1 Yleistä..... | 7 |
| 2.2 Valmistusprosessi ja tuotteet | 8 |
| 2.2.1 Liuottamo..... | 8 |
| 2.2.2 Pelkistämö | 9 |
| 2.2.3 Elektrolyysi..... | 10 |
| 2.2.4 Kemikaalitehdas..... | 10 |
| 3 LAROX-PAINESUODATIN..... | 12 |
| 3.1 Laroxin rakenne ja kuvaus..... | 14 |
| 3.2 Laroxin ohjelmakuvaus | 16 |
| 4 KRIITTISYYSANALYYSI | 21 |
| 4.1 Kriittisyysarvioinnin tekeminen..... | 21 |
| 5 KUNNOSSAPITO..... | 25 |
| 5.1 Kunnossapidon eri lajit..... | 25 |
| 5.1.1 Ehkäisevä kunnossapito..... | 27 |
| 5.1.2 Korjaava kunnossapito | 28 |
| 5.1.3 Parantava kunnossapito | 28 |
| 6 KUNNONVALVONTA | 29 |
| 6.1 Kunnonvalvonta tarpeen määrittäminen..... | 29 |
| 6.2 Kunnonvalvonnan yleisimpiä menetelmiä | 30 |
| 6.2.1 Värähtelymittaukset | 30 |
| 6.2.2 Lämpötilamittaukset..... | 30 |
| 6.2.3 Aistinvaraiset havainnot kunnonvalvonnassa..... | 31 |
| 6.2.4 Öljyn kunnonvalvonta..... | 31 |
| 6.2.5 ODR | 32 |
| 6.3 Kunnonvalvonnan hyödyt..... | 33 |
| 7 TOTEUTUSVAIHE..... | 35 |
| 7.1 Kriittisyysanalyysi..... | 35 |
| 7.2 Ennakkohuollon nykytilan kartoitus | 36 |
| 7.2.1 Ennakkohuoltojen ongelmat | 37 |
| 7.2.2 Ennakkohuoltosuunnitelma | 38 |
| 7.3 Kunnonvalvonnan nykytila..... | 38 |
| 7.3.1 Kunnonvalvonnan kehitysehdotukset | 39 |
| 7.3.2 Mittaavan kunnonvalvonnan hyödyntäminen..... | 40 |
| 8 YHTEENVETO..... | 44 |

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää Nornickel Harjavalta Oy:n liuottamon Larox painesuodattimien ennakkohuoltoa ja kunnonvalvontaa. Työssä paneudutaan teoriaan kunnossapidon, kunnonvalvonnan sekä Larox painesuodattimien osalta. Samalla käydään läpi tehtaan prosessiteoriaa. Työssä tarkastellaan ennakkohuoltojen ja kunnonvalvonnan nykytilaa sekä tehdään kriittisyysanalyysi painesuodattimille. Lopussa on myös parannusehdotuksia kunnonvalvontaan sekä uusi ennakkohuoltosuunnitelma.

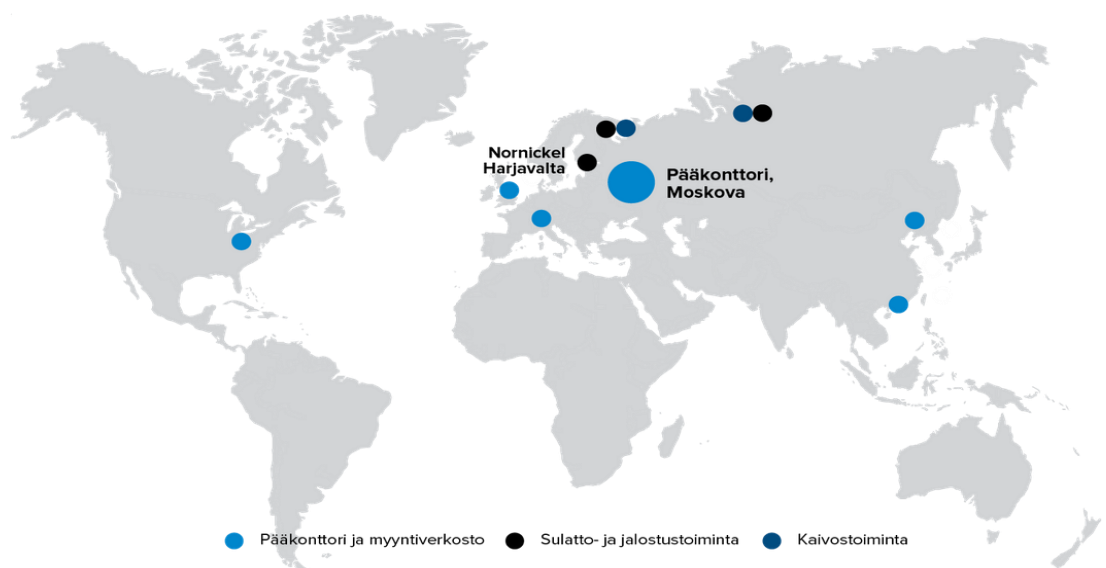
Aiheen valintaan vaikuttavana tekijänä on painesuodattimiin useasti tehdyt häiriökorjaukset. Toisin sanoen laite vikaantuu usein, vaikka ennakkohuoltoa suoritetaan viikoittain. Tämä aiheuttaa tuotannolle vaikeuksia, kun painesuodattimia joudutaan ottamaan aina vähän väliin pois ajosta. Syitä tälle voi olla monia, kuten nykyisen ennakkohuoltosuunnitelman suppeus, ennakkohuoltoa suorittavan henkilön kokemattomuus laitteesta tai ennakkohuoltojen huono ohjeistus. Näitä ongelmia pyritään korjaamaan päivittämällä ennakkohuoltosuunnitelmaa ja tekemällä parannusehdotuksia kunnonvalvonnan parantamiseen.

2 NORNICHEL HARJAVALTA OY

2.1 Yleistä

Nornickel Harjavalta Oy kuuluu Venäläiseen MMC Norilsk Nickel -konserniin, joka on maailman suurin nikkelin ja palladiumin tuottaja. Konsernin toiminta keskittyy malmin etsintään, tutkimiseen, jalostamiseen ja mineraalien metallurgiseen käsittelyyn sekä perus- ja jalometallien tuotantoon ja markkinointiin. Konserni tuottaa 14 % koko maailman nikkelistä. Palladiumin tuotannon osuus koko maailman tuotannosta on noin puolet. Muita konsernin merkittäviä tuotteita ovat kupari, koboltti, platina ja rhodium. Konsernin liikevaihto oli vuonna 2021 17,34 miljardia euroa, josta Nornickel Harjavalta Oy:n osuus oli 1,2 miljardia. (Nornickel Harjavalta Oy, 2023; Nornickel, 2023; Kauppalehti, 2021)

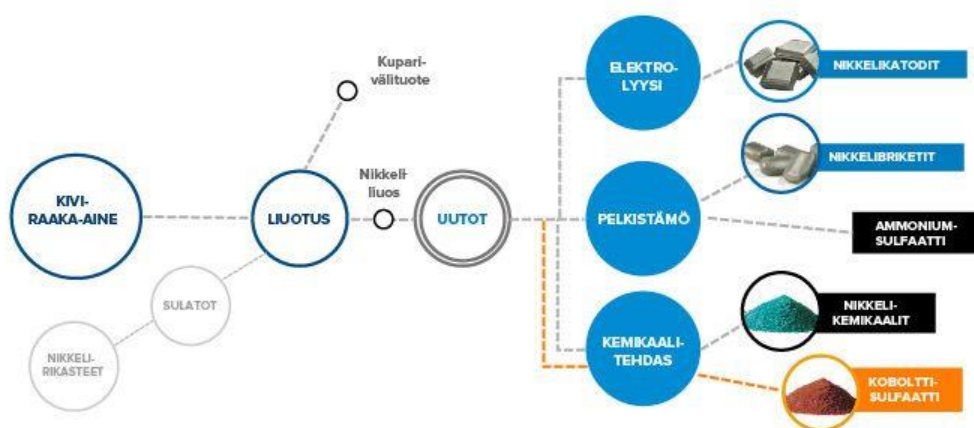
Nornickel konsernin pääkonttori sijaitsee Moskovassa. Toimipisteitä konsernilla on Venäjällä Norilskissa sekä Kuolan niemimaalla. Venäjän ulkopuolinen toimipiste sijaitsee Suomessa. Suomen toimipiste sijaitsee Harjavallan suurteollisuuspuistossa. Tämän lisäksi on myyntiverkostoja ympäri maailmaa. Suomen toimipisteellä on ollut nikkelin jalostustoimintaa vuodesta 1960 lähtien, mutta Nornickelin omistukseen tehdas siirtyi vuonna 2007. Tehdas työllistää noin 300 henkilöä. (Nornickel Harjavalta Oy, 2023; Kauppalehti, 2021)



Kuva 1. Konsernin toiminta. (Nornickel Harjavalta Oy, 2023)

2.2 Valmistusprosessi ja tuotteet

Nornickel Harjavalta Oy jakautuu neljään eri tuotanto-osastoon: Liuottamoon, Elektrolyysiin, Pelkistämöön sekä Kemikaalitehtaaseen. Nornickel Harjavalta tuottaa nikkeliä raaka-aineeksi lähinnä ruostumattoman teräksen ja erikoismetalliseoksien valmistukseen. Tämän lisäksi Nornickel Harjavalta tuottaa nikkeli- ja kobolttikemikaaleja, joita käytetään katalyytti ja akkuteollisuudessa. (Nornickel Harjavalta Oy, 2023)



Kuva 2. Nikkelin jalostusketju (Nornickel Harjavalta Oy, 2023)

2.2.1 Liuottamo

Nornickel Harjavallan prosessi saa alkunsa liuottamolta, jossa nikkeliä, kobolttia ja kuparia sisältävien raaka-aineiden saapuessa liuottamolle, aletaan niitä liuottaa kiintoaineesta vesiliuokseen. Nikkelin liuosmuoto on välttämätön jatkojalostusta varten. Raaka-aine jauhetaan kuulamyyllyjen avulla kivilietteeksi, jonka jälkeen myllyjen jauhatukseen syötetty vesi erotetaan hienokivestä raappaerottimen avulla. Tämän jälkeen hienokivi liuotetaan reaktoreissa käyttämällä happea ja rikkihappoa. Tätä vaihetta kutsutaan atmosfääriliuotukseksi. Tämän jälkeen kiintoaineet, joita ei saatu liukenemaan, jatkavat matkaa paineliuotukseen, joka tapahtuu autoklaaveilla. Paineliuotuksen tehtävä on saada nikkeli liukenemaan korkeassa lämpötilassa.

Samalla liuksesta pyritään poistamaan epäpuhtauksia, kuten rautaa ja kuparia. Välituotteena liuottamalla syntyy myös kuparisakkaa, joka myydään jatkojalostukseen. Kuparisakka sisältää korkean kuparipitoisuuden lisäksi myös jalometalleja. (Nornickel Harjavalta Oy, 2023)

2.2.2 Pelkistämö

Uutot toimivat osana pelkistämöä. Uutot ovat jaettu kobolttiuuttoon ja kalsiumuuttoon. Uuton tarkoitus on puhdistaa liuottamolta saapuva nikkeliraakaliuos epäpuhtauksista. Kobolttiuuttoon saapuva liuos ensin jäähdytetään, jonka jälkeen se hieno suodatetaan, joka estää vieraiden orgaanisten ja kiintoaineiden pääsemisen uuttoprosessiin. Kobolttiuutto tapahtuu peräkkäisissä uuttokennoissa, joiden sisällä nikkeliraakaliuos kulkee vastavirtaan uuttoliuokseen nähden. Tämän ansiosta epäpuhtauksia siirtyy nikkeliraakaliuksesta orgaaniseen uuttoliuokseen. Epäpuhtauksia ovat mm. Koboltti, kupari, sinkki, rauta ja mangaani. Osa liuottamon nikkeliraakaliuksesta kulkeutuu myös kalsiumuuttoon, jossa liuksesta uutetaan mm. Kalsiumia, rautaa, sinkkiä, kuparia ja mangaania. Kalsiumuutosta liuos pumpataan kobolttiuuttoon. Liuospuhdistuksen jälkeen nikkeliliuoksesta osa lähtee elektrolyysiin ja osa pelkistämölle jatkokäsittelyyn. Puhdistuksen aikana eroteltua kobolttiliuosta puhdistetaan vielä ennen pumppausta kemikaalitehtaalle kobolttisulfaatin valmistukseen. (Nornickel Harjavalta Oy, 2023.)

Pelkistämöllä uutossa puhdistettu nikkeliliuos vety pelkistetään panoksittain autoklaaveissa. Autoklaaveissa muodostuu nikkelipulveria, joka saadaan erotettua liuoksesta, kun pulveri laskeutetaan ja suodatetaan liuoksesta pois. Tämän jälkeen saatu nikkelipulveri kuivataan ja siirretään briketoitavaksi pulverisiiloon. Pulveri voidaan myös pakata sellaisenaan asiakkaille myytäväksi. Pulveri saadaan briketoitua koneellisesti, jonka jälkeen briketit siirtyvät typpisintraukseen. Typpisintrauksen tarkoitus on lujittaa brikettejä. Valmiit briketit pakataan asiakkaille toimitettavaksi. Pelkistykseen ohessa syntyy ammoniumsulfaattiraakaliuosta, joka jatkaa matkaansa puhdistettavaksi saostukseen. Saostuksen tarkoituksena on erottaa liuokseen jäänyt pieni nikkelimäärä, joka sitten palautetaan prosessiin. Erotuksen jälkeen

lopputuotteeksi jäänyt ammoniumsulfaattiliuos kiteytetään ja kuivataan myyntiin. (Nornickel Harjavalta Oy, 2023.)

2.2.3 Elektrolyysi

Elektrolyysissä tuotetaan katodinikkeliä elektrolyyttisesti, joka tapahtuu electrowinning-menetelmällä. Tasavirtaa ajetaan liukenemattoman lyijyanodin läpi elektrolyyttiin ja nikkelikatodille, johon sähkövirtaa hyväksikäyttäen nikkeli kulkeutuu nikkeliuoksesta. Liuottamalla valmistettu ja uutoissa puhdistettu nikkeliuosi eli katolyttiliuos ajetaan diafragma pussin sisään, jossa on myös nikkelikatodi. Nikkeli-ionit pelkistyvät liuoksesta katodin pinnalle käyttäen sähkövirtaa. Katodien kasvamiseen menee aikaa arviolta viikon verran. Pelkistetyn nikkelin kokonaismäärä on riippuvainen virrasta, virtapiirissä olevien alaiden lukumäärästä ja virtahyötysuhteesta. Katodinikkelit jatkavat matkaansa leikkaamolle, jossa tapahtuu katodinikkelien leikkaus, pakkaus ja lastaus. (Nornickel Harjavalta Oy, 2023)

2.2.4 Kemikaalitehdas

Kemikaalitehdas on uutossa puhdistetun nikkelisulfaattiliuoksen päätepusäkki, jossa liuoksesta valmistetaan erilaisia epäorgaanisia suoloja, joita ovat mm. hydroksideja, hydroksikarbonaatteja ja sulfaatteja. Osastolta löytyy omat tuotantolinjat nikkelisulfaatti-, nikkelihydroksidi ja nikkelihydroksidikarbonaattilinjalle. Nikkelituotteiden ohella osastolla kiteytetään kobolttisulfaattiliuoksesta kobolttisulfaattikiteitä.

Ni-Sulfaattilinjoilla valmistetaan STD ja EN-laatuista nikkelisulfaattikiteitä, jotka kuivataan ja seulotaan. Tämän jälkeen tuote varastoidaan siloihin odottamaan pakkausta. Hydroksikarbonaattilinjalla nikkeli saadaan erotettua liuoksesta saostamalla soodan avulla. Prosessissa syntynyt sakka suodatetaan, pestään, jonka jälkeen sakka kuivataan ja varastoidaan odottamaan pakkausta. Hydroksidilinjalla lipeän avulla saostetaan hydroksidia. Linjalta täten valmistuu HD- ja STD-laatuista hydroksidia. Tästäkin prosessista syntyy sakkaa, joka edellisten sakkojen tavoin

suodatetaan, pestään, jonka jälkeen taas kuivataan ja lopuksi varastoidaan silloihin.
(Nornickel Harjavalta Oy, 2023)

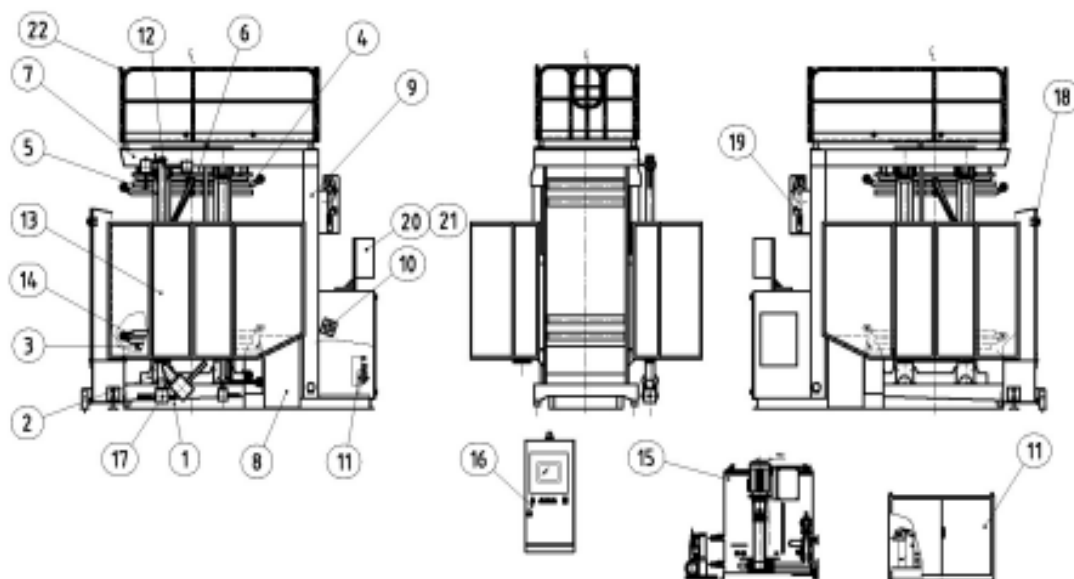


Kuva 3. Valmiit tuotteet (Nornickel Harjavalta Oy, 2023)

3 LAROX-PAINESUODATIN

Larox on automaattisesti toimiva painesuodatin, joka on tarkoitettu nesteen ja kiintoaineen tehokkaaseen erotukseen. Liuottamalla Laroxeja käytetään kupari- ja rautasakan suodatukseen. Laroxin päätoimintavaiheita ovat suodatus, kalvopuristus, kakunpesu ja ilmakeiväys. Liuottamalla Larox painesuodattimia on 4 kappaletta: Larox 51, Larox 61, Larox 13 ja Larox 14.

Pääkokoonpanopiirustus



1. RUNKO
2. PERUSTUSLEVY
3. ALEMPI PAINELEVY
4. SUODATTIMEN LEVYPAKKA
5. PILARIT
6. YLEMPI PAINELEVY
7. YLÄRUNKO
8. KAKKUKOURU
9. KANKAANKIRISTYSLAITE
10. KANKAANKULJETUSMEKANISMI
11. HYDRAULIKONEIKKO
12. PUTKISTOT
13. SUOJAT
14. SUODATINKANGAS
15. PURISTUSVESIASEMA
16. OHJAUSPANEELI
17. VENTTIILIT
18. AVOIMEN PÄÄN KAKKUKOURU
19. KANKAAN OHJAUSLAITE
20. PNEUMATIikka
21. ASENNUSTUKI
22. HOITOTASO

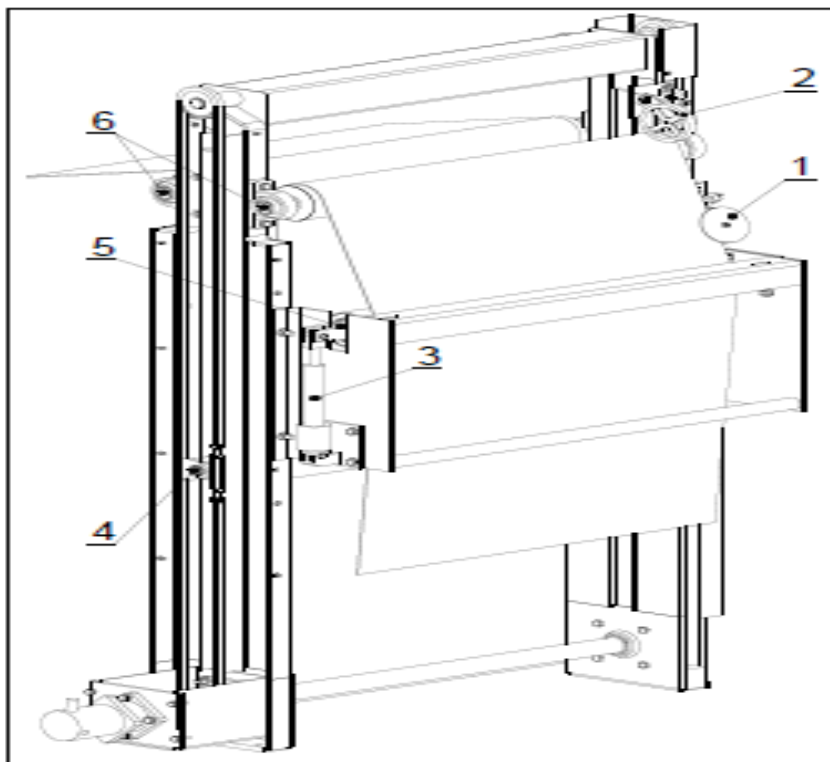
Kuva 4. Laroxin kokoonpanopiirustus. (Larox Oyj. 2011, s. 71)

3.1 Laroxin rakenne ja kuvaus

Laroxin levyt ovat vaakatasossa kahden puristuslevyn välissä. Suodatusvaiheessa levypakka puristetaan yhteen ja kakunpoiston alkaessa levypakka avataan. Levypakan sulkeminen ja aukaiseminen tapahtuu hydraulisyntereillä.

Laroxissa päätön suodatinkangas on pujotettu ristiin rastiin suodatinlevyjen väleihin, joka mahdollistaa suodatetun kakun muodostumisen kankaan jommallekummalle puolelle. Suodoksen puristuessa läpi kankaasta, se samalla imee ja poistaa kiinteitä materiaalihiukkasia, joita on jäänyt edellisistä suodatusvaiheista.

Kangas kuljettaa kakun pudotussuppiloihin, samalla kuin kangasta puhdistetaan korkeapainevesisuihkuilla. Kankaankuljetuslaite toimii hydraulikkamoottorilla. Laroxin levyjen avautuessa ja sulkeutuessa kangas täytyy pitää kireänä. Kankaankiristyslaite pitää kankaan kireyden halutulla tasolla. (Larox Oyj. 2011, s. 21)

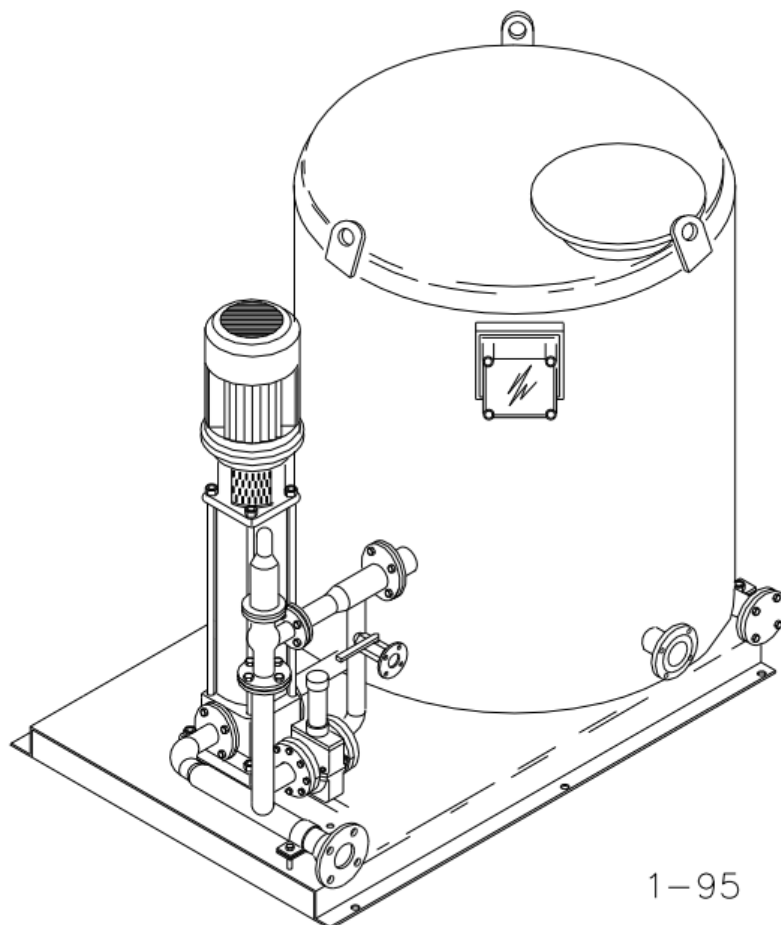


Kankaan kiristys- ja ohjausyksikkö
 1 Kankaan sivurajatunnistin
 2 Saumantunnistin
 3 Ohjaustelan hydraulisynteri
 4 Kankaan kiristystela
 5 Kankaan ohjaustela
 6 Ohjaustela

Kuva 5. Kankaankiristyslaite. (Larox Oyj. 2011, s. 60)

Liete syötetään suodatuskammioihin jakeluputken kautta, joka sijaitsee suodattimen syöttöpuolella. Laroxilla käytetyt pesuvedet ja paineilmat syötetään samaa putkea käyttäen. Jakeluputken tyhjennys onnistuu tyhjennysventtiilin avulla.

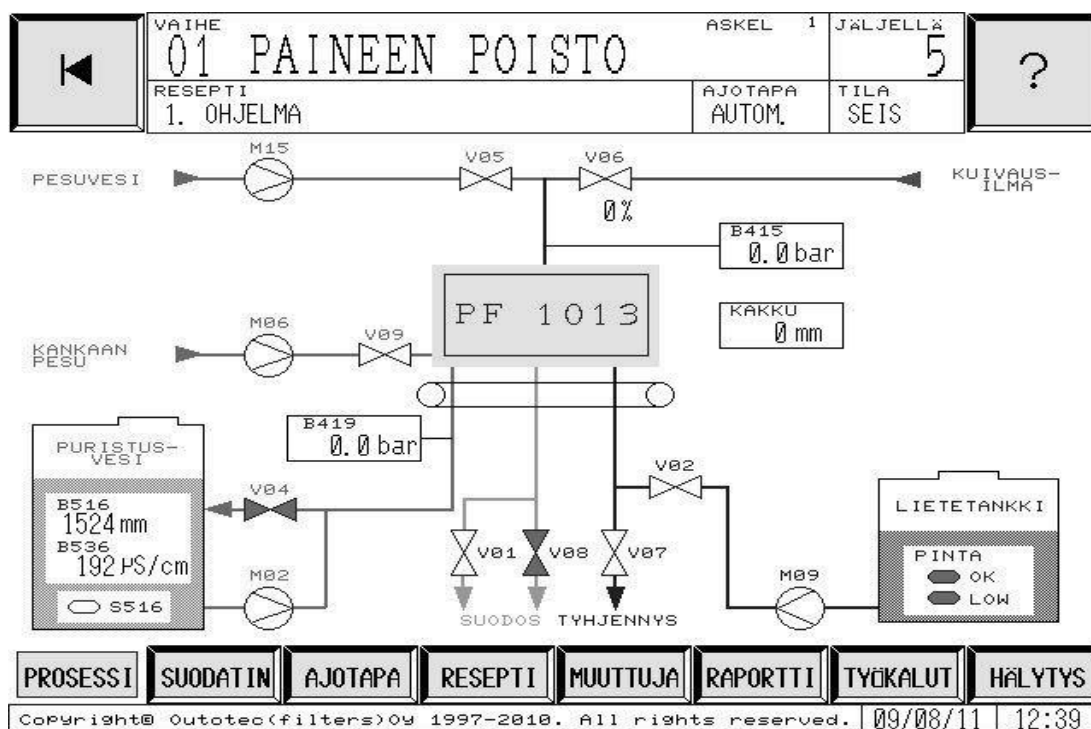
Laroxilla käytetty puristusvesi kehitetään monivaiheisen keskipakoispumpun avulla, jonka jälkeen se ajetaan kalvon ylle käyttäen vedenjakeluputkea. Vesi palaa takaisin painevesiasemalla puristusvaiheen päätyttyä, saman jakoputken kautta. (Larox Oyj. 2011, s. 21)



Kuva 6. Puristusvesiasema. (Larox Oyj. 2011, s. 62)

Laroxin toimintaa ohjataan automaattisesti ohjausyksikön avulla, joka sisältää logiikan, käyttöliittymän, kytkimet, painikkeet ja näytön. Näytön avulla säädetään

Laroxin asetuksia sekä voidaan valvoa ohjelmaa. Automaattisesti ohjautuvien venttiilien toimilaitteet ovat hydraulikäyttöisiä.



Kuva 7. Käyttöliittymä ja vuokaavio. (Larox Oyj. 2011, s. 87)

3.2 Laroxin ohjelmakuvaus

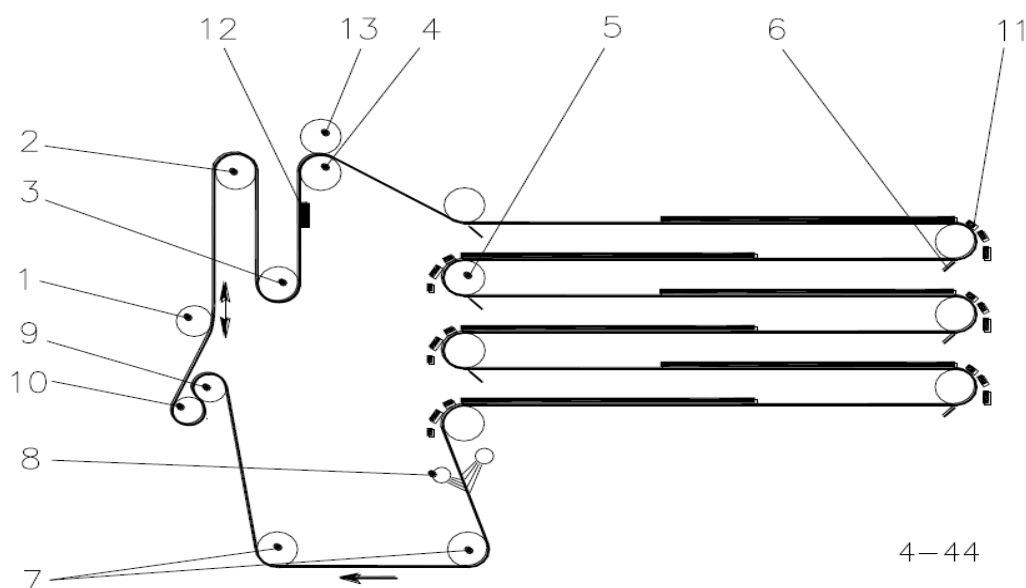
Turvallisuuden takia paineen poisto on aina ensimmäinen toimenpide, kun Laroxia käynnistetään. Paineen poiston aikana suodatinkammioon jäänyt paine vapautetaan, jotta levypakan avaus olisi turvallista. Vaihe on jaettu kahteen eri ajanjaksoon: ensimmäisessä eli päävaiheessa syöttöventtiilit suljetaan ja toisessa vaiheessa poistoputkiston tyhjennysventtiili avataan, jotta paine pääsee poistumaan.

Paineen poiston jälkeen levypakka voidaan avata tiivistyksestä ajamalla tiivistyssylinterit alaspäin, jonka jälkeen pikaliikesylinterit ajetaan myös alaspäin. Tämän avulla tapit voidaan vapauttaa pilarin rei'istä. Lukitustappien tapit siirtyvät ylempään levyyn, joka aukaisee lukituksen. Tämän jälkeen levypakka voidaan avata ajamalla pikaliikesylintereitä ylös, niin kauan kunnes levypakka on auki. Kangas alkaa kiristymään samalla, kun levypakka aukeaa. (Larox Oyj. 2011, s. 121)



Kuva 8. Levypakka auki asennossa.

Levypakan ollessa kokonaan auki, alkaa kakun poisto kankaankuljetusmoottorin käynnistymisellä ja kankaan pesuveden syöttöventtiilin aukaisulla. Kankaalle muodostunut sakkakakku poistetaan Laroxin molemmissa päissä oleviin kakkukouruihin, josta kakku jatkaa matkaansa kuljettimilla lavalle. Kankaan pyöriessä kangasta pestään korkeapainevesisuihkulla. Ensimmäisen levypituuden poistamisen jälkeen kankaan pyörimisnopeus nousee, jotta pesuaika lyhenisi.



1. KESKITYSTELA
2. KIRISTYSLAITTEEN TELA
3. KIRISTYSTELA
4. IMPULSSITELA
5. OHJAUSTELA
6. KAAVARI
7. KAUKALON TELA
8. KANKAAN PESUSUUTTIMIT
9. KÄYTTÖTELA
10. PURISTUSTELA
11. KAKKU
12. SAUMAN TUNNISTIN
13. KOODERI

Kuva 9. Kakun purkaminen. (Larox Oyj. 2011, s. 165)

Kakun poiston jälkeen clipper-sauma asetetaan levypakan ulkopuolelle hitaammalla nopeudella. Tämän jälkeen kankaankuljetusmoottori pysähtyy, jonka jälkeen Larox alkaa sulkemaan levypakkaa. Aluksi pikaliikesylinterit siirtyvät alaspäin, jonka jälkeen lukitustapit lukkiutuvat. Lopuksi levypakan tiivistys tapahtuu ajamalla tiivistyssylinterit ylöspäin, kunnes tiivistyspaine on riittävällä tasolla. Puristusveden poistiventtiili pidetään auki asennossa, jotta taataan puristusveden vapaa poistuminen, mikäli sitä on jäänyt kalvoihin.

Kun suodatinlevyt on suljettu ja todettu tiiviiksi, aloitetaan lietteen syöttö jakeluputkeen ja edelleen kuhunkin kammioon syöttökeräinten kautta. Puristusveden poistiventtiili pidetään auki, jotta edellisen jakson aikana kalvoihin mahdollisesti jäänyt puristusvesi pääsee poistumaan vapaasti. Suodos kulkee kankaan läpi suodospannuun ja poistuu kammioista suodosletkujen kautta suodospuolen putkeen ja ulos tyhjennysventtiilin kautta. Kakku alkaa muodostumaan kankaalle.

Suodatusvaiheen päätyttyä jakeluputki putsataan syöttämällä vettä putkeen kakunpesunesteen syöttöventtiilin kautta. Tätä ennen avataan poistoputken tyhjennysventtiili. Tämän jälkeen putsataan syöttöletkut avaamalla kakunpesunesteen syöttöventtiili, joka kuljettaa veden lietteen letkujen kautta suodatinkammioihin.

Letkujen ja putken pesun jälkeen alkaa puristusvaihe, jossa puristusvettä pumpataan puristusvesiputkiston ja letkujen kautta kumikalvojen yläpuolella sijaitsevaan tilaan. Kaikki neste mitä on jäljellä, pakotetaan kakun läpi ja pois suodattimesta. Tämän jälkeen kakku puristetaan nesteen poistamiseksi, jonka jälkeen kakku voidaan pestä.

Kakunpesussa pesuvettä ajetaan suodatinkammioon pesunesteen syöttöventtiilin kautta. Puristusveden pois pääsyn mahdollistamiseksi, puristusveden poistoventtiili pidetään auki. Pesuneste pesee kakun, jonka jälkeen se virtaa kankaan läpi suodospuolen putkeen.

Pesun jälkeen suodatinkammioon jäänyt pesuvesi puristetaan pois pumppaamalla puristusvettä kalvoille, toistaen siis puristusvaiheen uudelleen. Kun viimeinen puristus on ohi, tyhjennetään putkisto vedestä ja lietteestä avaamalla poistoputkiston tyhjennysventtiili.

Viimeisenä vaiheena on kakun ilmakeuhkaus, joka tapahtuu paineilmalla. Paineilma johdetaan jakeluputkistoon kuivausilman syöttöventtiilin kautta. Puristusveden poistoventtiili tulee pitää auki, sillä suodatinkammio on paineistettu. Tämä mahdollistaa puristusveden pääsyn pois. Ilmavirta kulkee kakun läpi ja poistaa kosteutta halutulle tasolle ja samalla tyhjentää suodatuskammion puristusvedestä. (Larox Oyj. 2011, s. 122)

4 KRIITTISYYSANALYYSI

PSK 6800 on kotimainen standardi, jota käytetään laitteiden kriittisyyskartoituksessa. Standardin mukaan kriittisyys on ominaisuus, joka kertoo kohteeseen liittyvän riskin suuruuden. Riskit voivat liittyä henkilöiden loukkaantumisiin, huomattaviin aineellisiin vahinkoihin, tuotannon menetykseen tai muihin seurauksiin, joita ei hyväksytä. Mitä suurempi riski, sitä suurempi vikaantumisen vaikutus ja sen todennäköisyys.

Siinä tapauksessa, kun kohteen riski ei ole hyväksyttävällä tasolla, on kohde kriittinen. Kriittisyyskartoitusta käytetään mm. Kunnossapitosuunnitelman lähtötiedon tuottamiseen tai hankivaiheen tukena, kun määritellään hankittavan kriittisen laitteen ominaisuuksia, laatutasoa ja vastaanottokriteerejä. Laitetason kriittisyyteen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. Turvallisuus- ja ympäristötekijät, tuotantovaikutukset sekä korjaus- ja seurauskustannukset. (Mikkonen ym., 2009, s. 148)

4.1 Kriittisyysarvioinnin tekeminen

Kriittisyysarvioinnin tekeminen alkaa tarkasteltavan alueen määrittelemisellä eli onko alueena koko tehdas, joku sen osasto tai joku vielä pienempi kokonaisuus. Tarkasteltavan alueen ollessa laaja, on syytä miettiä esimerkiksi osastokohtaista painoarvoa tuotannon menetykselle. Tällä tavoin voit ottaa huomioon osastojen väliset erot kriittisyyskertoimien määrittäessä. PSK 6800 –standardissa kriittisyyden arvioinnossa käytetään seuraavia tekijöitä:

- Vikaväli
- Turvallisuusvaikutukset
- Ympäristövaikutukset
- Tuotannon menetys
- Lopputuotteen laatukustannus
- Korjauskustannus

Käytetty yhtälö kriittisyysindeksin määrittämistä varten PSK 6800 –standardin mukaan:

$$K = p (W_s \times M_s + W_e \times M_e + W_p \times M_p + W_q \times M_q + W_r \times M_r)$$

- p = Vikaväli
- W_s = Turvallisuusriskien painoarvo
- M_s = Turvallisuusriskien kerroin
- W_e = Ympäristöriskien painoarvo
- M_e = Ympäristöriskien kerroin
- W_p = Tuotannon menetyksen painoarvo
- M_p = Tuotannonmenetyksen kerroin
- W_q = Laatukustannusten painoarvo
- M_q = Laatukustannusten kerroin
- W_r = Korjauskustannusten painoarvo
- M_r = Korjauskustannusten kerroin

(Mikkonen ym. 2009, s 148)

| Kohde | Painoarvo [W] | Vikaväli (p) | Kerroin [M] | Valintakriteeri |
|---------------------------------------|---|--|--|---|
| Turvallisuus- ja ympäristövaikutukset | Turvallisuusriskit $W_s = 30$ | 1 = Pitkä vikaantumisväli esimerkiksi yli 5 vuotta 2 = Pitkähkö vikaantumisväli esimerkiksi 2 – 5 vuotta 3 = Lyhyehkö vikaantumisväli esimerkiksi 0,5 – 2 vuotta 4 = Lyhyt vikaantumisväli esimerkiksi 0 – 0,5 vuotta | $M_s = 0$ | Ei turvallisuusriskejä |
| | | | $M_s = 2$ | Vähäinen turvallisuusriski |
| | | | $M_s = 4$ | Kohtalainen turvallisuusriski |
| | | | $M_s = 8$ | Merkittävä turvallisuusriski |
| | | | $M_s = 16$ | Vakava turvallisuusriski |
| | Ympäristöriskit $W_e = 20$ | | $M_e = 0$ | Ei ympäristöriskejä |
| | | | $M_e = 2$ | Vähäinen ympäristöriski |
| | | | $M_e = 4$ | Kohtalainen ympäristöriski |
| | | | $M_e = 8$ | Merkittävä ympäristöriski |
| | | | $M_e = 16$ | Vakava ympäristöriski |
| Tuotanto- ja laatuvaikutukset | Tuotannon menetykset $W_p = 0 \dots 100$ | $M_p = 0$ | Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosessille tai osastolle | |
| | | $M_p = 1$ | Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston hetkeksi (esimerkiksi ≤ 3 h) | |
| | | $M_p = 2$ | Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi (esimerkiksi ≤ 10 h) | |
| | | $M_p = 3$ | Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston merkittäväksi ajaksi (esimerkiksi 10 - 24 h) | |
| | | $M_p = 4$ | Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi (esimerkiksi >24 h) | |
| | Laatukustannus $W_q = 30$ | $M_q = 0$ | Laitteen toimimattomuus ei aiheuta lopputuotteen laatukustannuksia. | |
| | | $M_q = 1$ | Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 1 h) | |
| | | $M_q = 2$ | Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 3 h) | |
| | | $M_q = 3$ | Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 3-8 h) | |
| | | $M_q = 4$ | Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi >8 h) | |
| | | Korjaus- tai seurauksenkustannukset $W_r = 20$ | $M_r = 0$ | Korjauskustannuksilla tai seurauksenkustannuksilla ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin. |
| | | | $M_r = 1$ | Vähäiset korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat hetkellisistä tuotannonmenetyksistä (esimerkiksi ≤ 2 h) |
| | | | $M_r = 2$ | Keskinkertaiset korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetyksistä (esimerkiksi ≤ 10 h) |
| | | | $M_r = 3$ | Korkeat korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetyksistä (esimerkiksi 10-24 h) |
| | $M_r = 4$ | Korkeat korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetyksistä (esimerkiksi >24 h) | | |

Kuva 11. Laitetason kriittisyyden tekijät (Mikkonen ym. 2009, s. 149)

On hyvä huomioida, että painoarvot ovat vain suuntaa antavia. Painoarvojen arviointi on tärkeää, jotta huomataan, sopiiko kyseiset painoarvot omaan teollisuuden toimialaan vai onko niitä syytä muuttaa. Analyysin seuraavassa vaiheessa laitteet listataan taulukkoon, jolloin työryhmä yhdessä miettii sopivat kertoimet. Valinnat on hyvä suorittaa ryhmätyönä, koska silloin kaikkien eri ammattiryhmien edustajien osaaminen ja kokemus tulee huomioitua. Kerättyjen kertoimien ja muuttujien perusteella voidaan laskea kriittisyysindeksi, joka kertoo laitteiden kriittisyys suhteen toisiinsa. Tämän jälkeen tulokset järjestetään kriittisyysindeksin mukaiseen järjestykseen. Jos ja kun käytetyt parametrit on valittu oikein ja valinnassa on käytetty eri osa-alojen asiantuntijoita, on tulos yleensä luotettava. (Mikkonen ym. 2009, s. 150)

| Toimintopaikan tunnistus | Toimintopaikan nimitys | Vikaväli (1...8) | Turvallisuus (0...16) | Ympäristö 0...16 | Tuotannon menetys (0...4) | Loppu-tuotteen laatu-kustannus (0...4) | Korjaus-kustannus (0...4) | Kriittisyysindeksi |
|--------------------------|---|------------------|-----------------------|------------------|---------------------------|--|---------------------------|--------------------|
| | | Painoarvot W --> | 30 | 20 | 100 | 30 | 20 | K |
| KO-248 | 3.puristin ylatela | 3 | 8 | 0 | 3 | 2 | 3 | 1980 |
| KO-247 | 3.puristin alatela | 3 | 8 | 0 | 3 | 2 | 3 | 1980 |
| KO-250 | 2.kuivausryhmän käyttö | 3 | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1800 |
| KO-244 | 1.puristin ylatela | 3 | 4 | 0 | 3 | 2 | 3 | 1620 |
| KO-243 | 1.puristin alatela | 3 | 4 | 0 | 3 | 2 | 3 | 1620 |
| KO-242 | 2.puristin alatelan käyttö | 2 | 2 | 8 | 4 | 2 | 3 | 1480 |
| KO-241 | 2.puristin alatelan käyttö | 2 | 2 | 8 | 4 | 2 | 3 | 1480 |
| KO-239 | 1.puristin kkl alahuovan johtotelat 3 kpl | 3 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 1080 |
| KO-233 | 3.puristin kartonginjohteetela | 3 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 1080 |
| KO-210 | Viiran imutela | 2 | 4 | 2 | 3 | 3 | 3 | 1220 |
| KO-210 | Viiran imutelan käyttö | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 1000 |
| KO-238 | Puristin 1 alatelan käyttö | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 600 |
| KO-209 | Viiran vetotela | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 920 |
| KO-232 | Kk 1:n painesihti | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 560 |
| KO-204 | Rintatela | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 560 |
| KO-266 | 3.kuivausryhmän käyttö | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 560 |

Kuva 12. Esimerkki kriittisyysanalyysin tuloksista. (Mikkonen ym., 2009, s. 151)

5 KUNNOSSAPITO

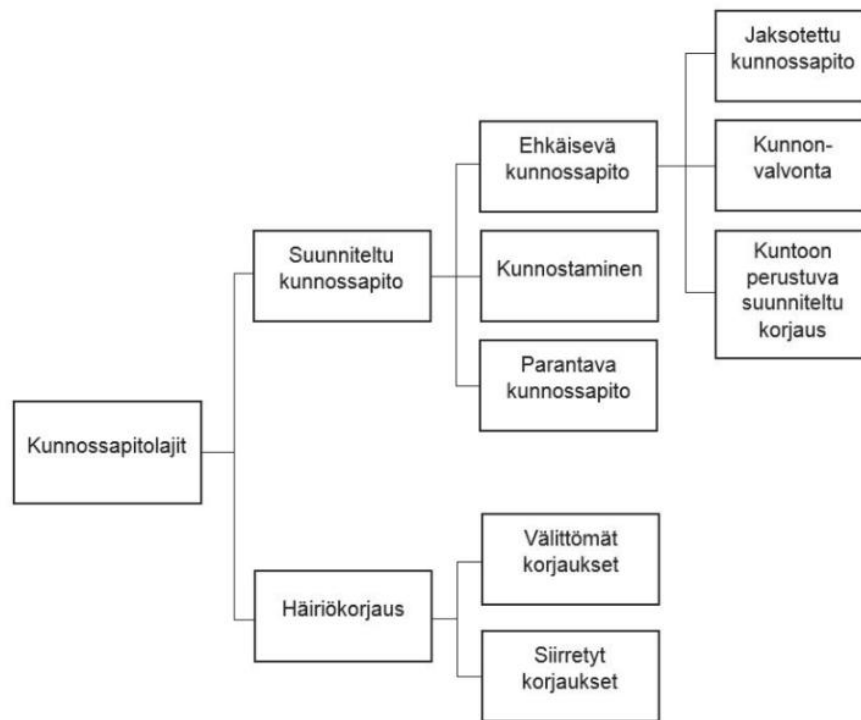
Nykyisen käsityksen mukaan kunnossapidon pääasiallinen tarkoitus on laitteiden pitäminen käyttökunnossa kaiken aikaa. Kunnossapitoon kuuluu silti edelleen vahingoittuneiden laitteiden tai komponenttien korjaus, mutta korjaustoiminta ei enää yksin ole kunnossapidon pääfunktio. Kunnossapitoa ei voi nykypäivänä enää pitää kustannuksena. Kunnossapito on tärkeä osa tuotantoa, joka varmistaa tuotantolaitoksen kilpailukyvyn pysymisen hyvänä. (Mikkonen ym. 2009, s. 25)

PSK 6201 –standardi määrittelee kunnossapidon seuraavasti:

“Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaissumma, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tiettyssä tilassa tai saattaa kohde tiettyyn tilaan, jossa se suorittaa vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana.” (Mikkonen ym. 2009, s. 26)

5.1 Kunnossapidon eri lajit

PSK 7501 – standardissa esitetty kaavio erilaisten kunnossapitolajien liittymisestä toisiinsa. Sen perusteella kunnossapito voidaan jakaa kahteen pääosaan, jotka ovat suunniteltu kunnossapito ja häiriökorjaus.



Kuva 13. Kunnossapitolajit (PSK 7501; Mikkonen ym. 2009, s. 96)

PSK 6201 –standardissa kunnossapitolajit on sanallisesti kuvattu alla olevan taulukon mukaisesti.

| Kunnossapitolaji | Kuvaus |
|--------------------------------|---|
| Ehkäisevä kunnossapito | Ehkäisevää kunnossapitoa tehdään säännöllisin välein tai asetettujen kriteerien täytyessä. Tavoite on vähentää rikkoontumisen mahdollisuutta tai toimintakyvyn heikkenemistä. |
| Aikataulutettu kunnossapito | Ehkäisevää kunnossapitoa, jossa tehtävien jaksottaminen perustuu aikatauluun tai työjaksojen lukumäärään |
| Jaksotettu kunnostaminen | Ehkäisevää kunnossapitoa, jaksotus perustuu kalenteriaikaan tai käytön määrään (työjaksojen lukumäärä). Koneen kunto ei vaikuta tehtäviin toimenpiteisiin. |
| Kuntoon perustuva kunnossapito | Ehkäisevää kunnossapitoa, jossa seurataan kohteen suorituskykyä tai suorituskyvyn parametreja ja toimitaan havaintojen mukaisesti. Seuranta voi olla aikataulutettua, jatkuvaa tai sitä tehdään tarpeen mukaan. |
| Ennakoiva kunnossapito | Kuntoon perustuva kunnossapito, joka perustuu niiden tekijöiden tarkkailuun ja analysointiin, jotka kuvaavat kohteen suorituskyvyn heikkenemistä. Joskus käytetään myös ennustava kunnossapito. |
| Korjaava kunnossapito | Korjaava kunnossapito, suoritetaan vikaantumisen havaitsemisen jälkeen. Tarkoitus on palauttaa toimintakunto. |
| Etäkunnossapito | Kauko-ohjattu kunnossapito, joka tehdään siten, että kunnossapitohenkilökunta ei ole suoraan tekemisissä kohteen kanssa. |
| Siirretty kunnossapito | Viivästetty korjaava kunnossapito, joka suoritetaan vikaantumisen havaitsemisen jälkeen viivästettynä (viive sovittujen ohjeiden mukaisesti). |
| Välitön kunnossapito | Välitön kunnossapito, suoritetaan heti vian havaitsemisen jälkeen, jotta vältetään hyväksymättömiltä seurauksilta. |
| Käynninaikainen kunnossapito | Käynninaikainen kunnossapito. |
| Lähikunnossapito | Paikan päällä tehtävä kunnossapito (samassa paikassa kuin kohde). |
| Käyttäjäkunnossapito | Koneen käyttäjän suorittama kunnossapito. |

Taulukko 1. Kunnossapitolajit (PSK 6201; Mikkonen ym. 2009, s. 97)

5.1.1 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevässä kunnossapidossa kohteen kuntoa ja suorituskykyä seurataan. Tavoitteena on vikaantumisen vähentyminen tai kohteen toimintakyvyn ylläpito. Ehkäisevä kunnossapito on joko säännöllistä tai sitten sitä tehdään tilanteen sitä vaatiessa. Saatujen tulosten avulla voidaan suunnitella kunnossapidon tehtäviä. Ehkäisevään kunnossapitoon sisältyy mm:

- Tarkastaminen
- Kunnonvalvonta
- Käynninvalvonta
- Toimintakunnon toteaminen
- Vikaantumistietojen analysointi

Ehkäisevää kunnossapitoa voi tehdä kohteen ollessa ajossa tai huoltoseisokin aikana. (Järviö. 2004, s. 40)

5.1.2 Korjaava kunnossapito

Korjaavalla kunnossapidolla tarkoitetaan vikaantuneen osan tai koneen palauttamista ajokuntoon. Korjaava kunnossapito on etenkin hyödyllistä osien ja komponenttien eliniän määrittämisessä. Elinikä on helppo laskea, jos jokin koneen osa hajoaa esimerkiksi vuoden välein. Korjaavaan kunnossapitoon voidaan sisällyttää häiriökorjaukset eli suunnittelemattomat kunnossapitotyöt tai kunnostukset eli suunniteltu kunnossapitotyö. Korjaavalla kunnossapidolla on eri toimia, kuten:

- Vian määrittäminen
- Vian tunnistaminen
- Vian paikallistaminen
- Korjaus
- Väliaikainen korjaus
- Toimintakunnon palauttaminen

(Järviö. 2004, s. 39)

5.1.3 Parantava kunnossapito

Parantava kunnossapito on mahdollista jakaa kolmeen eri ryhmään. Ensimmäisessä ryhmässä koneen rakennetta muutetaan vaihtamalla alkuperäisiä osia tai komponentteja uudempiin. Koneen suorituskykyyn ei kuitenkaan vaikuteta. Toinen ryhmä koostuu erilaisista uudelleensuunnitteluista, joiden avulla pyritään parantamaan kohteen luotettavuutta, eikä oikeastaan suorituskyvyn paraneminen. Kolmanteen ryhmään kuuluu modernisoinnit, joiden avulla koneen suorituskykyä pyritään parantamaan. Koneen modernisoinnin ohella yleensä myös valmistusprosessia uudistetaan.

(Järviö. 2004, s. 40)

6 KUNNONVALVONTA

Kunnonvalvonta on osa kunnossapitoa ja sillä on merkittävä vaikutus yrityksen kannattavuuteen. Yhä useampi yritys tiedostaa kunnonvalvonnan merkittävyyden. (Nohynek, Lumme. 2004, s. 11)



Kuva 14. Kunnonvalvonnan liityntöjä. (Nohynek, Lumme. 2004, s. 11)

6.1 Kunnonvalvonta tarpeen määrittäminen

Kunnonvalvonnan tarve määritetään erikseen jokaiselle laitteelle. Lähtökohta on, että mittaustuloksista on saatava luotettavaa ja sen hetkistä tietoa laitteen tilasta ja tilan kehityksestä, jotta laitteen vikoihin keritään reagoimaan tarpeeksi ajoissa. Kaikkiin laitteisiin ei välttämättä tarvita kunnonvalvontaa. (Mikkonen ym., 2009, s. 163)

Mittaustarve voidaan määrittää käyttäen hyödyksi PSK 5705 –standardia, jonka mukaan mittaustarpeeseen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi:

- Laitteen kriittisyys tuotannon kannalta
- Huollettavuus
- Kunnossapitokustannukset
- Varaosien saatavuus
- Luokse päästävyys
- Ympäristöolosuhteet
- Käyttöolosuhteet

- Häiriöherkkyys
- Pyörimisnopeus
- Laitteen rahallinen arvo
- Laitteen käyttöteho
- Turvallisuusmääräykset

(Nohynek, Lumme. 2004, s. 33)

6.2 Kunnonvalvonnan yleisimpiä menetelmiä

6.2.1 Värähtelymittaukset

Yleisin kunnonvalvonnan menetelmä on värähtelymittaus. On tärkeää, että värähtelymittausta käytetään oikein, sillä usein se on oikein käytettynä paras mittaussuunnitelma ennakoivalle kunnossapidolle. Väärin käytettynä se on vain ajantuhlausta. Värähtelymittausmenetelmät voi jakaa kahteen luokkaan:

- Yksinkertainen menetelmä koneen yleistärinän valvomiseen ja vierintälaakerien kunnonvalvontaan.
- Monimutkainen menetelmä koneen tärinän yksityiskohtaista valvontaa varten sekä laakerin kunnonvalvontaan.

Värähtelymittausmenetelmästä riippumatta tärkeintä on mittaustulosten huolellinen käsittely ja dokumentointi. Ilman selvää dokumentointia, ei vaurion kehittymistä pysty havaitsemaan ja mahdollisen vaurioitumisen ajankohta on vaikea ennustaa.

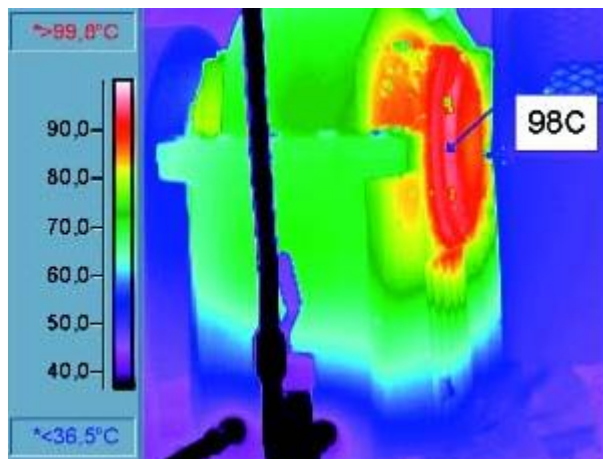
(Nohynek, Lumme. 2004, s. 19)

6.2.2 Lämpötilamittaukset

Lämpötilamittauksia käytettiin aikaisemmin hyvinkin usein laakereiden kunnonvalvontaan, vaikka ne eivät ole kovin hyviä havaitsemaan vierintälaakerivikoja alkuvaiheessa. Tästä huolimatta lämpötilan muuttuminen vikakohdassa on huomattavaa, joten lämpötilamittausten käyttäminen kunnonvalvonnan apuna on kannattavaa.

Yleisimpiä lämpötilan mittauslaitteita ovat infrapunamittalaitteet, infrapunakamerat ja erilaiset käsimittarit.

(Nohynek, Lumme. 2004, s. 20)



Kuva 15. Viallinen laakeri. (Lämpökamera. 2010)

6.2.3 Aistinvaraiset havainnot kunnonvalvonnassa

Kunnonvalvontaa on ennen suoritettu pääosin aistihavaintoja käyttäen, joita ovat mm. Laakereiden kuunteleminen ja tunnustelemalla lämpötiloja tai värähtelyä eri koneenosista. Nykyään mittausmenetelmät ovat korvanneet aistinvaraista kunnonvalvontaa, mutta aistinvaraista kunnonvalvontaa ei pidä silti unohtaa ja aliarvioida. (Mikkonen ym. 2009, s. 418)

Aistinvarainen kunnonvalvonta on edelleen tärkeä osa kunnonvalvontaa, vaikkakin aistinvarainen kunnonvalvonta vaatii tietystä määrin koneiden toimintatapojen tuntemista. Aistinvaraista kunnonvalvontaa tehdessä henkilökohtaisen tulkinnan ero saattaa kasvaa suuresti.

6.2.4 Öljyn kunnonvalvonta

Öljyn puhtauden seuranta on hyvin tärkeää, varsinkin kun automaatio lisääntyy. Öljyn epäpuhtaudet ovat syynä moniin ongelmiin, jotka esiintyvät prosessissa. Öljyn puhtautta seurattaessa pystytään usein välttämään laitteiden enneaikainen

rikkoutuminen, sillä öljyanalyysissa havaitaan yleensä kuluminen. Öljyanalyysi on kaiken lisäksi vielä hyvin halpa, vaikkakin tehokas kunnonvalvonnan työkalu. (YTM-Industrial, 2023)

Öljyanalyysin avulla halutaan selvittää järjestelmän– sekä öljyn kemiallista kuntoa. Järjestelmän kunto selviää, kun analysoidaan muun muassa epäpuhtauksien määrää, muotoa, väriä ja kokoa. Esimerkiksi jos öljyanalyysista löydetään kulumishiukkasia, jotka ovat pallonmallisia, epäillään yleensä mahdollista laakerivauriota. Öljyn kemiallinen kunto selviää, kun analysoidaan muun muassa öljyn viskositeettia, lisääineisuutta tai hapettumislukua ja verrataan niitä käyttämättömän öljyn arvoihin. Tämän lisäksi tarkkaillaan öljyssä mahdollisesti löytyviä kulumametalleja ja niiden määrää. (YTM-Industrial, 2023)

Öljyanalyysissa käytettyjä yleisimpiä mittaustapoja ovat mm. mikroskooppianalyysi, automaattinen hiukkaslaskuri, PMC puhtausanalyysointilaite sekä öljyn kunnonvalvontamittarit ja anturit. (YTM-Industrial, 2023)

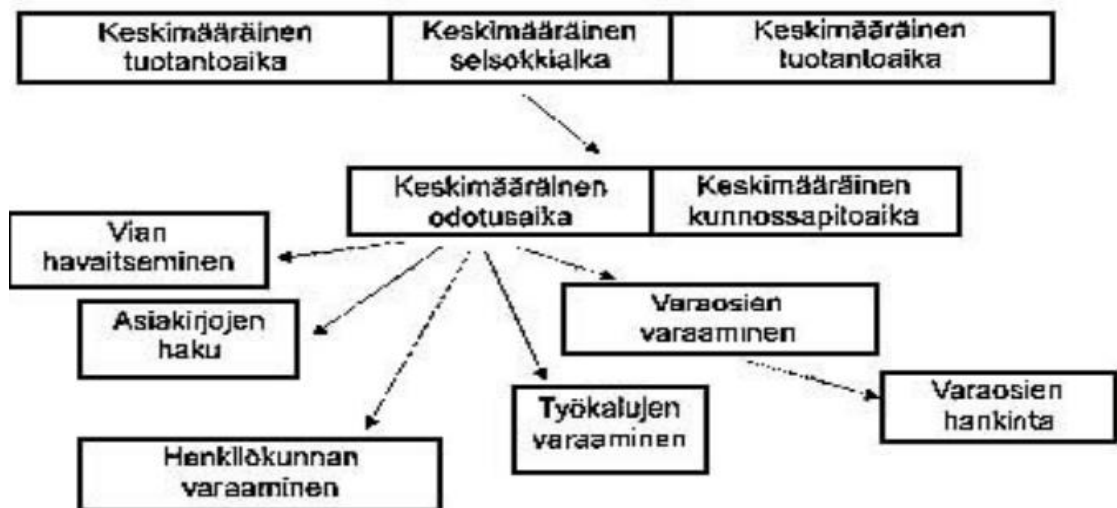
6.2.5 ODR

ODR tulee sanoista operator driven reliability. Kyseessä on käyttäjäkunnonvalvontajärjestelmä, joka pohjautuu periaatteessa siihen, että koneenkäyttäjät havaitsevat yleensä ensimmäisenä muutokset koneiden käyttäytymisessä. ODR-kierroksilla havainnoidaan laitteiden toimintaa aistinvaraisesti sekä värähtely- ja lämpötilamittausten avulla. Kierrokset ovat säännöllisiä, jolloin muutoksen laitteen käyttäytymisessä huomaa helpommin. ODR:n avulla tuotanto-osasto saadaan osaksi koneiden käytettävyysohjelmaa. (SKF, 2009)

Tärkeimpiä ODR:n tuomia hyötyjä ovat muun muassa ylläpito- ja korjauskustannusten pieneneminen, suunnittelemattomien seisakkien vähentyminen ja parantaa koneen käyttöominaisuuksia. (SKF, 2009)

6.3 Kunnonvalvonnan hyödyt

Kunnonvalvonnan avulla on mahdollista saada oleellista tietoa tehtaan investoinneille, kunnossapidolle ja tuotannolle. Kunnonvalvonnalla saavutettavia hyötyjä ovat mm. Kunnossapidon suunnitelmallisuus, mahdollisuudet parantaa tuotantoseisakkien hyödyntämistä ja kasvattaa tuottavuutta. Kunnonvalvonnan hyödyntäminen mahdollistaa seisakin odotusajan minimoinnin, koska seisakin toimenpiteet voidaan tehdä tuotantoajalla. Samalla kunnossapitoaika saadaan lyhennettyä, sillä viat eivät aina pääse kehittymään vaurioiksi, mikäli kunnonvalvonta on kunnossa. Tarvittavat kunnossapitotyöt voidaan myös suunnitella paremmin, kun viat ovat jo tiedossa. (Nohynek, Lumme. 2004, s. 11)



Kuva 16. Kunnonvalvonta lyhentää keskimääräistä seisokkiaikaa. (Nohynek, Lumme. 2004, s. 12)

Kunnonvalvontaa hyödyntäessä on mahdollista saada lisää tuotantoaikaa. Kunnonvalvonnalla pyritään siis koneiden oikea-aikaiseen kunnossapitoon, joka on vain, kun koneiden kunto vaatii kunnossapitoa. Muuttamalla toimintatapaa korjaavasta kunnossapidosta enemmän mittaavaan kunnossapitoon, voidaan kunnossapitokustannuksia ajaa alas. Monissa tapauksissa kunnossapitokustannuksia on saatu laskettua jopa yli 50 prosenttia. (Nohynek, Lumme. 2004, s. 12)

Ilman kunnonvalvontaa**Kunnonvalvonnan avulla**

Kuva 17. Kunnonvalvonnan hyödyt. (Nohynek, Lumme. 2004, s. 12)

7 TOTEUTUSVAIHE

7.1 Kriittisyysanalyysi

Larox painesuodattimien kriittisyysanalyysi tehtiin tuotannon ja kunnossapidon kanssa yhteisessä palaverissa. Palaverissa käytiin läpi Laroxien kriittisyysluokittelua. Palaveriin osallistui kunnossapidon puolelta kunnossapidon suunnittelija ja tehdaspalvelun puolelta käytettävyyssinsinööri. Kriittisyysanalyysissä käytettiin seuraavan taulukon mukaista laitepisteytyksen kriteeristöä, joka antaa painoarvon vaikutukselle prosessiin, laitteen häiriöherkkyydelle, laitteen huollettavuudelle ja ympäristövaikutuksille.

| Tekijä | Painoarvo | Kerroin | Kriteeri | Rajat |
|--|-----------|---------|--|---|
| Vaikutus prosessiin (laatu, määrä, turvallisuus) | 40 | 0 | Pysähtyminen ei vaikuta tuotantoon (vaikutus 0 %), eikä vaaranna turvallisuutta | Vasteaika > 3 vrk |
| | | 2 | Pysähtyminen aiheuttaa lyhyen seisokin, josta voi aiheutua vähäinen tuotannon menetys ja/tai vähäinen laadun heikkeneminen, tuotanto voidaan turvata todennetuin ja ohjeistetuin tilapäisjärjestelyin kaikissa olosuhteissa tai laite on kahdennettu | Vasteaika < 3 vrk |
| | | 4 | Pysähtymisen seurauksena aiheutuu merkittävä tuotannon menetys (< 30% tehtaan tuotannosta). Laitetta ei pysytä korvaamaan/ohittamaan tilapäisesti, ei varalaitetta. | Vasteaika < 16 h |
| | | 6 | Pysähtyminen erittäin kriittinen tehtaan tuotannon kannalta, aiheuttaa suuret tuotannonmenetykset (< 70% tehtaan tuotannosta). | Vasteaika < 8 h |
| | | 8 | Pysäyttää tehtaan tuotannon (70 - 100% tuotannosta) tai henkilöturvallisuus vaarantuu. | Vasteaika < 2 h, EHS-luokiteltu laite (ympäristölaite, turvalaite jne.) |
| Laitteen häiriöherkkyyks (ennakoimattoman vian esiintymistodennäköisyys) | 25 | 1 | Varmakäyntinen | Vikaväli yli 4 v |
| | | 2 | Vähäisiä häiriöitä | Vikaväli 1-4 v |
| | | 4 | Häiriöherkkä | Vikaväli 2 kk-1 v |
| | | 6 | Erittäin paljon häiriöitä | Vikaväli < 2 kk |
| Laitteen huollettavuus, luoksepäästävyys | 15 | 1 | Hyvä olosuhteet, huoltotoimenpiteet voidaan tehdä lattiatasolla. | Odotusaika 1 h |
| | | 2 | Hankalat olosuhteet (kuuma, kylmä, lika). Vaatii pesun ja/tai läähdytyksen. Voi vaatia telneet. | Odotusaika < 4 h |
| | | 4 | Erittäin hankalat olosuhteet (kuuma, märkä, lika), voidaan joutua kontaktiin vaarallisten aineiden kanssa. Vaatii tyhjennyksen, puhdistuksen. Vaatii telitöitä tai muita mittavia tilapäisjärjestelyjä korjauskohteelle pääsyn turvaamiseksi. | Odotusaika < 8 h |
| | | 6 | Laitteen huolto vaatii erittäin mittavat tilapäisjärjestelyt. | Odotusaika yli 8 h |
| Ympäristövaikutus | 20 | 0 | Ei päästöjä | Ei aiheudu päästöjä |
| | | 2 | Merkityksetön | Haittaa ainoastaan päästökohdassa |
| | | 4 | Pieniä päästöjä | Haittaa tehdasalueella |
| | | 8 | Huomattava päästö | Haittaa ympäristössä |
| | | 10 | Vakava päästö | Luparajan ylitys, vakava haitta ympäristössä |

Kuva 18. Kriittisyysluokittelun pisteystystaulukko. (Nornickel Harjavalta & Quant).

Kriittisyysanalyysissä käytetyt kriittisyysluokat ja vasteaikojen arvot:

| Tärkeysluokka | Kun kriittisyyspisteet | Vasteaika | Kun prosessi | Tai ympäristö |
|---------------|-------------------------------|-----------|--------------|---------------|
| 5 | Prosessi >8 tai ympäristö =>8 | A = 2 h | =8 | =10 |
| 4 | >259 | B = 6 h | =6 | =8 |
| 3 | >169 | C = 16 h | =4 | |
| 2 | >79 | D = 3vrk | =2 | |
| 1 | <79 | E > 3vrk | =0 | |

Taulukko 2. Kriittisyysluokat ja vasteajat.

Kriittisyysanalyysin tulokset:

| Kuvaus | Toimintopaikka | Tärkeysluokka | Vasteaika |
|----------|----------------|---------------|-----------|
| Larox 13 | E7306020173 | 3 | D |
| Larox 14 | E7306025150 | 3 | D |
| Larox 51 | E7314040110 | 4 | C |
| Larox 61 | E7314040120 | 4 | C |
| PS 14 | E7306025100 | 3 | D |
| PS 15 | E7306020110 | 3 | D |
| PS 63 | E7314040130 | 4 | C |
| PVA 13 | E7306020176 | 3 | D |
| PVA 14 | E7306025290 | 3 | D |
| PVA 51 | E7314040300 | 4 | C |
| PVA 61 | E7314040400 | 4 | C |

Taulukko 3. Kriittisyysanalyysin tulokset.

Tarkempi kriittisyysanalyysi löytyy liitteenä (Liite 1).

7.2 Ennakkohuollon nykytilan kartoitus

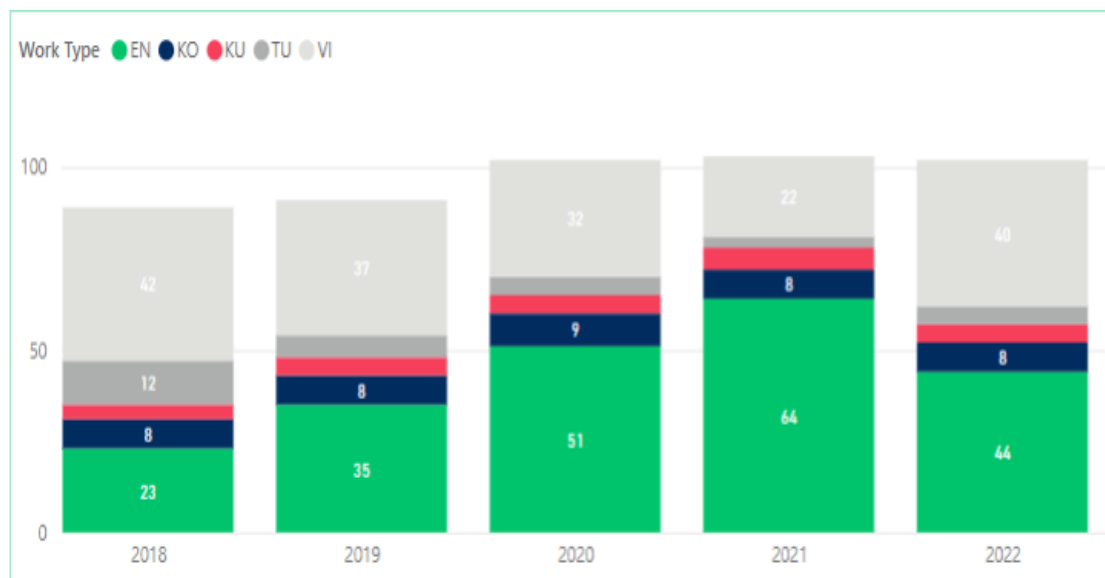
Larox painesuodattimiin tehdään säännöllistä viikoittaista ennakkohuoltoa. Tämän lisäksi on erikseen hydraulikkahuoltoa, sähköautomaationhuoltoa, voitelukierrosta sekä yksi suurempi vuoden välein tehtävä kunnontarkastus. Laroxeihin kohdistuvat ennakkohuollot ovat todettu hyvin tärkeiksi, eikä niitä jätetä tekemättä. Laroxeihin

tehtävät ennakkohuollot suorittavat Quant, pois lukien voitelukierrosta, jonka tekee SKF.

Ennakkohuoltojen toteumaa tarkasteltiin kunnossapitojärjestelmästä. Kunnossapitojärjestelmästä saatujen tietojen perusteella voidaan todeta, että ennakkohuollot on suoritettu lähes poikkeuksetta suunnitelman mukaisesti.

7.2.1 Ennakkohuoltojen ongelmat

Ennakkohuoltojen mahdollisia ongelmakohtia, sekä parannusehdotuksia lähdettiin selvittämään haastattelemalla ennakkohuoltoa tekevää kunnossapidon työntekijää, työnjohtoa sekä tarkastelemalla kunnossapitojärjestelmää. Kunnossapitojärjestelmästä löytyy listaukset jokaisesta tehdystä työstä jokaiseen Laroxiin. Näitä tarkastelemalla voidaan todeta, että jokaisessa Laroxissa on periaatteessa samat ongelmakohteet. Eniten työtilauksia vaatineet osa-alueet kaikissa Laroxeissa olivat hydraulikka, venttiilit sekä pakkaan kuuluvat osat, kuten kangas, taittotelat, tiivisteet ja kalvot. Näihin kohteisiin kiinnitettiin eniten huomiota uutta ennakkohuoltosuunnitelmaa tehdessä.



Kuva 19. Kuva Larox 61:n työtilausten määrät eri vuosina.

7.2.2 Ennakkohuoltosuunnitelma

Ennakkohuoltosuunnitelmaa päivitettiin puuttumalla jo huomattuihin puutteisiin tai ongelmakohtiin. Suurimpana muutoksena ennakkohuoltosuunnitelmaan on nyt sisällytetty kuukausihuolto tukemaan viikkohuoltoja, sekä viikkohuoltoon, hydraulikkahuoltoon ja vuositarkastukseen on lisätty uusia työvaiheita. Pohjana muutoksille käytettiin Laroxien käyttö- ja huolto-ohjetta.

Ennakkohuoltosuunnitelma käytiin vielä lopussa läpi käytön sekä kunnossapidon kanssa, jonka avulla saatiin vielä viilattua muutamaa yksityiskohtaa paremmaksi. Päivitetty ennakkohuoltosuunnitelma löytyy liitteenä (Liite 3).

7.3 Kunnonvalvonnan nykytila

Larox painesuodattimilla mittaavaa kunnonvalvontaa ei oikeastaan ole lainkaan tällä hetkellä, pois lukien öljyanalyysit. Laroxeille ei suoriteta esimerkiksi värähtely- tai lämpötilamittauksia. Pääosa Laroxin kunnonvalvonnasta tapahtuu käyttäjäkunnonvalvonnan muodossa. Prosessinhoitaja seuraa Laroxin toimintaa DNA:lta, kameroista sekä paikan päällä.

DNA:lta näkee Laroxin sen hetkisen tilan eli missä vaiheessa Laroxin suodatusohjelma on. DNA:lta näkee myös mm. puristusveden johtokykymittauksen, pesuveden paineen sekä syöttölinjan virtausmittauksen. DNA:lle tulee myös tieto, mikäli laitteessa tapahtuu häiriö. Häiriön sattuessa prosessinhoitaja jalkautuu kentälle selvittämään häiriön syytä.

Laroxilla käytetään myös kameroita käyttäjäkunnonvalvonnan helpottamiseen. Kameroiden avulla Laroxin toimintaa voi tarkastella ohjaamosta ja se auttaa havaitsemaan erilaisia vikoja Laroxin toiminnassa. Kameran avulla näkee helposti esimerkiksi, jos levypakan välistä ruiskuu vettä. Tämä helpottaa prosessinhoitajaa pysymään ajan tasalla Laroxin toiminnan tilasta. Kameroiden avulla ei näe kuitenkaan ihan joka paikkaan, jonka takia prosessinhoitajan tärkein kunnonvalvonta tapahtuu paikan päällä.

Laroxien päivittäinen kunnontarkkailu kuuluu prosessinhoitajan tehtäviin. Kunnontarkkailuun kuuluu esimerkiksi laitteen yleinen puhdistus, suodatinkankaan kunto, kaavareiden tarkastus, kankaan pesun toimivuuden tarkastus, levypakan levyjen liukupalojen kunnan tarkkailu, puristusvesisäiliön tarkastus, letkujen kunnan tarkastus, ohjelman toimivuus sekä telojen laakereiden kunto. Kunnontarkkailua varten on työohje, jonka prosessinhoitaja voi hakea M-Files sovelluksen kautta tietokoneelta.

7.3.1 Kunnanvalvonnan kehitysehdotukset

Käyttäjäkunnanvalvonnan kehittämiseksi ehdotan tehtäväksi seuraavanlaisia muutoksia:

Larox 13 ja 14 alueelta puuttuu kamera, jolla molemmat Laroxit näkisi ulkopuolisesti, tämän lisäksi Laroxeille olisi syytä asentaa lisäkameroita siten, että pudotussuppilot nähdään kameran kautta. Pudotussuppilot aiheuttavat päänvaivaa vaihtelevasti. Mikäli sakka on märkää, jää se helpommin suppiloihin jumiin. Suppiloihin kasaantunut sakka aiheuttaa suppilon tukkeutumisen, joka taas saattaa aiheuttaa erilaisia osien, kuten levyjen, kankaan tai kaavarien hajoamisia, jos tätä ei huomata ajoissa. Samalla kameralla olisi helppo nähdä, onko kangas ehjä. Tässä kamerasta olisi suuri apu kunnanvalvonnassa.

Päivittäistä käyttäjäkunnanvalvontaa, sekä Laroxien toiminnan seuranta tulisi helpottaa lisäämällä Laroxien reseptien seuranta DNA:lle. Tällä tavoin DNA:lta näkisi reseptiin tehtyjen säätöjen historian, jolloin reseptin muuttamisen vaikutuksia on helpompi seurata. Samalla DNA:lta olisi hyvä nähdä häiriölistaus, eli kun Laroxiin tulee häiriö, tulee DNA:lle tieto, mikä häiriö on kyseessä, samalla jättäen tiedon DNA:lle. Tällä tavoin on helppo seurata, mikäli jokin tietty häiriö toistuu useasti.

Yksi keskeinen ongelma Laroxeilla on kalvojen sekä tiivisteiden nopea kuluminen. Syötettävän liuoksen lämpötilan ollessa yli 60 asteista, voi se aiheuttaa kumimateriaalin haurastumista, koska kumiaineessa vaikuttaa voimakas vanhenemisilmiö yli 60 asteen lämpötiloissa. Tämä koskee puristusvesisäiliön veden

lämpötilaa sekä syötettävän liuoksen lämpötilaa. Voimakas kuluminen näkyy Laroxeilla tiivisteiden ja kalvojen kulumisena. Tällä hetkellä syöttöliuoksen lämpötilan säätö on ajoittain yli 60 asteen kohdalla ja puristusvesisäiliöissä ei ole lämpötilamittausta. Laskiessa syöttöliuoksen lämpötilaa, pitää se tehdä varoen, sillä liian kylmä syöttöliuos voi helposti kiteytyä ja sen suodatusominaisuudet muuttua. Ehdotan ratkaisuksi seuraavanlaista järjestelyä:

- Puristusvesiasemille 13, 14, 51 ja 61 lämpötilamittaus, jotta nähdään puristusveden todellinen lämpötila, sillä tällä hetkellä sitä ei tiedetä. Puristusvesisäiliöön syötetään makeaa vettä, mutta Laroxin läpi ajettu puristusvesi palaa kuumempaa takaisin, joten lämpötila säiliössä saattaa nousta liian korkeaksi. Tarvittaessa otetaan käyttöön jokin liuoksen jäähdytysmekanismi kuten lämmönvaihdin. Lämpötiloja voi täten seurata DNA:lta.
- Laroxien syöttösäiliö PS63 lämpötilanmittaukseen testijakso eli aletaan laskemaan lämpötilaa esimerkiksi 5 asteella ja samalla tarkkaillaan sakan laatua ja syöttöliuoksen laatua. Testijaksojen tulee olla pitkiä, jotta nähdään vaikuttaako se tiivisteiden ja kalvojen vaihtoväliin. Sopiva aikajakso voisi olla, vaikka vuosihuollosta vuosihuoltoon eli vuoden jaksoin.

Käyttäjäkunnonvalvontaa sekä vianetsintää kunnossapitäjille auttamaan on tehty yleisimmistä vioista listaus. Listalta löytää mahdollisia syitä häiriölle, sekä mahdollisia korjaavia toimenpiteitä. Tämä auttaa varsinkin kokemattomia prosessinhoitajia, sekä kunnossapitäjiä. Vianetsintä taulukko löytyy liitteenä (Liite 2).

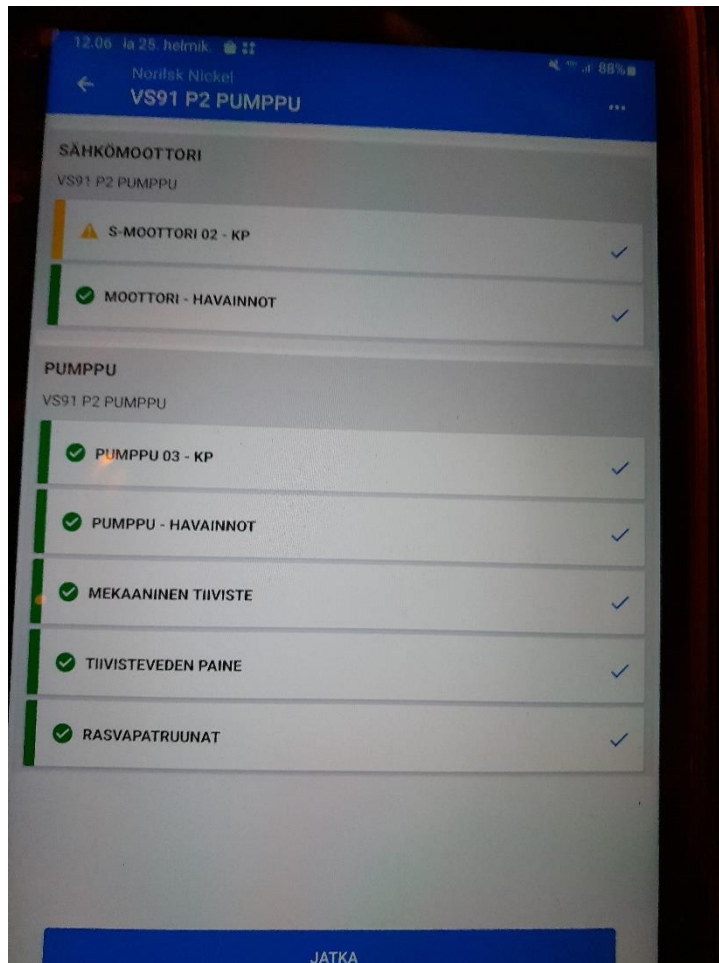
7.3.2 Mittaavan kunnonvalvonnan hyödyntäminen

Nornickel Harjavallassa on käytössä käyttäjäkunnossapitojärjestelmänä ODR, joka on SKF:n kehittämä. Nornickel vuokraa itse järjestelmää sekä siihen tarvittavaa laitteistoa SKF:ltä. Laitteistoon kuuluu tabletti, johon anturilla saadut tiedot kerätään. Anturilla mitataan laitteista lämpötilaa, nopeutta sekä värähtelyn verhoikihtyvyyttä.



Kuva 20. Mittausanturi.

Mittaukset suorittaa prosessinhoitaja, jotka raportoivat kierroksella havaitut poikkeavuudet työnjohdolle. Järjestelmä itse ilmoittaa, mikäli jokin mitattavista ominaisuuksista on kasvanut tai laskenut.



Kuva 21. Esimerkki kuva mittaustuloksista.

ODR toimintaa ei tällä hetkellä käytetä osana Laroxien kunnonvalvontaa. Ehdotan, että ODR mittauksia laajennetaan ainakin seuraaviin moottoreihin, sillä kyseiset moottorit ovat hyvin kriittisiä Laroxin toiminnalle ja hajotessaan pysäyttävät kyseisen Laroxin toiminnan kokonaan:

- LA13, 14, 51 ja 61 hydraulikkayksikön moottori
- PVA 13, 14, 51 ja 61 puristusvesipumpun moottori

Laroxien hydraulikka aiheuttaa suhteellisen paljon häiriökorjauksia vuositasona. Hydraulikan toiminnan keskiössä on hydraulikkaöljyn kunto. Nornickelillä öljyanalyysyjä tehdään joka toinen vuosi. Analyysien perusteella päätetään, vaatiiko öljyt suodatuksen vai vaihdon.

Valmistajan suositukset hydraulikkaöljyn analyysien tiheydestä poikkeavat tästä paljon. Valmistajan mukaan hydraulikkaöljyn analyysit ja vaihtoa pitäisi tehdä seuraavasti:

- Öljyn puhtautta ja vesipitoisuutta valvottava säännöllisesti 4kk välein.
- Samaa öljyä saa käyttää vain kolme vuotta.
- Puhtausluokan oltava jatkuvasti 16/13.
- Mikäli vesipitoisuus yli 500 ppm, öljy vaihdettava välittömästi.

Ehdotan, että siirrytään käyttämään valmistajan määrittämiä öljyanalyysiohjeita, jotta voidaan varmistaa hyvä hydraulikkaöljyn kunto ja täten saada helpotusta hydraulikan toimintaan.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Laroxien ennakkohuoltojen sekä kunnonvalvonnan nykytila ja ohjeistus. Opinnäytetyössä perehdyttiin Laroxien, kriittisyysanalyysin, kunnossapidon sekä kunnonvalvonnan teoriaan. Teorian sekä käytännön kokemuksen avulla saatiin hyvä pohja ennakkohuoltojen sekä kunnonvalvonnan kehittämiseksi. Kriittisyysanalyysi Laroxeille tehtiin yhdessä tuotannon sekä kunnossapidon kanssa. Ennakkohuoltosuunnitelman päivittäminen toteutettiin Laroxien käyttö- ja huolto-ohjeen avulla sekä hyödyntämällä käyttäjäkunnossapitojärjestelmästä saatuja tietoja Laroxien korjauksista. Eniten korjauksia vaatineisiin kohteisiin pyrittiin lisäämään ennakkohuoltoa.

Mittaavan kunnonvalvonnan kehitysehdotuksien pohjana käytettiin jo valmiiksi käytössä olevia menetelmiä, joita ovat ODR sekä öljyanalyysit. ODR:n käytön laajentamista ehdotettiin Laroxin kriittisiin pumppuihin, kun taas jo tehtyjen öljyanalyysien väliä ehdotettiin pudotettavaksi vuodesta neljään kuukauteen. Käyttäjäkunnonvalvontaa pyrittiin kehittämään muun muassa ehdottamalla kameroiden käytön lisäämistä, DNA:lta saadun tiedon laajentamista muun muassa Laroxien resepteihin ja häiriöihin liittyen sekä lisäämällä lämpötilamittareita puristusvesisäiliöihin. Vian etsintää pyrittiin helpottamaan laatimalla vianetsintä taulukko uusia sekä vanhoja käyttäjiä helpottamaan. Taulukosta selviää vian määritelmä, mahdolliset syyt vialle sekä korjaavat toimenpiteet.

Työssä perehdyttiin myös Laroxeihin syötettävien liuosten lämpötilan optimointiin kunnonvalvontaa ja ennakkohuoltoa ajatellen. Syötettävän liuoksen ja veden lämpötilaoptimoinnista ja tutkimisesta tehtiin kehitysehdotus, jonka ideana on parantaa Laroxien kumiosien, kuten kalvojen ja tiivisteiden käyttöikä ja täten tuoda helpotusta ennakkohuoltoihin.

LÄHTEET

Kauppalehti. (2021). Norilsk Nickel Harjavalta Oy. Haettu 30.1.2023 osoitteesta

<https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/norilsk+nickel+harjavalta+oy/1591728-4>

Nornickel Harjavalta Oy. (2023). Nikkelinjalostuksen maailmanluokan asiantuntija.

Haettu 30.1.2023 osoitteesta

<https://www.nornickel.fi/nornickel-harjavalta>

Nornickel. (2023). Company Profile. Haettu 30.1.2023 osoitteesta

<https://www.nornickel.com/company/profile/>

Nornickel Harjavalta Oy. (2023). Tuotantoprosessi. Haettu 1.2.2023 osoitteesta

<https://www.nornickel.fi/tuotteemme/tuotantoprosessi>

Mikkonen, H. Miettinen, J. Leinonen, P. Jantunen, E. Kokko, V. Riutta, E. Sulo, P. Komonen, K. Lumme, V E. Kautto, J. Heinonen, K. Lakka, S. & Mäkeläinen, R. (2009). Kuntoon perustuva kunnossapito: käsikirja. Rajamäki: KP-Media Oy.

Nohynek, P, Lumme, V E. (2004). Kunnonvalvonnan värähtelymittaukset. Rajamäki: KP-Media Oy.

Järviö, J. (2007). Kunnossapito: käsikirja. Rajamäki: KP-Media Oy.

Larox Oyj. (2011). Larox käyttö- ja huolto-ohjeet. Norilsk Nickel Harjavalta.

Lämpökamera. (2010). Opetushallitus. Haettu 3.3.2023 osoitteesta

http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_k5_lampokamera.htm

Öljyanalyysi ja öljyn kunnonvalvonta. YTM-Industrial verkkoaineisto. Haettu 30.3.2023 osoitteesta

<https://www.ytm.fi/oljyanalyysi-ja-oljyn-kunnonvalvonta>

Oy SKF Ab. (2009). Operator driven reliability from SKF. Haettu 31.3.2023 osoitteesta

https://www.skf.com/binaries/pub12/Images/0901d1968028fe78-ODR-for-Pulp-and-Paper_7032EN_tcm_12-125053.pdf

LIITTEET

Liite 1. Tarkempi kriittisyysanalyysi

Liite 2. Vianetsintä taulukko

Liite 3. Ennakkohuoltosuunnitelma

LIITE 1

| Kuvaus | Toimintopaikka | Tärkeysluokka | Vasteaika | Prosessi | Huollettavuus | Ympäristö | Kriittisyyspisteet | Riski |
|----------|----------------|---------------|-----------|----------|---------------|-----------|--------------------|-------|
| Larox 13 | E7306020173 | 3 | D | 2 | 4 | 2 | 180 | 330 |
| Larox 14 | E7306025150 | 3 | D | 2 | 4 | 2 | 180 | 330 |
| Larox 51 | E7314040110 | 4 | C | 4 | 4 | 2 | 260 | 410 |
| Larox 61 | E7314040120 | 4 | C | 4 | 4 | 2 | 260 | 410 |
| PS 14 | E7306025100 | 3 | D | 2 | 4 | 2 | 180 | 280 |
| PS 15 | E7306020110 | 3 | D | 2 | 4 | 2 | 180 | 280 |
| PS 63 | E7314040130 | 4 | C | 4 | 4 | 2 | 260 | 410 |
| PVA 13 | E7306020176 | 3 | D | 2 | 4 | 2 | 180 | 280 |
| PVA 14 | E7306025290 | 3 | D | 2 | 4 | 2 | 180 | 280 |
| PVA 51 | E7314040300 | 4 | C | 4 | 4 | 2 | 260 | 360 |
| PVA 61 | E7314040400 | 4 | C | 4 | 4 | 2 | 260 | 360 |