

Tero Korkeakoski  
KOBOLTTISULFAATIN KITEYTYKSEN EHS-SUUNNITELMA

Tekniikka ja merenkulku  
Hyvinvointiteknologian koulutusohjelma  
2014

## KOBOLTTISULFAATIN KITEYTYKSEN EHS-SUUNNITELMA

### TIIVISTELMÄ

Korkeakoski, Tero

Satakunnan Ammattikorkeakoulu

Hyvinvointiteknologian koulutusohjelma, ylempi AMK

Kesäkuu 2014

Ohjaajat Haataja, Rauli ja Karjala, Kalle

Sivumäärä: 61

Asiasanat: Kobolttisulfaatti, työturvallisuus, terveys

---

Norilsk Nickel Harjavalta Oy:n kemikaalitehtaalla aletaan valmistaa uutena tuotteena kobolttisulfaatti heptahydraattia ( $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ). Tehtaan käyttämät raaka-aineet sisältävät kobolttia sen verran että se kannattaa hyödyntää omassa tuotannossa. Aikaisemmin nikkelisulfaatin puhdistuksessa syntynyt kobolttisulfaatti on myyty liuoksena asiakkaalle.

Tämän työn tarkoitus on tehdä EHS – suunnitelma kobolttisulfaattituotannolle. Samassa yhteydessä laajennetaan myös nikkelisulfaatin tuotantoa, joten sitä on myös sivuttu työssä. EHS -suunnitelman lisäksi työhön on kuulunut työohjeiden kirjoittaminen ja päivittäminen sekä koulutusmateriaalin suunnitteleminen ja tuottaminen prosessinhoitajille.

Koska ohjeet ja koulutusmateriaali sisältävät paljon yksityiskohtaista tietoa prosessin ohjaamisesta ne on jätetty pois tämän työn julkisesta versiosta.

## EHS SURVEY FOR COSO<sub>4</sub> PRODUCTION LINE

### ABSTRACT

Korkeakoski, Tero

Satakunta University of applied sciences

Degree Programme in Welfare Technology, Master's degree

June 2014

Supervisors Haataja, Rauli and Karjala, Kalle

Number of pages: 61

Keywords: Cobalt sulphate, work safety, health

---

Norilsk Nickel Harjavalta Oy is starting a new cobalt sulphate heptahydrate (CoSO<sub>4</sub>\*7H<sub>2</sub>O) production line. The raw materials used in nickel plant contain enough of cobalt for utilizing it in own production. Earlier the cobalt sulphate extracted in the nickel sulphate purification process has been sold to a customer in solution form.

The aim for this study is to write EHS –plan for cobalt sulphate production. On the same time the nickel sulphate production is also expanded so the study also has some parts comprising both lines. Besides the EHS –plan the study also consisted of writing of the work instructions and preparing of the material for training of the other process controllers.

Because the instructions and education materials have lots of detailed information about process controlling they are excluded from the public version.

## SISÄLLYSLUETTELO

1 MMC NORILSK NICKEL .....	7
1.1 Yrityskuvaus .....	7
1.2 Prosessikuvaus.....	7
1.2.1 Liuotus.....	8
1.2.2 Uutto.....	9
1.2.3 Elektrolyysi .....	9
1.2.4 Pelkistämö.....	10
1.2.5 Kemikaalitehdas .....	10
2 KITEYTYKSEN TEORIAA.....	12
2.1 Kemia .....	12
2.2 Kiteytysprosessi.....	13
2.3 Draft-tube-baffle (DTB)-kiteytin .....	14
2.4 Kobolttisulfaatin valmistuksen laitteisto ja niiden toiminta.....	16
2.4.1 Ioninvaihto .....	16
2.4.2 Kiteytyksen laitteisto .....	18
2.4.3 Imukone ja pintalauhdutin .....	19
2.4.4 Kiteiden käsittelyn laitteisto.....	20
<b>3. TUTKIMUSMENETELMÄN ESITTELY .....</b>	<b>22</b>
3.1 Tutkimusmenetelmät.....	22
3.2 Tapaustutkimus.....	22
3.2.1 Teoriaa .....	22
3.3 Tiedonhankinta / dokumenttianalyysi .....	25
4. KOBOLTIN TUTKITUT VAIKUTUKSET TERVEYTEEN.....	26
4.1 Koboltti alkuaineena, käyttökohteet.....	26
4.1.1 Koboltti .....	26
4.1.2 Vähän Nikkelistä.....	26
4.2 Altistumisen teoria ja mahdollisuudet.....	27
4.3 Koboltin ja –sulfaatin terveysvaikutukset.....	27
4.4 Vertailua koboltti vs. Nikkeli .....	29
4.5 Raja-arvot .....	29
4.6 Altistumisen ehkäisy normaali käyttö vs. erikoistilanteet.....	30
4.6.1 Suojaimet.....	31
4.6.2 Ilmanvaihto (kohdepoistot).....	32

4.6.3 Näytteenoton turvallisuus.....	32
4.6.4 Pakkaamisen turvallisuus.....	33
5. TURVALLISUUSUUNNITTELU KOBOLTTITUOTANTOON JA NIKKELITUOTANNON LAAJENNUKSEEN .....	34
5.1 Laitteistojen käytön turvallisuuden tarkastelu.....	35
5.1.1 Hazop -poikkeamatarkastelu.....	35
5.1.2 Riskientarkastelu .....	36
5.2 Turvallisuuslukitukset.....	37
5.2.1 Kuumennuskierto .....	38
5.2.2 Höyryn ajo .....	38
5.2.3 Kuivaus leijupetikuivaimella.....	38
5.3 Normaali käyttö.....	39
5.4 Erikoistilanteet.....	39
5.5 Logistiikan turvallisuus.....	40
5.6 Koulutus ja perehdytys .....	44
5.7 Tietoturvallisuus.....	45
5.7.1 Tietosuoja.....	45
5.7.2 Tietoturva.....	45
6. YMPÄRISTÖNSUOJELU .....	47
6.1 Nikkelin ja koboltin ympäristövaikutukset .....	47
6.1.1 Raskasmetallit.....	47
6.1.2 Vaikutukset ilmassa ja vedessä .....	47
6.2 Maaperän pilaantuminen.....	48
6.3 Päästöjen ehkäisy .....	49
6.3.1 Kaasupesuri .....	49
6.3.2 Prosessivesien käsittely .....	51
6.4 Päästöjen tarkkailu .....	52
7. PROSESSINOHJAUS.....	53
7.1 Prosessinohjausjärjestelmä .....	53
7.2 Yhteydet maailmalle .....	54
7.3 Mittaukset ja säätöpiirit .....	55
7.4 Seuranta ja näytteenotto kentällä.....	55
8. OHJEIDEN PÄIVITYS.....	56
9. JOHTOPÄÄTÖKSET.....	57

9.1 Ympäristö ja työterveys .....	57
9.2 Turvallisuus.....	58
10. LÄHDELUETTELO.....	59

# 1 MMC NORILSK NICKEL



## 1.1 Yrityskuvaus

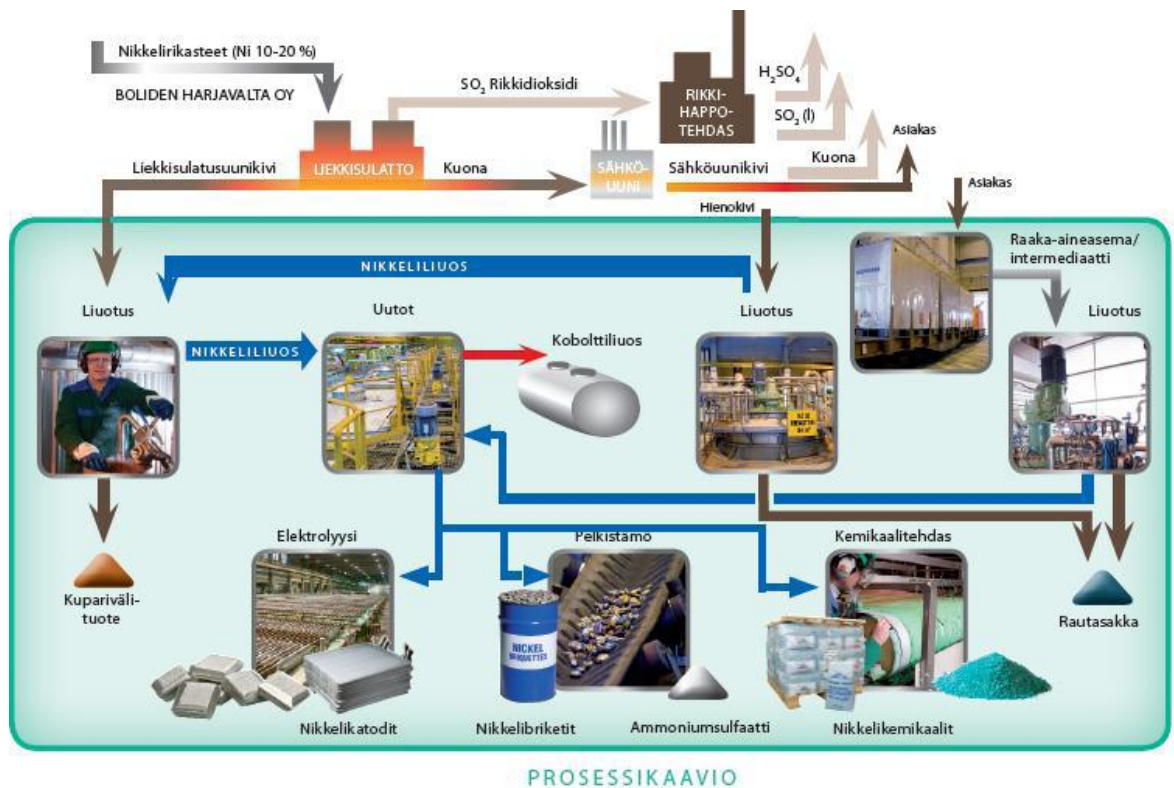
MMC Norilsk Nickel (ГМК Норильский никель) konserni on venäläisomisteinen metalliyhtiö. Nikkelin valmistajana se on maailman suurin. Yhtiöllä on metallinjalostusta kolmessa eri paikassa, kahdella venäläisellä paikkakunnalla ja Suomessa; Norilskissa Taimyrin niemimaalla, Montsegorskissa Kuolan niemimaalla sekä Harjavallassa. Kaivostoimintaa on Taimyrissä ja Kuolan Nikkelissä kokonaan omilla kaivoksilla sekä yhteis/osaomistusyriyksillä Australiassa, Afrikan Botswanassa ja Etelä-Afrikassa sekä Suomessa, Talvivaarassa. Konserni valmistaa myös kuparia ja kobolttia sekä yli kolmasosan maailmassa valmistetusta palladiumista (NNH Yritysesittely kalvosarja 2013)

Nikkelin valmistus Harjavallassa alkoi valtionyhtiö Outokummun toimesta 1960. Tuotanto laajentui tasaisesti alun muutaman tuhannen tonnin vuosituotannosta nykyiseen 66 000 nikkelitonnin maksimikapasiteettiin. Outokumpu päätti luopua nikkelin tuotannosta ennen vuosituhannen vaihdetta ja möi nikkeliyksikön Yhdysvaltalaiselle OM Group:lle vuonna 2000. MMC Norilsk Nickel osti nikkeliuotannon heiltä vuonna 2007.

## 1.2 Prosessikuvaus

Norilsk Nickel Harjavalta Oy:n (NNH:n) tehtaot käyttävät raaka-aineinaan nikkelihienokiveä. Se tuodaan Harjavaltaan joko rikasteena tai valmiiksi nikkeli-hienokivenä. Rikasteen sopimussulattaa Boliden Harjavalta Oy:n sulatto. Toinen raaka-aine on Talvivaarasta tuleva nikkelisulfidisakka. Sulaton prosessissa syntyy kahdenlaista hienokiveä: suoraan liekkisulatuksesta tuleva liekkisulatusuunin kivi, eli ns. LSU –kivi sekä liekkisulatusuunin kuonasta sähköuunista jalostettu sähköuunikivi (SU –kivi).

Seuraavassa kuvassa esitelty NNH:n tuotantoprosessi käsittää hienokiven liuotuksen, liuospuhdistuksen uuttamalla ja nikkelin valmistuksen joko elektrolyytisesti, vetypelkistyksellä tai nikkelikemikaaleja valmistamalla kemikaalitehtaalla.



Kuva 1 Norilsk Nickel Harjavalta Oy:n prosessikaavio

### 1.2.1 Liuotus

Liuottamolle tuleva hienokivi jauhetaan kuulamylyillä. Myllyjen jälkeen riittävän pieneksi jauhettu liete siirretään reaktoreille ensimmäiseen liuotusvaiheeseen. Tässä nikkeli liukenee ja kupari sementoituu sulfidiseksi sakaksi. Liuotus tapahtuu atmosfäärireaktoreissa rikkihapon ja hapen avulla. Tämän jälkeen erotetaan liuennut nikkelisulfaatti sakoista, jotka siirtyvät toiseen liuotusvaiheeseen. Toisessa vaiheessa liukenevat sekä nikkeli että kupari atmosfäärireaktoreissa. Seuraavissa liuotusvaiheissa liuotetaan nikkeliä autoklaaveissa (painesäiliö jossa korkean paineen ansiosta aine pysyy nestemäisenä vaikka lämpötila on yli kiehumispisteen) hapen tai typen avulla, jolloin saadaan mahdollisimman suuri osa nikkelistä liuotettua. Saostunut kuparisakka erotetaan ja kuljetetaan jatkojalostettavaksi.



Intermediaatti, eli Talvivaarasta tuleva nikkelisulfidisakka liuotetaan omassa liuotuspiirissään. Juna tuo sakan kuupissa pulppaamolle, jossa sakka pulpataan veteen ja siirretään omaan liuotuspiiriinsä. Liuotus tapahtuu paineistetussa autoklaavissa hapen avustuksella. Autoklaavin jälkeen vielä reaktoreissa neutraloidaan nikkelisulfaattiliuos kalkin ja hapen avustuksella, koska liuotus vapauttaa ylimäärin rikkihappoa. Reaktorien jälkeen erotetaan kiintoaineet sakeuttimella. Ylivuoto jatkaa Ca-uttoon ja pääosin rautayhdisteistä koostuva alite suodattetaan kuivaksi ja kuljetetaan läjitysalueille.

### 1.2.2 Uutto

Kalsiumuutossa erotetaan intermediaatin liuotuksessa liuenneita epäpuhtauksia, jotka sen jälkeen saostetaan sakaksi läjitystä varten. Uutosta saatava nikkelisulfaattiliuos siirretään kobolttiuuttoon.

Kobolttiuutossa jatketaan liuoksen puhdistamista entisestään. Uutossa erotetaan nikkelisulfaattiliuoksesta kaikki muut metallit mahdollisimman hyvin ja saadaan nikkelisulfaatin mukana liennut kobolttisulfaatti mahdollisimman hyvin talteen. Nikkelisulfaatti jatkaa uutosta uuttoaaineiden poiston läpi joko elektrolyysin tai pelkistämön syöttöön. Kobolttisulfaatti on aikaisemmin myyty liuoksena asiakkaille, mutta NNH investoi uuteen kobolttisulfaatin kiteytyslinjaan ja alkaa myydä sitä omana tuotteenaan.

### 1.2.3 Elektrolyysi

Elektrolyysin tarkoitus on valmistaa metallinen nikkeli sähkövirralla pelkistämällä. Sähkövirta kulkee anodilta katodille. Elektrolyysissä on ensin erikseen emälevyaltaat joissa tehdään titaanilevyjen päälle nikkelsiemenlevyt, joiden päälle tuotantoaltailla kasvatetaan katodinikkeli. Katodit leikataan ja pakataan eri laatuiksi tuotteiksi.

#### 1.2.4 Pelkistämö

Nikkelipelkistämöllä valmistetaan nikkelipulveria pelkistämällä nikkelisulfaattia autoklaaveissa vedyn avulla. Autoklaaveissa nikkeli pelkistyy ytimen ympärille useammassa (50-60) vaiheessa. Pelkistyksen jälkeen nikkelipulveri erotetaan ammoniumsulfaatista, kuivataan ja briketoidaan. Nikkelibriketit sintrataan tarvittaessa typen avulla hiilipitoisuuden alentamiseksi ja lujuuden kasvattamiseksi.

Pelkistyksen loppuliuksena syntyvästä ammoniumsulfaatista poistetaan vielä metallijäämät jonka jälkeen ammoniumsulfaatti kiteytetään ja myydään käytettäväksi lannoitetuotannossa.

#### 1.2.5 Kemikaalitehdas

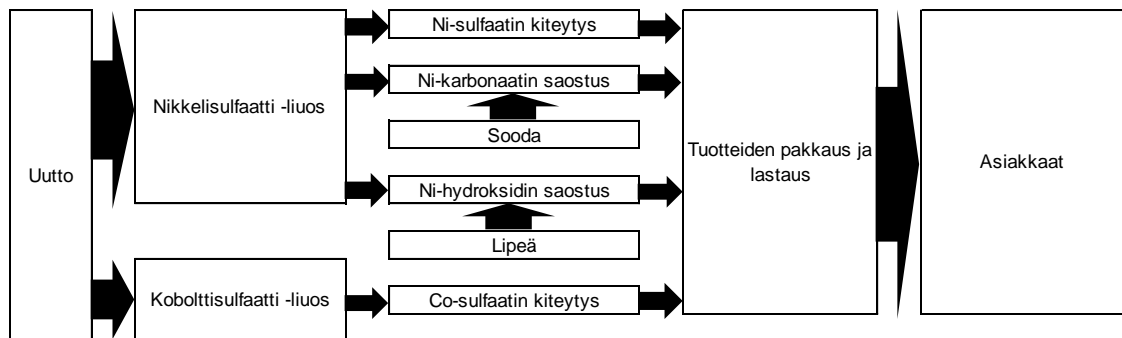
Kemikaalitehtaalla puhdistetusta nikkelisulfaattiliuoksesta valmistetaan nikkelisuoloja. Nikkelisulfaatin valmistamista varten on kaksi kiteytintä, joilla saadaan kiteytettyä kidevedellistä nikkelisulfaattia ( $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ). Pääosin toisella tehdään normaalilaatuista sulfaattia ja toisella vielä vähemmän epäpuhtauksia sisältävää ns. EN-laatua (= Electroless Nickel).

Nikkelihydroksikarbonaattia valmistetaan saostamalla nikkelisulfaattiliuosta natriumkarbonaatilla (soodalla). Näin saatu sakka suodatetaan ja siitä pestään epäpuhtaudet pois nauhasuotimella. Suodatuksen jälkeen liete voidaan jakaa kahteen erilliseen tuotantolinjaan, joissa valmistetaan joko kuivaa pulverimaista laatua tai granuloitua laatua, joka ei pölyä niin paljoa. Pulverilaadusta voidaan valmistaa lisäksi pastaa lisäämällä siihen vettä erillisessä sekoittimessa.

Nikkelihydroksidia valmistetaan saostamalla nikkelisulfaattiliuosta natriumhydroksidin (lipeän) avulla. Sakka myös suodatetaan ja pestään sekä kuivataan spraykuivaimella. Linjalla on mahdollisuus valmistaa kahta erilaista tuotetta; kemikaalilaatua, jossa kiderakenne on neulamainen tai ns. HD (High Density) – laatua jonka kiderakenne on pallomainen ja irtotiheys huomattavasti suurempi.

Tässä tutkimuksessa tarkemmin esiteltävä kobolttisulfaatin valmistusprosessi kuuluu myös kemikaalitehtaaseen.

Seuraavassa kaaviossa esitellään tarkemmin kemikaalitehtaan tuotantoa.



**Kuva 2 Kemikaalitehtaan tuotantokaavio**

Kemikaalitehtaaseen kuuluu myös vesienkäsittelyosasto, jonka tarkoitus on puhdistaa kemikaalitehtaan ja uuttojen prosessijätevedet. Vesistä saostetaan natriumhydroksidilla metallit ja kiintoaineet erotetaan sakeuttimessa ja hiekkasuodattimissa ennen kuin vedet ohjataan puhdistettuina Kokemäenjokeen.

Valmiiden tuotteiden pesuja varten valmistetaan demineralisoitua vettä ioninvaihtokolonneilla. Tämä vesi on lähes puhdasta H<sub>2</sub>O:ta ja huomattavasti puhtaampaa kuin vaikkapa tislattu vesi. Tällä saadaan pestyä nauhasuotimilta epäpuhtauksia mahdollisimman tehokkaasti pois.

Nikkelihydroksikarbonaatin valmistuksessa ja uutossa tarvittava natriumkarbonaattiliuos (soodaliuos) lietetään sooda-aseamalla ulkomaisista lähteistä tuodusta soodapulverista. Natriumhydroksidi (lipeä) tuodaan rekka-autoilla väkevänä ja laimennetaan käyttövahvuuteen vasta kemikaalitehtaan laimentamalla.

Pääasiassa kiteyttimien hönkien lauhdutukseen käytettävä jäähdytysvesi kulkee suljetussa kierrossa, jossa sitä jäähdytetään ilmalla jäähdytysvesitorneilla. Torneilla haihtuva vesi kompensoidaan lisäämällä raakavettä jäähdytysvesialtaaseen.

## 2 KITEYTYKSEN TEORIAA

### 2.1 Kemia

Kobolttisulfaatin yleisimmät esiintymismuodot ovat monohydraatti ( $\text{CoSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), heksahydraatti ( $\text{CoSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ja heptahydraatti ( $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ). Nämä kaikki ovat punertavia kiteitä. Liuosmuodossa kobolttisulfaatti on myös väriltään punaista. Kidevedetön kobolttisulfaatti on sinertävää. (Wikipedia). Rullamitan kanssa otetussa kuvassa myös kiteiden mittasuhteet erottuvat.



**Kuva 3 Kobolttisulfaatti heptahydraatti -kiteitä (10.2.2014)**

## 2.2 Kiteytysprosessi

Kiteytysprosessissa kasvatetaan kiteytettävän aineen konsentraatiota ylikylläiseksi, jotta kideytimiä alkaa muodostua. Itse kiteen kasvutapahtumalle on useita erilaisia teorioita. Liuos saadaan ylikylläiseksi haihduttamalla siitä vettä pois. Tämä tapahtuu nostamalla liuoksen lämpötilaa niin paljon että vesi alkaa haihtua. Suurin ylikylläisyysalue on lähellä kiteyttimen nestepintaa (Pajunen, pelkistämön koulutuskalvot). Kiteyttimessä on alipaine, joka aikaansaadaan imukoneen avulla. Tämä aiheuttaa sen että veden haihtuminen tapahtuu jo huomattavasti aikaisemmin kuin normaali veden höyrystymislämpötila on. Kiteyttimen liuosta kierrätetään lämmönvaihtimen läpi ja kuumennetaan höyryn avulla sekä sieltä poistetaan koko ajan kideslurryä (kiteiden ja emäliuoksen seosta). Se rajoittaa kiteen koon kasvamista, tarkoitus on poistaa valmiit kiteet pois ennen kuin niiden koko kasvaa liian suuriksi. Mitä enemmän slurryä poistetaan sen rajoittuneempaa kasvu on ja kiteet jäävät pieniksi. Kiteyttimestä poistetaan myös syntyneitä kideytimiä emäliuossäiliöön ja sulatetaan ne lämmönvaihtimessa takaisin, jotta kiteytyminen painottuu kiteen kasvuun.

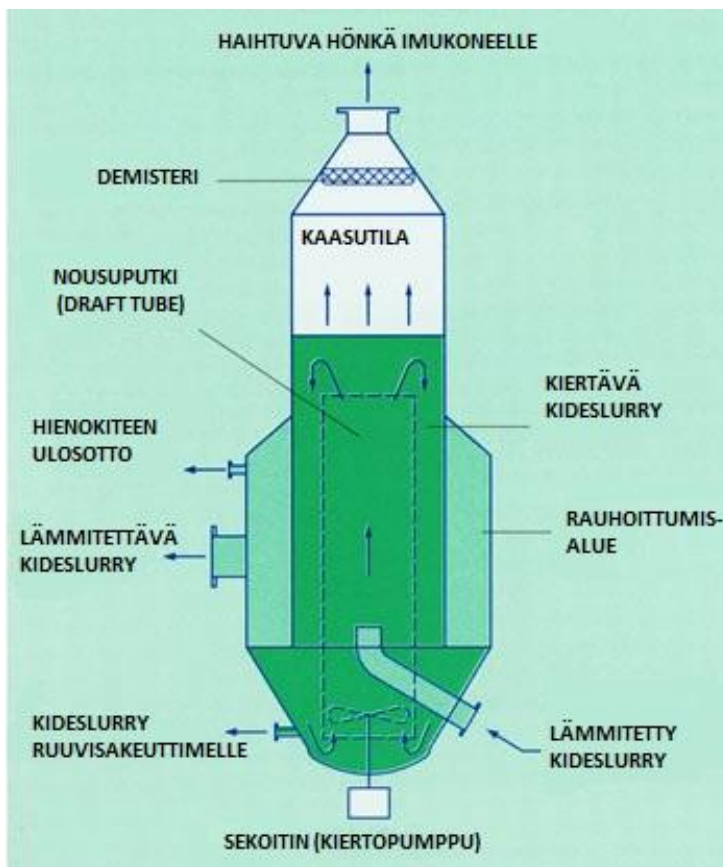
Kiteytymiseen vaikuttavia parametrejä on paljon, mm. kiteytyslämpötila ja kiteytykseen syötettävän emäliuoksen pH ja väkevyys. Eri aineilla vaikuttavat luonnollisesti eri asiat.

Kiteet erotetaan liuoksesta ruuvisakeuttimella, pestään mahdollisimman puhtaksi emäliuoksesta ja erotetaan pesuvesi linkoamalla. Lingolta kiteet menevät leijupetikuivaimelle, jossa fluidisaation ja lämmitetyn kuivausilman avulla ne kuivataan riittävän kuiviksi ja seulotaan kuivauksen jälkeen tuotekokoon (0,8-2mm). Tuotekokoiset kiteet siirretään putkikolakuljettimella pakkaamon siiloihin ja pakataan kulloisenkin pakkaustarpeen mukaisesti säkkeihin (suutinsäkit 20 tai 25kg) ja suursäkit (500-1000kg).

Kiteyttimestä haihtunut vesi jäähdytetään pintalauhduttimella takaisin nestemäiseksi ja käytetään ns. sekundäärilauhteena pesuihin ja muihin tilanteisiin, joissa ei tarvita ioninvaihdolla demineralisoitua vettä.

### 2.3 Draft-tube-baffle (DTB)-kiteytin

DTB –kiteytin on alipainekiteytin jossa on sisäinen liuoskierrätys. Keskellä kiteytintä on putki jonka pohjalla on sekoitin. Sekoitin on kiteyttimen sisäinen kierrätyspumppu joka kierrättää kidemassaa kiteyttimen sisällä, kuten seuraavassa kuvassa on esitetty. Kidemassa nousee putkea ylöspäin ja putoaa taas putken ulkopuolella alaspäin. Kiteyttimen ulkopinnoilla tapahtuu hydrostaattista erottamista, jossa suurimmat partikkelit vajoavat ja pienimmät kohoavat kohti pintaa.



**Kuva 4 DTB-kiteytin (GEA, [www.niroinc.com](http://www.niroinc.com))**

Kiteen ulosotto eli ns. slurrylinja on kiteyttimen alaosassa. Kiteyttimen sisään on rakennettu ns. rauhoitusalue, jossa kiteet luokittuvat. Mitä pienempi kide, sen paremmin se nousee ylöspäin. Rauhoitusalueen alaosasta kuumennuskierto lähtee pumpulle ja lämmönvaihtimeen. Yläosassa on kaasutila, johon on rakennettu yhde imukoneelta. Ennen imukoneen yhdettä kiteyttimessä on demisteri, jolla erotetaan haihtuvasta vesihöyrystä liuospisarat. Hienojakoisin kide nousee rauhoitusalueen yläosaan josta otetaan hienokiteen sulatuskierto lämmönvaihtimen kautta takaisin emäliuossäiliöön.

Kiteytys vaatii alipaineen, jotta haihtuminen tapahtuu alhaisessa lämpötilassa. Alipaine tehdään nesterengaspumpulla, eli imukoneella.

Kiteytin on koko kiteytysprosessin ydinlaite. Muut prosessin laitteistot toimivat vain apulaitteina kiteytysprosessin onnistumiseksi ja tuotekiteen käsittelyyn asiakaskelpoiseksi.

Normaalissa ajotilanteessa kiteyttimestä poistetaan koko ajan slurryä, josta erotetaan valmis tuotekide ruuvisakeuttimella. Emäliuos palautuu ruuvisakeuttimen ylitelinjaa pitkin takaisin emäliuossäiliöön, josta sitä otetaan uudelleen kiteyttimen täyttöön.

Kiteyttimen normaalissa ajossa kiteyttimeen (erityisesti rauhoitusalueelle) alkaa muodostua kasvettumia, eli kide kasvaa paikkoihin joista se ei lähde normaalisti pois. Tämä alkaa jossain vaiheessa vaikuttamaan kuumennuskierron virtaukseen pienentämällä sitä. Kuumennuskierto ja rauhoitusalue pitää tässä tapauksessa ns. minikeittä, eli kiteyttimestä poistetaan alipaine, jolloin lämpötila nousee ja kiteytymät liukenevat. Tämä aiheuttaa lyhyen, noin vuoron mittaisen tuotantokatkoksen.

Osa liuoksen epäpuhtauksista kumuloituu kiteytyspiiriin (kiteessä poistuu suurimmaksi osaksi ainoastaan nikkeli- tai kobolttisulfaatti). Tietyin määrävälein näitä epäpuhtauksia poistetaan keittämällä kiteytin ja suodattamalla liuosta erityisellä keittosuodattimella.

## 2.4 Kobolttisulfaatin valmistuksen laitteisto ja niiden toiminta

### 2.4.1 Ioninvaihto

#### Pumppusäiliö

Koboltin puhdistusuutosta pumpataan puhdistettu kobolttisulfaattiliuos kemikaalitehtaan pumppusäiliöön, josta se pumpataan ioninvaihdon läpi varastosäiliöön. Ioninvaihto tarkoittaa liuoksen anionien ja kationien vaihtamista kiinteään matriisiin sisältäviin anioneihin ja kationeihin.

#### Ioninvaihtokolonnit

Kobolttisulfaattiliuokselle joudutaan tekemään lopullinen liuospuhdistus ioninvaihtokolonniin avulla. Kolonneja on kolme kappaletta, joista ajossa on kerrallaan kaksi kappaletta sarjaan kytkettynä. Kun analyysin mitattu metallipitoisuus sarjan jälkimmäisen kolonnin jälkeen on kohonnut liian korkeaksi, otetaan pidempään ajossa ollut kolonni elvytykseen (regenerointiin) ja viimeksi elvytetty kolonni ajoon sarjan jälkimmäiseksi.

Hartsina on Lewatit TP207, joka on selektiiviseen metallikationien erotukseen liuoksista tarkoitettu hartsi. Hartsissa on kelatoivia aminodietikkahapporyhmiä jotka muodostavat metallikompleksin liuoksesta erotettavien metallien kanssa. Ioninvaihtokolonneissa adsorboidaan liuoksessa olevia metalli-ioneja hartsin pintaan. Lewatit TP207 –hartsilla kupari erottuu ensimmäisenä ja koboltti sitävas-  
toin ei pääsääntöisesti erotu ollenkaan (Bayer GMBH, Lewatit –hartsin esite). Metallikompleksien muodostumis-pH kuparille on 1,0 ja ohjeiden mukaan paras ioninvaihtokapasiteetti saavutetaan kun syötettävän liuoksen pH on noin kaksi yksikköä tämän ylitse.

#### Varastosäiliö

Kobolttisulfaatin varastosäiliö (100m<sup>3</sup>) sijaitsee liuossäiliöalueella tehtaan pihalla. Säiliö on eristetty ja varustettu sisäisellä vuotoaltaualla, josta tulee hälytys valvomoon. Säiliön päälle menevät tikkaat, jotta kansitasolle pääsee.



## Regenerointi

Hartsien toimintakyvyn heikennyttyä ne saadaan elvytettyä uudelleen toimiviksi rikkihapolla, joka liuottaa metallikompleksin. Hartseja pitää rikkihapon ajamisen jälkeen pestä demivedellä. Metallioneja sisältävä rikkihappoliuos pumpataan liuottamon prosessiin anolytin neutraloinnin kaasunpoistosäiliö PS3101:n kautta.

Regeneroinnissa tarvittava laimea rikkihappo pumpataan kemikaalitehtaalle Uutto-pelkistämön happolaimentamolta.

## 2.4.2 Kiteytyksen laitteisto

### Emäliuossäiliö

Kiteytyksen emäliuossäiliö on kiteytysprosessin syöttö-/kiertosäiliö. Puhdas koboltisulfaattiliuos pumpataan tähän säiliöön, johon kiertää kiteytyspiiristä myös kylläistä liuosta eri lähteistä sekä kiteiden käsittelystä liian pienet ja suuret kiteet. Liuoksen epäpuhtaudet kumuloituvat emäliuossäiliöön, joten sieltä on myös poistettava epäpuhdasta liuosta koko ajan, ettei tuotekiteen laatu heikkene epäpuhtaustason kasvaessa.

### Lämmönvaihtimet

Kiteyttimen kuumennuskierron lämmönvaihdin, joka on ns. primäärinen lämmönvaihdin (eli liuosta lämmitetään matalapainehöyryllä) on kiinteätuubinen putkilämmönvaihdin. Hienokiteiden sulatuslinjassa on toinen lämmönvaihdin joka on vaippaputkityyppiä (kaksoisputki). Tämän lämmönvaihtimen lämmitys tapahtuu primäärisen lämmönvaihtimen lauhteella.

### Slurryn ulosotto ja keittosuodatin

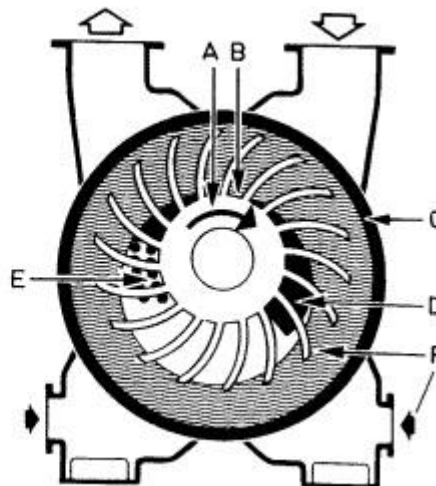
Kiteyttimestä poistetaan koko ajan kideslurryä, joka sisältää valmiita kiteitä ja emäliuosta ruuvisakeuttimelle. Slurrylinjaan on kytketty käsiventtiilien taakse keittosuodatin, jolla saadaan poistettua kiteyttimen keitossa sinne kertyviä epäpuhtauksia. Suodatin on kankainen tiivis sukka, johon epäpuhtaudet jäävät ja josta ne saadaan pestyä pois keiton loputtua.

### 2.4.3 Imukone ja pintalauhdutin

Kiteyttimeissä pitää olla alipaine, jotta vesi haihtuu liuoksesta matalassa lämpötilassa. Alipaine tehdään imukoneella. Imukoneen imulinja johtaa ensin pintalauhduttimeen joka ylläpitää alipainetta lauhduttamalla kiteyttimeessä muodostuneen hönkäkaasun. Hönkäkaasun tilavuus on suurempi kuin veden ja kaasun lauhtuessa tilavuus pienenee, jolloin syntyy alipaine. Itse lauhtuminen tapahtuu pintalauhduttimessa kiertävän jäähdytysveden avustuksella. Vesi lauhduttaa liuoksesta haihtuneen veden takaisin nestemäiseksi. Lauhteessa on mukana jonkin verran epäpuhtauksia, joten se ei ole soveltuvaa kaikenlaiseen käyttöön. Lattioiden pesuun ja kaasupesurilla se kuitenkin toimii erinomaisesti.

Kuvassa 5 esitetty imukone on nesterengaspumppu, jossa epäkeskinen siipipyörä pyörittää pesässä olevaa vettä. Siipipyörän pyöriessä vesi muodostaa pesän seinämälle renkaan jolloin siipipyörän alaosassa syntyy imettävälle kaasulle lokeroita siipien väliin. Yläosa on täynnä nestettä. Lokeroiden tilavuus pienenee poistoaukkoa lähestyttäessä ja kaasu saadaan siten puristettua pois, kun korkeammassa paineessa oleva ilma virtaa pumpusta ulos.

- A. EPÄKESKINEN SIIPIPYÖRÄ
- B. SIIPIEN VÄLI
- C. KUORI
- D. ILMAN SISÄÄNMENO
- E. ILMAN ULOSTULO
- F. NESTE(RENGAS)



**Kuva 5 Nesterengaspumpun toiminta**

Jäähdytysvesi laitoksella on sisäisessä kierrossa, eli tehtaalle pumpataan jäähdytysvesialtaalta vettä, joka lämmentyään tehtaan eri laitteistoissa palaa jäähdytysvesitornien läpi takaisin altaaseen. Torneissa vesi ohjataan pisaroiksi, jotka jäähtyvät vastakkaiseen suuntaan kulkevassa ilmavirrassa. Ilmavirta aikaansaadaan isoilla puhaltimilla.

#### 2.4.4 Kiteiden käsittelyn laitteisto

##### Ruuvisakeutin

Ruuvisakeutin on luokitin, jolla erotetaan slurrin sisältämä kide ja emäliuos toisistaan. Ruuvi nostaa kidettä ylös kohti pudotussuppiloa ja emäliuos palaa ruuvin ylivuotokaukalosta takaisin emäliuossäiliöön. Ruuvisakeuttimella voidaan käyttää myös erillistä seularuuviä, joka erottaa liian suuret kidekokkareet (irronneet kasvettumat) ja palauttaa ne emäliuoksen mukana. Lingon syöttöaukko saattaa mennä tukkoon liian suurista kokkareista.

##### Linko

Ruuvisakeuttimelta putoavaa kidevirtaa pestään demivedellä ja lingolla erotetaan vielä lisää nestettä (sekä emäliuosta että pesuvettä) kiteestä ennen leijupetikuivaimen ohjaamista. Mitä kuivempina kide saadaan kuivaimen se vähentää aina tarvittavan lämmitysilman määrää. Linko toimii keskipakovoiman avulla. Kidevirta syötetään pyörivään rumpuun, jonka aukoista neste pääsee läpi suodospuolelle, mutta kiteet jäävät rummun pintaan.

##### Leijupetikuivain

Leijupetikuivain on pitkänomainen kuivuri, johon puhalletaan sähkölämmittimillä lämmitettyä kuivausilmaa. Kiteet fluidisoituvat (ilmavirran aikaansaama partikkelien leijuminen ja kuivuminen ilmassa) kuivaimen arinan päällä alta puhallettavan ilman voiman voittaessa painovoiman. Fluidisaatio ja lämmitetty ilma kuivaavat kiteet. Kobolttisulfaattikuivaimella on havaittu että kuivauksessa käytettävää ilmavirtausta ei tarvitse edes lämmitellä vaan fluidisaatio riittää nikkelisulfaattikuivainta pienemmässä kidemäärässä kuivaamaan kiteet. (McCabe etc. kpl 7)

## Seula

Leijupetikuivaimen jälkeen on täryseula, jonka tarkoituksena on seuloa kiteestä liian hieno ja liian suuri aines pois, jotta kide on sopivan kokoista asiakkaille ilmoitettuihin vaihtelurajoihin. Seulan alite ja ylite palautetaan emäliuossäiliöön.

## Pussisuodatin

Leijupetikuivaimen kuivausilma johdetaan pussisuodattimen läpi pesurille. Pussisuodatin (toiselta nimeltään letkusuodatin) sisältää suodatinletkuja, joiden pintaan ilmasta erottuvat pölyt jäävät. Pöly saadaan näin poistettua kuivausilmasta ja palautettua takaisin emäliuossäiliöön liuotettavaksi ja käytettäväksi uudelleen kiteytyksessä. Kuivausilma puhalletaan pussisuodattimelta pesurin venturille.

## Putkikolakuljetin

Putkikolakuljetin kuljettaa valmiit tuotekiteet seualta tuotesiiloon. Kuljetin on yksinkertaisuudessaan putki jonka sisällä kulkee ketjulla yhdistettyjä levyjä. Kuljettimen yläpäässä oleva moottori pyörittää ketjua. Nämä levyt (lätkät) nostavat kiteet siiloon putken sisällä.

## Pakkauslaitteisto

Tuotesiilon jälkeen on enää tuotteen pakkaus. Pakkauslaitteistoilla pakataan tuotteita joko suursäkkiin (500-1000kg), suutinsäkkiin (nikkelisulfaatit, 20-25kg ja 35-42 säkkiä lavalla) tai avosäkkiin (kobolttisulfaatti, 20kg ja 36 säkkiä lavalla). Valmiit tuotepakkaukset käsitellään asiakkaan toivomuksen mukaisesti lähetyksuntoon ja siirretään trukilla tuotevarastoon odottamaan lastausta.

### 3. TUTKIMUSMENETELMÄN ESITTELY

#### 3.1 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelmät on perinteisesti jaettu määrällisiin (kvantitatiivisiin) ja laadullisiin (kvalitatiivisiin) menetelmiin. Tyypillinen määrällinen menetelmä on esimerkiksi lomakekysely. Määrälliset menetelmät soveltuvat hyvin kun halutaan selvittää vaikkapa jonkin oletuksen paikkansapitävyyttä. Kyselyn jälkeen todetaan pitivätkö hypoteesit paikkaansa. Määrällisiä menetelmiä käytettäessä tutkija ei ole tekemisissä tutkimuksen kohteiden kanssa eikä usein edes kohtaa tutkittavia. Laadullisiin menetelmiin kuuluvat taas esimerkiksi haastattelut. Laadullisia menetelmiä käytettäessä tutkittavia on olennaisesti vähemmän kuin määrällisessä tutkimuksessa, mutta luotettavaa aineistoa taas enemmän. Tämä johtuu esitettävien kysymysten laajuudesta.

#### 3.2 Tapaustutkimus

Tutkimusmenetelmäksi valikoitui tapaustutkimus, mutta myös konstruktiiivinen tutkimus olisi voinut olla mahdollinen. Ehkä suurin ero syntyy siinä että konstruktiiivisen tutkimuksen vaatimaa innovaatiota ei synnytetty vaan tarkoitus oli perustaa työ olemassa olevaan laitteistoon ja sille jo alunperin tehtyihin ohjeistuksiin. Pääasiallinen tiedonhankintatapa oli dokumenttianalyysi.

##### 3.2.1 Teoriaa

Tapaustutkimuksen lähtökohdat ovat tieteellisen tutkimuksen traditioissa. Kun tehtävänä on tuottaa kehittämissuhteita tai -ideoita tapaustutkimus soveltuu hyvin lähestymistavaksi. Tutkimuksen kohde, eli case voi olla esim. yritys tai sen osa, yrityksen tuote, palvelu, toiminta tai prosessi. Pyrkimys on siis tuottaa syvällistä ja yksityiskohtaista tietoa tutkittavasta tapauksesta. Näin tutkittava kehityskohde on mahdollista ymmärtää kokonaisvaltaisesti.

Tapaustutkimus on empiiristä (havaintoihin ja alkuperäisaineistoon perustuvaa) tutkimusta, jossa (Ritva Koskennurmi-Sivonen, tapaustutkimuksen määritelmä)

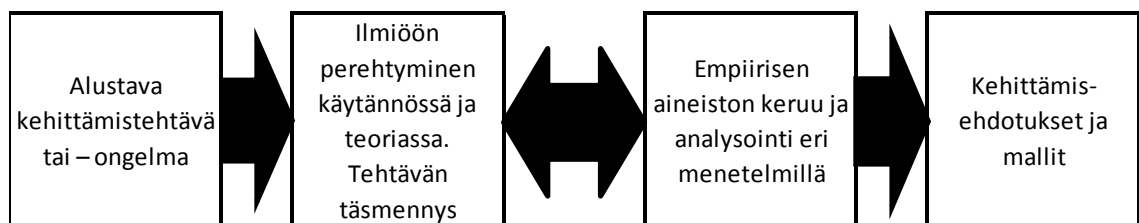
- tutkitaan nykyajan ilmiötä todellisen elämän tilanteessa,
- ilmiön ja sen kontekstin väliset rajat eivät ole selvät,
- käytetään useita erilaisia tietolähteitä ja datakokonaisuuksia

Tapaustutkimus vastaa usein kysymyksiin ”miten?” ja ”miksi?” ja siinä on tärkeämpää saada selville suppeasta kohteesta paljon asiaa kuin laveasta joukosta vähän. Tarkoituksena olisi tuottaa uutta tietoa kehittämisen tueksi.

Tapaustutkimuksessa tutkimuksen kohteita on yleensä vain yksi vaikka se voikin kohdistua useampaan kuin yhteen tapaukseen. Oleellista on että kohde ymmärretään tietyntyyppisenä kokonaisuutena; tapauksena.

Kehittämistyötä ei tarvitse aloittaa tyhjästä, vaan se perustuu aina olemassaoleviin aikaisempiin kokemuksiin. Kirjallisuuteen tutustuminen on samalla omaan lähestymistapaan tutustumista, kun omia ajatuksia verrataan muiden aikaansaannoksiin. Tärkeintä on löytää olemassa olevista asioista ne jotka ovat oman selvityksen kannalta olennaisia.

Kehittämisen kohteesta kiinnostunut ei yleensä ole ns. pystymetsästä vaan omaa jo itse jonkinlaista tietoa asiasta. Tämä mahdollistaa alustavan tehtävän määrittämisen hyvin. Tehtävä tarkentuu työn edistyessä. Joskus saattaa jopa käydä niin että osoittautuukin ettei itse alkuperäinen tehtävä olekaan tärkeä vaan kehittämisprosessia pitää muokata. Tämä on usein luonnollinen osa prosessia (Ojasalo, Moilanen, Ritalahti s. 54). Tapaustutkimuksen eri vaiheiden kulku on esitetty kuvassa 6 alla.



**Kuva 6 Tapaustutkimuksen vaiheet**

Tapaustudkimuksen tyypillinen piirre on se että kokonaiskuvan saamiseen käytetään monenlaisia menetelmiä. Tutkiminen on mahdollista sekä määrällisin että laadullisinkin menetelmin sekä edellä mainittuja yhdistelemällä. Tätä kutsutaan triangulaatioksi, jossa samaa ilmiötä mitataan kahdella tai useammalla erilaisella mittarilla. Tällöin voidaan joskus puhua myös monimetodologisesta tutkimuksesta. Aineistot kerätään esimerkiksi havainnoimalla tilanteita tai analysoimalla erilaisia kirjallisia aineistoja. Erilaisia haastatteluja saatetaan myös käyttää tiedonkeruumenetelminä. Myös mm. aivoriihityöskentely ja **benchmarking** (oman toiminnan vertailu parhaaseen mahdolliseen) soveltuvat tutkimusmenetelmiksi.

Diskurssianalyysi kohdistuu enemmän viestimiskäytäntöjen (esim. puhetaivat) tutkimiseen kuin sisältöjen analysointiin. Suurin huomio kiinnittyy siihen kuka viestii kenelle ja miten viestiminen tapahtuu. Mallinnus tapahtuu enemmän puhetaivoja tarkkailemalla kuin sisältöä seuraamalla. Diskurssianalyysiä käytetään paljon oikeus- ja yhteiskuntatieteiden parissa, koska se paljastaa päätöksentekotilanteiden kommunikaatiosta sanojen ja asiasisältöjen yläpuolelle nousevan piilevän viestirakenteen. Tämä helpottaa kokonaisuuksien hahmottamista. Kommunikaation tutkiminen on mahdollista myös varsinaisella kehysanalyysillä ja keskusteluanalyysillä. (Viestintätieteiden yliopistoverkosto -nettisivu)



### 3.3 Tiedonhankinta / dokumenttianalyysi

Dokumenttianalyysi on menetelmä jossa pyritään tekemään päätelmiä kirjalliseen muotoon saatetuista erityisesti verbaalisesta, **symbolisesta** tai **kommunikatiivisesta** aineistosta. Tarkastelun kohteina voi olla esim. tekstiksi muutetut haastattelut, www-sivut, artikkelit, muistiot, puheet, keskustelut, raportit ja muut kirjalliset materiaalit. Dokumentteihin voidaan lukea kaikki tutkittavasta asiasta puhuttu, kuvattu ja kirjoitettu materiaali. Joissain tapauksissa jopa esineistö (Ojasalo, Moilanen, Ritalahti s. 121). Tavoite on analysoida dokumentteja järjestelmällisesti ja luoda selkeä kuvaus tutkittavasta ja kehitettävästä asiasta. Sisältöä analysoimalla pyritään tiivistämään materiaali selkeäksi. Tehdään tavallaan satasivuisesta hajanaisesta paperipinosta tiivis paketti tietoa.

Dokumenttianalyysillä on kaksi keskeistä analyysitapaa: sisällön analysoiminen ja sisällön erittely. Sisällön erittelyä käytetään esimerkiksi tuottamaan kuvia analysoimalla dataa siitä miten monta kertaa tietty asia esiintyy kuvissa. Tai dataa avainsanojen esiintymisestä aineistossa. Sisällön analyysillä taas pyritään kuvaamaan dokumenttien sisältö sanallisesti, tekemään yleistyksiä ja päätelmiä aineistosta esiin nousevien seikkojen perusteella (Wikipedia, laadullinen tutkimus artikkeli).

Laadullisen tutkimuksen yleinen malli kuvaa hyvin dokumenttianalyysin päävaiheita. Kriittisen tarkastelun tavoite on tunnistaa ja korjata eri vaiheiden toteutuksessa ja tuloksissa mahdollisesti esiintyviä virheitä ja vääristymiä.

Aineiston valmistelun periaatteena on varmistaa että aineisto on selkeää ja sisällöltään valmista analysointiin. Yleensä tämä tarkoittaa aineiston digitalisoimista (skannaamista, kuvaamista).

## 4. KOBOLTIN TUTKITUT VAIKUTUKSET TERVEYTEEN.

### 4.1 Koboltti alkuaineena, käyttökohteet

#### 4.1.1 Koboltti

Koboltti on jaksollisessa järjestelmässä siirtymäryhmään kuuluva ferromagneettinen metalli. Se on järjestysluvultaan 27 ja sen moolimassa on 58,93 g/mol.

Kemikaalitehtaalla aloitettiin kobolttisulfaatti heptahydraatin kiteyttäminen, eli tekemään seitsemän kidevettä sisältävää kobolttisulfaattia,  $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Aine on väriltään punertavaa sekä liuoksessa että kiteisenä. Kobolttisulfaatti liukenee hyvin lämpimään veteen.

Metallista kobolttia käytetään mm. metalliseoksissa, akkujen ja magneettien valmistuksessa, säteilylähteissä ja kemiallisena katalyyttinä. Kobolttisulfaattia puolestaan käytetään akkujen valmistuksessa, magneettisten tallennuslaitteiden valmistuksessa ja rehujen valmistuksessa.

Koboltti on osa  $\text{B}_{12}$  –vitamiinia, syanokobalamiinia.

#### 4.1.2 Vähän Nikkelistä

Nikkeli on myös siirtymäryhmään kuuluva ferromagneettinen metalli. Järjestysluvultaan nikkeli on 28 ja moolimassaltaan 58,69 g/mol.

Metallista nikkeliä käytetään ruostumattoman teräksen valmistuksessa ja pinnoituksessa. Nikkelisuoloja käytetään elektroniikkateollisuudessa, keramiikkateollisuudessa, akkujen ja paristojen valmistuksessa sekä katalyytteinä.

Nikkeli ja koboltti ovat molemmat raskasmetalleja.

## 4.2 Altistumisen teoria ja mahdollisuudet

Merkittävä määrä koboltin kulkeutumisesta elimistöön tapahtuu hengityksen kautta. Ihon kautta tapahtuva altistuminen metalliselle koboltille on huomattavasti vähäisempää (Lison 2007). Jonkin verran kulkeutumista tapahtuu myös ruoansulatuskanavan kautta. Koboltin poistuminen elimistöstä tapahtuu pääasiallisesti virtsassa. Noin 10 % koboltista kertyy elimistöön. Työperäisesti koboltille altistuneet saavat altistuksensa pääasiassa työkalujen valmistuksessa ja kovametalliterien hionnassa syntyneestä pölystä. Työterveyslaitoksen tutkimuksessa ei ollut mukana Suomessa kobolttia valmistavaa teollisuutta (silloinen OMG Kokkola Chemicals), joka tekee tutkimuksensa itse.

Muita mahdollisia tapoja saada kobolttia elimistöön on saada se B<sub>12</sub> – vitamiinina ravinnon kautta. Ihminen tarvitsee elimistöössään B<sub>12</sub>-vitamiinia keskimäärin 1 µg vuorokaudessa, mikä on koboltiksi muutettuna 0,04 µg. Syövän hoitoon käytetään radioaktiivista koboltin isotooppia <sup>60</sup>Co ja hoitohenkilökunta voi tällöin altistua sille.

## 4.3 Koboltin ja –sulfaatin terveysvaikutukset

Eläinkokeissa sekä eläimillä että ihmisillä on dokumentoitu useissa tutkimuksissa koboltin aiheuttamaa allergiaa.

Rotilla ja hiirillä on myös havaittu hengitysteitse tapahtuneessa altistumisessa mm. hajuepiteelin rappeutumista ja levyepiteelin solumuutoksia. Rotilla on myös havaittu vakavaa keuhkojen laajentumaa kun hengitysteitse on annosteltu 500µg/rotta (Harding 1950). Suuri kerta-annostus (min. 10mg) aiheutti hamstereilla akuutin keuhkokuumeen.

Koboltin karsinogeenisyydestä on julkaistu useita yhteenvetoja. Eläinkokeissa on todettu kobolttisulfaatin aiheuttavan keuhko- ja lisämunuaiskasvaimia naarasrotilla (Bucher, Hailey 1999).

Urospuolisilla hiirillä ja rotilla on havaittu merkittävää siemennesteen heikentymistä ja kivesmuutoksia. Naarasrotilla taas havaittiin sikiömuutoksia ja lisääntynyttä kuolleisuutta, mutta kaneilla edes 200mg/kg annoksella ei ollut epämuodostumia aiheuttavaa vaikutusta (Szakmary, Ungvary 2001).

Työperäisessä altistumisessa koboltin on todettu aiheuttavan astmaa, allergista nuhaa ja kosketusihottumaa. Astmaa on havaittu tulevan jo melko pienille pitoisuuksille (alle  $0,05\text{mg}/\text{m}^3$ ) altistuneille. Suomessa tehdyissä tutkimuksissa on kovametalliteollisuudessa havaittu metalliselle kobolttipölylle altistuneilla ihmisillä korkeampi (noin 4,1 -kertainen – Roto 1980) riski sairastua astmaan.

Keuhkoihin kertyvä kovametallipöly voi aiheuttaa myös pölykeuhkosairauden.

Kokkolan kobolttitehtaan työntekijöille tehdyssä kardiologisessa tutkimuksessa (Linna, Oksa ym 2004) havaittiin että altistuneiden ihmisten sydämen rytmihäiriöt ovat lisääntyneet tilastoissa merkitsevästi ja jonkinasteisia muutoksia on sydämen kaikututkimusten perusteella kun altistuminen on ollut yli  $0,05\text{mg}/\text{m}^3$ . Sydänlihaksen elastisuus ei ollut muuttunut vaikka juuri sellaisen epäilyn takia kyseinen tutkimus tehtiin.

Useissa eri tutkimuksissa on havaittu kohonnutta keuhkosityöpäkuolleisuutta metalliselle koboltille ja kobolttiyhdisteille altistuneille. Kobolttiyhdisteiden kohdalla kuitenkin tupakkaa ei ole voitu laskea pois syövän aiheuttajista (tupakansavussa on kobolttiyhdisteitä). Koboltti ja sen yhdisteet onkin luokiteltu mahdollisesti syöpää aiheuttavaksi aineeksi, luokka 2B (WHO/IARC 1991)

Työperäisen altistumisen jälkeen koboltti poistuu nopeasti virtsaan, tosin kobolttioksidin oletetaan kertyvän virtsan sijaan keuhkoihin. Kobolttipitoisuus mitataan virtsasta ICP-MS -laboratoriomenetelmää käyttäen. Tuloksen luotettavuuden kannalta näytteenoton oikea ajankohta suositellaan olevan työvuoron loputtua työviikon loppupuolella.

Altistumattomien henkilöiden viitearvo on ollut 80-luvun tutkimuksissa määritelty 40nmol/l. Työterveyslaitoksen henkilökunnalta kerättyjen näytteiden perusteella normaaliarvoksi saatiin 25nmol/l vuonna 2011. Normaaliarvo sijoittuu viitearvojen skaalan sisään. Viitearvo määritellään tutkimalla joukko terveitä ihmisiä ja laskemalla tulos niin että 95 % tuloksista mahtuu tietylle välille.

Virtsan kobolttipitoisuudesta saadaan normaalisti vertailtua suoraan hengitysilman kobolttipitoisuutta. 0,02mg/m<sup>3</sup> vastaa pitoisuutta 225nmol/l ja 0,01mg/m<sup>3</sup> vastaa 62nmol/l (metallinen) ja 397nmol/l (suolat). (Työterveyslaitos. Perustelumuistio koboltin toimenpideraja-arvoille s.8)

Veren kobolttipitoisuuden on havaittu korreloivan virtsan ja ilman kobolttipitoisuuden kanssa (Alexandersson, Lidums 1979), mutta sen analysoiminen on huomattavasti hankalampaa virtsanäytteeseen verrattuna.

#### 4.4 Vertailua koboltti vs. Nikkeli

Nikkelin on raportoitu olevan yleisin kosketusihottuman aiheuttaja. Venäläisessä tutkimuksessa on tutkittu nikkelin vaikutusta raskaana olevien naisten sikiöille altistumistasolla 0,2 mg/m<sup>3</sup>. Epämuodostumien määrä syntyneillä oli 17 % kun verrokiryhmällä se oli vain 6 %. Tutkimuksen (Chashschin ym. 1994) raportointi oli kuitenkin TTL:n mukaan puutteellista. Koboltille ei vastaavaa ole tutkittu. Kobolttiallergian kehittyminen nikkeliallergiasta kärsiville on todettu 20 kertaa todennäköisemmäksi kuin nikkelille altistumattomille (Työterveyslaitos, kemikaalit ja työ s.77)

#### 4.5 Raja-arvot

Koboltin ja sen yhdisteiden HTP –pitoisuus on 0,02 mg/m<sup>3</sup> ilmaa kahdeksan tunnin aikapainotteisena keskiarvopitoisuutena. Paineita rajan laskemiselle on, koska Ruotsissa ja Tanskassa raja on vain 0,01 mg/m<sup>3</sup>.

Nikkelin HTP arvo on sekä metalliselle nikkelille että metalliyhdisteille 0,01 mg/m<sup>3</sup>. Virtsan raja-arvot ovat 0,1 µmol Ni litrassa virtsaa altistuttaessa metalli-

selle ja liukenemattomalle nikkelimelle ja 0,2 µmol Ni litrassa virtsaa altistuttaessa liukoiselle nikkelimelle. Nikkeli on eri tutkimuksissa todettu syöpävaaralliseksi, kuten kobolttikin.

#### 4.6 Altistumisen ehkäisy normaali käyttö vs. erikoistilanteet

Koboltti- ja nikkelisulfaateille on mahdollista altistua pääosin hengittämällä pölyä ja huujuja. Yksi mahdollinen altistumisreitti on huono hygienia tultaessa hallista ohjaamotiloihin. Vaikka työkasineitä käytetäänkin voi käsiin päästä aina ylimääräisiä partikkeleita. Pesemättömät tai huonosti pestyt kädet, joilla kosketellaan suuta tai ruoka-aineita voivat aiheuttaa altistumisen. Kobolttisuolojen on todettu myös imeytyvän ihon läpi, joten pölyjen pääseminen iholle on estettävä. Jos suoloja pääsee iholle, on mentävä heti pesemään altistunut paikka.

Erikoistilanteissa, kuten laiterikoissa on mahdollista että pölyä on hallissa huomattavasti enemmän kuin normaalin ajon aikana, joten tällöin suojautuminen on vielä tärkeämpää. Hengityssuojaimen käyttö on näissä tilanteissa vielä normaaliakin tärkeämpää. Hengityssuojain on ainakin pidettävä mukana tällaisissa tilanteissa, jotta sen saa käyttöön välittömästi tarvittaessa.

Hygieniasta on huolehdittava myös sen takia etteivät muut samoissa tiloissa työskentelevät altistu. Likaantuneet työvaatteet on vaihdettava ensi tilassa. Tilanteissa, joissa tapahtuu runsasta pölyämistä, on suositeltavaa käyttää kertakäyttöhaalaria, jonka voi käytön jälkeen laittaa kaatopaikkajätteisiin. Hengityksen suojaamisesta on huolehdittava vielä likaisia suojavaatteita riisuttaessakin.

Suurin osa työstä tehdään normaalitilanteessa valvomossa. Yksi iso altistumisen aiheuttaja aikaisemmin oli jalkineissa valvomoon kulkeutunut pöly. Tämä on pystytty lähes kokonaan poistamaan vaihtamalla jalkineita tultaessa prosessitiloista valvomoon. Ainoastaan jotkut aliurakoitsijat tulevat likaisissa jalkineissa tai varustuksessa käymään hakemassa työlupia tms., mutta heillekin huomauteaan asiasta yleensä välittömästi.

#### 4.6.1 Suojaimet

Kobolttisulfaatin tuotanto on vain yksi osaprosessi nikkelituotannon keskellä. Työterveyslaitoksen tutkimusten mukaan nikkelisulfaatin tekeminen on vähintään yhtä vaarallista, joten samanlainen suojautuminen kuin nikkelisulfaatin valmistuksessa on tarpeen. Kuivatun kiteen käsittely synnyttää aina pölyä. Varsinkin erikoistilanteissa, joissa pölyä paljon, on suojautuminen tarpeellista, vaikkei tätä olekaan huomioitu suojainmatriisissa, joka on esitetty taulukoituna kuvaan 7 alapuolella.

Toiminta	Kuulo-suojain	Suojalasit/visiiri	Suojakäsineet	Hengitys-suojain	Turvakenkät	Kypärä	Roiske-suojaja	Kemikaalisuojapuku
Jäähdytysvesitornit	X	X	X	1	X	X	1	1
DEMI-vesilaitos	X	X	X	1	X	X	1	1
Vesienkäsittely	X	X	X	1	X	X	1	
Vesialtaat+pumppaamo	X	X	X	1	X	X	1	
Sooda-asema	X	X	X	1	X	X	1	
Varastosäiliöalue	X	X	X	1	X	X	1	1
Prosessihalli	X	X	X	1	X	X	1	1
Ammoniakkiveden käsittely	X		X	2 /ABEK	X	X	1	1
Kuivaamo	X	X	X	1	X	X	1	
Siiloalue	X	X	X	1	X	X		
Pakkaamo	X	X	X	1	X	X		
Pakkaustyö	X		X	2	X	X		

**Kuva 7 Suojainmatriisi (taulukossa 1) tarvittaessa ja 2) puhaltimella varustettu suojain)**

Normaalit suojavarusteet sisältävät työasun, turvajalkineet, hansikkaat, kypärän ja suojalasit. Kypärään on integroitu kuulosuojaimet, joita on myös käytettävä.

#### 4.6.2 Ilmanvaihto (kohdepoistot)

Kohdepoistoyhteitä on jokaisessa liuossäiliössä. Näistä imetään hönkäkaasuja (höyryjä) pesurille, jossa kaasuista pestään mahdolliset metallit pois ennen niiden johtamista ulkoilmaan. Myös kiteen käsittelyssä on kohdepoistoja paikoissa, joista on mahdollista päästä pölyjä halli-ilmaan.

Tuotantotilojen siisteys on pidettävä hyvällä tasolla, ettei se aiheuta altistumista.

#### 4.6.3 Näytteenoton turvallisuus

Kobolttisulfaatin kiteytyksestä joutuu aina tarpeen tullen ottamaan näytteitä. Perusnäytteitä ovat emäliuoksesta otettava näyte ja valmiista kiteestä otettava näyte. Näiden ottaminen pitää olla helppoa ja turvallista. Suojautuminen roiskeilta ja huuruilta on kuitenkin joka kerta tärkeää, mutta normaalit suojamatriisissa vaadittavat toimenpiteet riittävät. Olennaista on myös siivota jälkensä näytteen ottamisen jälkeen, jottei kukaan toinen altistu.

Joskus voidaan joutua ottamaan näytteitä erikoisemmista paikoista, jolloin työturvallisuus pitää ottaa huomioon. Esimerkiksi lingon sisältä näytettä otettaessa pitää olla varovainen, ettei osu pyörivään kehään. Joissain kohdissa saattaa myös olla putoamisriski. Jos näytteen ottaminen jostain paikasta koetaan turvatomaksi, on tästä ilmoitettava ja yhteistyössä etsittävä turvallisempi paikka näytteen ottamiseen.



#### 4.6.4 Pakkaamisen turvallisuus

Pakkaamo on hivenen itse tuotantoprosessista eroavaa toimintaa siinä mielessä että pakkaaminen on työntekijälle usein fyysisempää toimintaa vaikka koneet tekevät sielläkin suurimman osan töistä.

Avosäkkipakkaus kone on rakennettu sellaiseksi että sieltä pääsee mahdollisimman vähän pölyä halli-ilmaan. Koneessa on oma kohdeimujärjestelmä jolla imetään pölyt pesurille suoraan koneen sisältä.

Suursäkkejä pakattaessa taas säkkien sulkeminen on suurin normaalityössä tapahtuva mahdollisten altistumisten lähde. Suljettaessa suursäkkejä niistä on koetettava saada ilma pois ja tällöin pääsee helpolla pölyä ulos säkeistä.

Valmiita tuotepakkauksia on käsiteltävä huolellisesti, etteivät ne rikkoonnu jolloin kobolttisulfaattia pääsee ulos pakkauksista.

## 5. TURVALLISUUSSUUNNITTELU KOBOLTTITUOTANTOON JA NIKKELITUOTANNON LAAJENNUKSEEN

### MITÄ TURVALLISUUS TARKOITTAÄ:

1. Turvallisuus tarkoittaa kokonaisvaltaista ymmärrystä työstäsi, tiedät jokaisen suorittamasi tehtävän riskit ja hahmotat että virheet voivat olla kohtalokkaita itsellesi ja työpaikillesi.
2. Turvallisuus tarkoittaa hyvää arviointikykyä. Älä koskaan luota onneen vaan ole aina valmis ottamaan vastaan odottamattomat tilanteet ja suorittamaan rutiinitkin huolella.
3. Turvallisuus tarkoittaa että otat huomioon myös perheesi joka on sinusta riippuvainen, työnantajasi joka sinut on palkannut ja myös oman hyvinvointisi.
4. Turvallisuus tarkoittaa että huomioit yrityksen turvallisuusohjeistuksen ja noudatat niitä joka hetki kun olet töissä.

### Kuva 8 Mitä turvallisuus tarkoittaa (Safe Hazard -blogista)

Työturvallisuus (*engl. safety*) tarkoittaa vaarojen ja riskien poissaoloa työpaikalta sekä tunnetta siitä että työpaikka ja työnteko ovat turvallista. Työn tekemistä ohjaavat työturvallisuuslaki ja työterveyshuoltolaki. (Oulun yliopisto, opiskelijan hyvinvointi-sivusto). Työturvallisuuslain yleisnormin mukaan työnantaja on velvollinen huolehtimaan työntekijän turvallisuudesta ja terveydestä töissä (OTT Kari Uoti, [www.laki24.fi](http://www.laki24.fi))

Työturvallisuutta toteutetaan työsuojelutoiminnan avulla. Työsuojelutoiminnalla pyritään vähentämään ja poistamaan työstä ja työoloista aiheutuvia vaaroja ja vaurioita. Työolot ja itse työ pyritään saamaan sellaisiksi että jokaisen on henkisesti ja fyysisesti hyvä olla työpaikallaan. (Wikipedia, työsuojelu –artikkeli)

## 5.1 Laitteistojen käytön turvallisuuden tarkastelu

Kobolttisulfaattikiteytin on vanha, ennenkin tuotannossa EN -nikkelisulfaatin kiteytykseen käytetty laite, joten sen turvallisuus on jo todistettu käytössä. Itse laitteisto suunniteltiin jo kemikaalitehtaan rakennusvaiheessa melkoisen turvallisesti. Kymmenen käyttövuoden aikana on jouduttu tekemään melko vähän muutoksia. Yleensäkin jo siinä vaiheessa kun laitteistoa suunnitellaan, otetaan huomioon paljon mahdollisia turvallisuusseikkoja vaikka osa turvallisuuspuutteista ilmenee vasta kun laite/prosessi on otettu käyttöön.

Toinen tässä työssä tarkasteltava laite, uusi nikkelisulfaattikiteytin on tehty lähes samanlaiseksi kuin vanhempi STD -nikkelisulfaattikiteytin. Siten senkin käyttöönotto sujuu lähes vanhoja kaavoja noudattaen. Erot näiden kiteyttimien välillä ovat lähes pelkästään tekniikan kehityksen ansiota, sekä sitä että tilanahauden takia jouduttiin tekemään hivenen soveltavia ratkaisuja.

### 5.1.1 Hazop -poikkeamatarkastelu

HAZOP (HAZard and OPerability study) -poikkeamatarkastelu tarkoittaa sitä että ennen uuden laitteiston tai prosessin käyttöönottoa tarkastellaan prosessissa piileviä riskejä ja muuttujia. Havaituille ongelmille yritetään löytää ratkaisu. Hazop -tarkastelun periaatteena on että useat eri alojen tuntijat käyttävät tietotaitoaan paremmin kokoontumalla tunnistamaan poikkeamia yhdessä kuin tutkimalla yksikseen.

Tarkastelu tehdään NNH:lla valmiin listauksen perusteella. Tarkastelun alla oleva alue on rajattava selkeästi ja riittävän pieniksi kokonaisuuksiksi. Tarkastelu on osa muutostenhallintamenettelyä. Ohjeistuksen mukaan muutostenhallintamenettelyä kuuluu käyttää lähes jokaisessa mahdollisessa muutoksessa. Ainoastaan tilapäiset merkittävät muutokset, kuten letkulinjat tai lukitusten väliaikaiset ohitukset ovat menettelyn ulkopuolella. (NNH EHS-ohjeet 03\_12 ja 03\_24)

Tarkastelussa tutkitaan poikkeamaa, sen mahdollista syytä, miten poikkeama havaitaan ja otetaan kantaa toimenpiteisiin/varautumiseen poikkeaman estämiseksi. Viereisessä taulukossa listataan erilaisia poikkeamia joita tarkastelu koskee.

	<b>POIKKEAMA</b>
1.	Ei virtausta
2.	Liikaa/liian vähän virtausta
3.	Päinvastainen virtaus
4.	Liikaa lämpöä/liian vähän lämpöä
5.	Liian korkea/matala paine
6.	Vuoto
7.	Virtaus muualle
8.	Ylitäyttö
9.	Epäpuhtaudet virtauksessa
10.	Katko hyödykkeiden tai raaka-aineen saannissa
11.	Kunnossapito
12.	Käynnistyminen/pysähtyminen
13.	Tulipalo/jäähdytysveden puute/muu poikkeava tilanne
14.	Materiaalivalinnat
15.	Muuta (tasot, hätäsuihkut, suojarusteet)

**Kuva 9 Hazop –tutkittavat poikkeamamahdollisuudet taulukoituna**

### 5.1.2 Riskientarkastelu

RiTa –riskientarkastelulla taas tarkastellaan lähinnä laitteiden koneturvallisuutta valmiilla ohjelmistolla. Hazopien ja RiTan ero on siinä että Hazopeissa tarkastellaan muutoksia kokonaisvaltaisemmin, putkistoissa liikkuvia aineita myöten kun taas RiTa:ssa keskitytään mekaanisissa laitteissa tapahtuviin muutoksiin

Ennen laitteiston ottamista tuotantokäyttöön, tässä tapauksessa kobolttisulfaatin kiteytysprojektin luovuttamista tuotannolle kuuluu pitää perusteellinen käyttöönottotarkastus. Tarkastus voidaan suorittaa kun laitteisto on jo testikäyttövai-

heessa. Ennen käyttöönottotarkastuksen pöytäkirjan hyväksymistä laitteistoa ei saa ottaa tuotantokäyttöön (NNH ohje käyttöönottotarkastuksista ).

Testikäytöllä tarkoitetaan että esim. vesiajoja voidaan jo suorittaa. Esimerkiksi uudella nikkelisulfaattilinjalla liikkui vesi ja kiteytin oli alipaineistettu jo kaksi viikkoa ennen käyttöönottotarkastusta. Ilman vesiajoja ei pysty testaamaan linjaston toimintaa kunnolla ja saa annettua toimittajalle vaatimuksia löydettyjen vikojen korjaamisesta. Testauksen suorittaminen on mahdollista myös vaiheittain niin että prosessin osia testillaan valmistunut osa kerrallaan ennen seuraavan osan valmistumista testikuntoon.

## 5.2 Turvallisuuslukitukset

Prosessinohjausjärjestelmässä on usein lukituksia jotka vaikuttavat prosessin ohjaamiseen. Esimerkiksi, pumppua ei saa päälle, jos säiliössä johon se pumpkaa, on liian korkea pinta. Tai spraykuivaimen kaasupoltinta ei saa päälle, jos kuivaimessa ei ole kuivausilman virtausta. Näiden lukitusten tarkoitus on estää laiterikkoja ja ylläpitää turvallista toimintaa. Lukitukset ovat usein myös ketjutettuja, esimerkiksi putkikolakuljettimen pysähtyminen lukitsee koko kiteiden käsittelyn. Toisaalta tiettyjen usein tapahtuvien erikoistilanteiden hoito saattaa vaatia sen että tietyt lukitukset ovat helposti ohitettavissa. Joihinkin lukituksiin onkin rakennettu erityinen ohitusnappi, jolla ne saadaan helposti ohitettua silloin kun prosessin ohjaaminen sitä vaatii. Esimerkiksi kiteyttimen keittotilanteessa sitä on saatava lämmitettyä vaikka alipaine onkin poistettu. Lähes kaikki muutkin lukitukset ovat ohitettavissa, mutta sellaisten lukitusten ohittaminen, joka saattaa aiheuttaa turvallisuusriskin vaatii aina huolellista harkintaa ja nämä saadaan ohitettua ainoastaan ohjelmallisesti. Ohjelmallinen lukitusten ohittaminen suoritetaan yleensä sähköpäivystäjän toimesta.

Prosessinohjausjärjestelmästä saadaan selattua laitekohtaisesti eri laitteisiin vaikuttavia lukituksia.

Seuraavassa muutama esimerkki lukitusten toiminnasta.

### 5.2.1 Kuumennuskierto

Kuumennuskierron pumpulle on asetettu useita lukituksia. Kaikilla pumpuilla joissa on liukurengastiiviste pitää virrata tiivistysvesi ja tiivistevedellä pitää olla riittävästi painetta lähtiessään säiliöstään. Jos vesi ei virtaa ei pumppua saa käynnistettyä. Kuumennuskierron pumppu vaatii myös sen että kiteyttimessä on tarpeeksi liuosta, jotta pumppu saa koko ajan syötettä eikä pääse rikkoontumaan pyöriessään kuivana. Luonnollisesti myös kiteyttimen sisäisen kierrätyksen pitää olla päällä, ennen kuin kuumennuskiertoa pystyy ajamaan.

### 5.2.2 Höyryn ajo

Ennen kuin höyryventtiilin saa auki kuumennuskierron primäärilämmönvaihtimelle pitää tehtaalla olla riittävästi höyryä käytettävissä. Lisäksi kuumennuskierron pumpun pitää olla päällä ja kiteyttimen pinnan sopivalla tasolla. Liian alhainen pinta pysäyttää kuumennuskierron, ja katkaisee ketjutetusti höyryn syötön, mutta liian korkea pinta katkaisee ainoastaan höyryn syötön. Kiteyttimessä pitää olla myös alipainetta riittävästi ja sekä kiteyttimen että kuumennuskierron lämpötilan pitää olla sopivalla tasolla. Lämpötilaerojen merkitys vielä kasvaa koboltisulfaatin kiteytyksessä tuotteen ollessa huomattavasti lämpötilasensitiivisempää.

### 5.2.3 Kuivaus leijupetikuivaimella

Jotta leijupetikuivaimen tärymoottorin saa käyntiin pitää sen jälkeen olevan tuoteseulan tärymoottorin olla jo päällä. Lisäksi kuivaimen ilmaa puhaltavien kolmen puhaltimen pitää olla päällä. Nämä puhaltimet taas on lukittu niin, ettei niitä saa päälle jos kuivaimen poistopuhallin ei käy. Lisäksi kuivatun tuotteen poistolämpötila ei saa olla liian korkea.

### 5.3 Normaali käyttö

Normaalissa käytössä turvallisuus on erittäin hyvin järjestetty. Lukitukset estävät vaaratilanteiden syntymisen prosessin ohjauksessa. Suojauksia on muutenkin niin paljon että melkein pä ainoastaan tarkoituksellinen toiminta voi aiheuttaa onnettomuuden. Käden laittaminen ruuvisakeuttimeen vaatii suojaverkon poistamista ja palovamman saaminen kuumista linjoista vaatii eristeiden poistamista. Laiterikkoja ei luonnollisesti pysty ennakoimaan, mutta huolellisella ennakko-ohuollolla nekin saadaan minimoitua.

### 5.4 Erikoistilanteet

Erikoistilanteissa, jopa niissä yleisimmissä, voi taasen sattua mitä vain. Otetaan esimerkkinä vaikka lingon peseminen. Sitä suorittaessa joudutaan avaamaan suojaluukku jotta saadaan vesisuihku osumaan sopivalle alueelle. Työ on silti täysin turvallista jos letkua ei ala työntämään sisään pyörivän lingon kehälle. Työtä ei kuitenkaan pysty suorittamaan riittävän hyvin ilman luukun avaamista, joten se on pakko tehdä noin.

Linjoja puulattaessa (= vedellä huuhteleminen tukkeentumien poistamiseksi/ehkäisemiseksi) voi taas huolimaton työntekijä saada liuokset tai kuumaa vettä päälleen. Tietysti myös huono tuuri voi aiheuttaa esimerkiksi letkun rikkoutumisen, mutta huonon tuurin mahdollisuutta yritetään minimoida tarkastamalla letkut säännöllisesti.

Kiteytintä keitettäessä liuoksen lämpötila nostetaan noin 80 asteeseen, joten tämä saattaa aiheuttaa palovammoja. Keiton aikana onkin vielä normaalia huolellisemmin mietittävä työturvallisuutta. Putket ovat eristettyjä, joten niistä ei saa palovammoja, mutta virheellinen toiminta voi aiheuttaa vaikka kuumien liuosten saamisen päälle.

Seisokin aikana on mahdollisuutta saada aikaan vaikka millainen tapaturma. Huoltotöitä varten joudutaan tekemään erilaisia ratkaisuja ja osa turvalaitteista voi olla pois toiminnasta. Seisokissa on vielä normaaliakin tarkemmin tiedettävä mitä on tekemässä ja vältettävä riskien ottamista. Oikealla asennoitumisella turvallisuuteen on suuri merkitys.

Seisokin aikana alueella voi olla myös ulkopuolisia työntekijöitä joiden paikalla-olo aiheuttaa myös omat haasteensa. Työntekijät saattavat olla toiselta puolen Suomea teollisuuden eri seisokeissa kiertäviä komennustyöntekijöitä, jotka eivät tunne aluetta ja laitteita. Heidän opastamisensa ja turvallisuuden varmistaminen on todella tärkeää, ettei mitään vahinkoja pääse tapahtumaan. Ulkopuolisten työntekijöiden ollessa kyseessä myös työhygienian korostaminen on tärkeää, koska työskentely tapahtuu kuitenkin karsinogeenisten ja vaarallisten kemikaalien läheisyydessä.

## 5.5 Logistiikan turvallisuus

Logistiikkaturvallisuudesta on annettu huomattavan paljon erilaisia säädöksiä sekä valtakunnallisella että EU-tasolla. Tässä esitellyn ohjeistuksen lähteenä on laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta.

Kobolttisulfaatti kuuluu kuljetuksessa luokkaan 9, ”muut vaaralliset aineet ja esineet” ja pakkausryhmään III. YK-numero vaarallisten aineiden kuljetuksissa on 3077. Kuljetuspakkausten on täytettävä kemikaalikohtaiset tekniset vaatimukset, jotta aineen kuljettaminen maanteillä olisi sallittua. Seuraavan sivun kuvassa on esitettyä Turvatekniikan Keskuksen vaarallisten aineiden kuljetusluokitus.



Luokka 1	Räjähteet (louhintaräjähteet, iletulitteet)
Luokka 2	Kaasut (hiilidioksidi, asetyleeni, nestekaasu)
Luokka 3	Palavat nesteet (benssiini, diesel, alkoholit)
Luokka 4.1	Helposti syttyvät kiinteät aineet, itsereaktiiviset aineet ja epäherkistetyt kiinteät räjähdysaineet (naftaleeni, rikki)
Luokka 4.2	Helposti itsestään syttyvät aineet (fosfori, kalsiumsulfidi)
Luokka 4.3	Aineet, jotka veden kanssa kosketukseen joutuessaan kehittävät palavia kaasuja (kalsiumhydridi, alumiinijauhe, litium)
Luokka 5.1	Sytyttävästi vaikuttavat (hapettavat) aineet (natriumkloriitti, natriumperoksidi, vetyperoksidi)
Luokka 5.2	Orgaaniset peroksidit (peroksietikkahappo)
Luokka 6.1	Myrkylliset aineet (arseeniyhdisteet, lyijyasetaatti, torjunta-aineet)
Luokka 6.2	Tartuntavaaralliset aineet
Luokka 7	Radioaktiiviset aineet
Luokka 8	Syövyttävät aineet (muurahaishappo, rikkihappo, lipeä)
Luokka 9	Muut vaaralliset aineet ja esineet (litiummetalliakut, ympäristölle vaaralliset aineet)

**Kuva 10 Vaarallisten aineiden kuljetusluokat. (TUKES)**

Kuljetusluokan 9 merkinnät ovat esitetty seuraavan sivun kuvassa, NNH:n käyttämän kahdeksankielisen varoitustarran ja tuotepalletin tunnistetarran muodossa. Tunnistetarrassa on merkittynä kuljetusluokka 9:n timanttikuvio sekä erinäisiä tietoja joilla palletin pakkausajankohta saadaan selvitettyä (em. kuvassa tiedot ovat täysin keksittyjä). Varoitustarran kielinä ovat molemmat kotimaiset, yleisimmät eurooppalaiset ja tärkeimpien asiakkasmaiden kielet.



**Kuva 11 Kuljetusluokan 9 merkinnät (timantti, kalatarra)**

Lainsäädäntö lähtee kuljetusasioissakin työntekijöiden turvallisuudesta. Turvallisuuteen vaikuttaa suuresti työntekijän toimenpiteet, joten kuljettajilla pitää olla myös koulutus kemikaalien kuljetukseen.

Koboltisulfaatti kuljetetaan kemikaalitehtaalta joko kiteytettynä tuotepakkauksiin pakattuna tai säiliöautolla liuoksena, mutta tämä ohjeistus pätee ainoastaan kiteisiin.

Lähetyksen lähettäjän velvollisuuksiin kuuluu varmistua siitä että kemikaalin kuljettaminen on sallittua käytettävässä kuljetusmuodossa sekä siitä että pakkaukset ja lastaus on suoritettu asianmukaisesti.

Kuljetuksen suorittajan on tiedettävä mitä kuljettaa ja että sen kuljettaminen on sallittua hänen kuljettamassaan kulkuneuvossa. Kuljettajalla on myös oltava määrääjäksi koulutuksen jälkeen annettava VAK-lupa (lupa vaarallisten aineiden kuljetukseen).

Tuotepakkauksista on annettu tarkat tekniset vaatimukset. Niiden on oltava VAK-testattuja ja hyväksytyjä käyttöön. Kemikaalitehtaalta kobolttisulfaattikiteet lähtevät tällä hetkellä joko pikkusäkeissä 36 kpl 20 kilon säkkiä lavalla tai tuhannen kilon suursäkeissä. Molemmat pakkausmallit ovat esitelty seuraavassa kuvassa.



**Kuva 12 Kobolttisulfaatin tuotepakkaukset, vasemmalla suursäkki ja oikealla lava pikkusäkkejä sekä yksi tyhjä säkki erillisenä.**

## 5.6 Koulutus ja perehdytys

Koulutus ja perehdytys ovat erittäin tärkeitä asioita laitteiston jokapäiväistä toimintaa ajatellen. Sillä varmistetaan että nämä henkilöt, jotka laitteiston parissa päivittäin toimivat, osaavat operoida laitteita oikein ja turvallisesti. Koulutusta tapahtuu monella tasolla. Jokainen NNH:n tuotannossa työskentelevä on saanut osastojen turvallisuuskoulutuksen ja suurimmalla osalla on jonkinlaisia turvallisuuskursseja, ainakin työturvallisuuskortti suoritettuna. Työntekijöillä työturvallisuuskortin suorittaminen on pakollista.

Uusien prosessien käyttökoulutusta annetaan niiden käyttäjille ennen prosessien testaamisia ja käyttöönottamisia. Tässä työssä yksi tarkoitus oli tuottaa käyttöohjeet ja koulutusmateriaali uudelle kobolttisulfaattikiteyttimelle sen normaalia käyttöä varten. (Ohjeistus ja materiaali liitteenä NNH versiossa)

## 5.7 Tietoturvallisuus

Nykyisessä maailmassa tietoturva on tärkeässä roolissa. On mahdollista että erinäiset tahot voivat koittaa aikaansaada haittoja tietoturva-aukkoa hyväksi käyttämällä. Mahdollisuus teollisuusvakoiluun on myös olemassa. (Wikipedia: Tietoturva)

### 5.7.1 Tietosuoja

Tietosuoja määritellään kahdella eri virkkeellä; 1. Tietojen valtuudettoman saannin estäminen ja tietojen luottamuksellisuuden säilyttäminen. ja 2. Henkilötietojen suojaaminen valtuudettomalta tai henkilöä vahingoittavalta käytöltä (Valtioneuvosto, tietoturvasanasto s.105). Nämä ovat yksilön henkilökohtaisia tietoja, joiden kuuluu olla ainoastaan niitä välttämättömästi tarvitsevien (lähinnä henkilöstöpalvelu) käytössä eikä niitä saa luovuttaa ulkopuoliselle ilman lupaa.

Yrityksillä on myös paljon muuta luottamuksellista tietoa. Näistä tiedoista vastaa yleensä määritelty vastuhenkilö (NNH:lla sen toiminnon omistaja jolle tieto kuuluu).

### 5.7.2 Tietoturva

Yrityksen tasolla on tärkeää pitää huoli siitä että käyttöjärjestelmät ja niiden ominaisuudet (palomuri, haittaohjelmien torjunta) ovat riittävän uusia versioita ja niitä päivitetään tarpeeksi usein. Lisäksi on määriteltävä vastuut siitä kuka saa täydet käyttöoikeudet ohjelmien päivittämiseen ja uusien ohjelmien asentamiseen. Näitä henkilöitä voi olla useampia, kunhan osaaminen on riittävää ja perehdytys hoidettu tarkkaan. Tiedostojen varmuuskopioinnin pitää myös olla säännöllistä ja mielellään tuplavarmistettuakin. Turvallisuussyistä myös omienvierailijoiden muistitikkujen käyttäminen yrityksen koneilla pitää harkita tarkkaan ja sallia virustarkistuksen jälkeen jos muuta vaihtoehtoa ei ole. Aina pitäisi pyrkiä siihen että vierailija tuo mukanaan oman koneensa joka kytketään yrityk-

sen näyttölaitteistoon. Työntekijöitä pitäisi myös perehdyttää tietoturvaan, jotta jokainen ymmärtää sen merkityksen sekä töissä että myös kotonaan.

Prosessinohjausjärjestelmään tunkeutumisella pystytään tekemään erittäin paljon haittaa, joten sen käyttö kaksisuuntaisesti pitää olla rajattua. Päivityksiä ja huoltoa pitää pystyä tekemään etänä, mutta sekin pitää olla rajatun, asiantuntevan ryhmän tehtävä. Prosessin tietoja pitää kuitenkin pystyä seuraamaan, mutta sen voi tehdä myös yksisuuntaisesti.

Langattomat ohjaukset ovat yleistyneet viime vuosina. Näiden kanssa pitää myös tietoturvan olla kunnossa. Langattomiinkin yhteyksiin voi asettaa tunnistautumisen ja langattomien yhteyksien päivitykset on syytä tehdä ethernet -kaapelin avulla (Unknown Pixels -blogi).

## 6. YMPÄRISTÖNSUOJELU

### 6.1 Nikkelin ja koboltin ympäristövaikutukset

#### 6.1.1 Raskasmetallit

Nikkeli ja koboltti yhdisteinen luokitellaan raskasmetalleiksi (= suuritiheysinen metalli, jolle ei ole tarkkaa määritystä. Lääketieteellisesti raskasmetalleiksi katsotaan myös jotain keveitä metalleja. Joissain luetteloissa kobolttia ei ole lueteltu raskasmetallien joukkoon). Raskasmetallit aiheuttavat maaperän pilaantumista ja voivat kertyä elimistöön myös maaperään menemisen kautta ravintoketjun mukana (Vaikutuksesta elimistöön katso osiosta H). Maaperästä raskasmetallit eivät poistu itsestään ilman erikoisolosuhteita.

#### 6.1.2 Vaikutukset ilmassa ja vedessä

Ilmaan päässeet raskasmetallit kulkeutuvat lopulta sateen mukana maaperään tai hengitysilman kautta elimistöön.

Vesistöihin päätyneet raskasmetallit kertyvät pohjasedimentteihin, joista ne voivat lähteä liikkeelle virtauksen muuttuessa. Esimerkiksi Kokemäenjoessa virtaus vaihtelee voimalaitoksien aiheuttamasta säännöstelystä johtuen huomattavan paljon. 2000-luvulla keskivirtaama on ollut  $238\text{m}^3/\text{s}$  ja virtauksen vaihtelu  $600\text{-}52\text{m}^3/\text{s}$  (keskimääräinen suurin/pienin virtaama) ([www.kokemäenjoki.fi](http://www.kokemäenjoki.fi)). Tulvatilanteessa virtaus voi olla myös huomattavasti suurempi. Porin alueen tulvakartoissa on puhuttu jopa yli  $1000\text{m}^3/\text{s}$  virtauksista. Voimalaitospatojen vaurioituminen voi aiheuttaa vielä tästäkin huomattavasti suurempia virtauksia.

Kokemäenjoen pohjasedimenttejä tutkitaan säännöllisesti ja viimeisimmässä, Porin kaupunkialueella ruoppausta varten tehdyssä tutkimuksessa raskasmetallien kuten nikkelin, kuparin, kadmiumin ja elohopean pitoisuudet olivat raja-arvoja suuremmat.

Myös Harjavallan patoaltaan pohjasedimenttejä on tutkittu purkupuutken lähistöltä. Yleispiirteenä on että metallien kokonaiskuormitus on pienentynyt viimeisten kolmenkymmenen vuoden aikana. (Metallien yhdennetty kohdekohtainen riskinarviointi s. 194)

## 6.2 Maaperän pilaantuminen

Maaperän pilaantumisella tarkoitetaan sellaista haitallisten aineiden (ei pelkästään metallien) aiheuttamaa maaperän laadun heikentymistä, josta voi aiheutua vaaraa tai haittaa terveydelle ja ympäristölle. Laadun heikentymiseksi lasketaan myös alueiden virkistyskäyttömahdollisuuksien väheneminen.

Pilaantunut maaperä puhdistetaan vaihtamalla maa-alueet ja läjittämällä saastunut maa-aines maankaatopaikalle. Maankaatopaikka on rakennettu niin, ettei saastunut aine pääse sieltä maaperään esim. sadevesien liuottamana. Viime aikoina on alettu käyttää myös biologisia puhdistusmenetelmiä, mutta tekniikkaa on vähän saatavilla ja se on toistaiseksi kallista. (Bioteknologia info)

Kobolttisulfaatin ympäristövaikutuksia ei ole tutkittu, ympäristövaikutusten arviointi perustuukin koboltti-ionin ominaisuuksiin. (Työterveyslaitos, kobolttin kemikaalikortti)



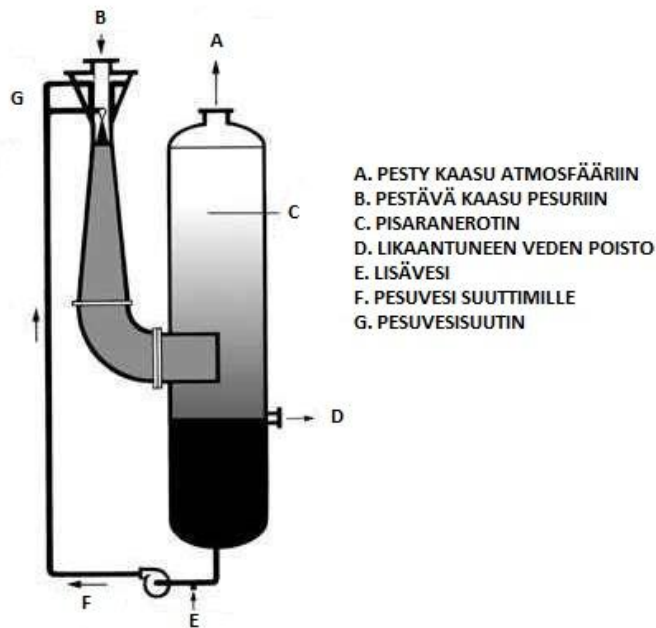
## 6.3 Päästöjen ehkäisy

Kemikaalipäästöjen ehkäisy on erittäin tärkeä osa ympäristönsuojelua. Kemikaalitehtaalla puhdistetaan sekä poistokaasut että jokeen pumpattava vesi huolellisesti.

### 6.3.1 Kaasupesuri

Kemikaalitehtaan kaasupesuri on viisiventurinen ejektoriventuripesuri. Pesurille johdetaan sulfaattituotannossa pussisuodattimien läpi leijupetikuivaimilta tulevat kuivausilmat (venturit 1 ja 5), eri prosessisäiliöiden hönkäkaasut (venturi 2), karbonaatti- ja hydroksidituotannon kuivausilmat pussisuodattimien läpi spraykuivaimilta (venturi 3) ja pakkaamon pölyt (venturi 4).

Venturin toiminta on yksinkertainen, kaasuvirtaus ohjataan venturin yläosasta alaspäin. Kaasuyhteen alapuolella on pesuvesisuutin, jonka suihku on suunnattu niin että sen ohi ei venturin supistuksessa pääse yhtään pesemätöntä kaasua. Paineella tuleva vesivirtaus pesee myötävirtaan sen kanssa kulkevasta kaasusta kiinteät partikkelit pois. Venturin pohjassa on yhde, josta kiintoainepi- toinen vesi poistuu pumppusäiliöön. Kaasu jatkaa pisaranerotuskammioon ja siitä piippua pitkin atmosfääriin. Joissain venturipesureissa ei ole erillistä pesu- veden ulosottoa, vaan kaikki vesi poistuu pisaranerottimesta.



Kuva on hivenen erilaisesta pesurista mitä kemikaalitehtaalla käytetään (erillistä pumppusäiliötä ei tässä ole – pisaranerotinkammion musta alaosa voisi olla myös erillinen pumppusäiliö kuten kemikaalitehtaalla), mutta peruseriaate on sama. Venturi (kurkku) näkyy mustana alueena pesuveden suuttimen alapuolella.

**Kuva 13 Venturipesuri (www.tradeindia.com)**

Pesurin alla sijaitsevasta pumppusäiliöstä pumpataan pesuvesi erittäin tehokkaalla pumpulla ventureille. Pumpun maksimituotto on  $220\text{m}^3/\text{h}$  ja ventureille pumpattavan pesuveden paine on yli 30bar. Pumppusäiliön rakenne on sellainen, että siinä on väliseinällä erotettu kaksi puolta; ns. Likainen ja puhdas puoli. Puhtaalta puolelta, johon myös pumppusäiliön lisävesi sekundäärilauhdesäiliöstä tulee, pumpataan vesi venturien suuttimille. Likainen puoli toimii tavallaan kuin sakeutin, jossa kiintoaine vajoaa pohjalle. Ventureilta tulevat vedet valuvat pisaranerotin pohjasta likaiselle puolelle. Sieltä pumpataan pohjasta alitetta vesienkäsittelyyn jotta pesuvesi vaihtuu riittävästi. Väliseinän yli virtaa likaisen puolen ylivuoto takaisin suuttimille pumpattavaksi.

Pesurille pumpattavan pesuveden on oltava riittävän puhdasta, ettei ilmaan pääse sen kautta nikkeli- tai kobolttisulfaattia. Siksi sekundäärilauhdesäiliöön tulevien lauhteiden johtokykyä seurataan heti pintalauhduksen jälkeen. Jos johtokyky on korkealla, voidaan olettaa kiteytimestä päässeeseen liuoksia lauhteen mukaan. Tällöin lauhde ohjataan suoraan viemäriin ja pesurin tarvitsema pesuvesi otetaan demivesilinjasta.

### 6.3.2 Prosessivesien käsittely

Kemikaalitehdasrakennuksesta tulevat prosessivedet (jätevedet) kerätään välisäiliöön ja johdetaan vesienkäsittelyrakennukseen. Vesienkäsittelyssä on ensimmäiseksi kolme reaktoria sarjassa. Ensimmäiseen reaktoriin johdetaan tällä hetkellä kaikki käsiteltävät vedet sekä kemikaalitehtaalta että uuttopelkistämöltä. Reaktoreihin johdetaan pH:n perusteella natriumhydroksidia joka saostaa metalleja. Reaktorisarjan jälkeen liete pumpataan sakeuttimelle erotukseen, jossa saostunut metallisakka erottuu liuoksesta. Sakeuttimen alitteen sakka pumpataan takaisin kemikaalitehtaalle, jossa se suodatetaan anolyytin neutraloinnin linjalla. Nauhasuotimen kakku palautetaan liuottamolle ja suodos palaa vesienkäsittelyn reaktoreihin. Sakeuttimen ylite johdetaan hiekkasuodatuksen. Jos suodatettu vesi on hiekkasuodatuksen jälkeen analyysien perusteella tarpeeksi puhdasta, se pumpataan jokeen joko suoraan hiekkasuodattimilta tai prosessivesialtaan kautta.

Prosessivesiallas on eräänlainen välivarastoallas. Jos vesi ei kelpaa analyysien perusteella jokeen pumpattavaksi sitä kerätään prosessivesialtaaseen ja johdetaan sieltä takaisin vesienkäsittelyyn. Altaan pinnasta otetaan näytteitä ja heti kun pinta-analyysit ovat riittävän alhaiset, vesi johdetaan taas altaan kautta jokeen.

Vesienkäsittelyyn kuuluu lisäksi kemikaalitehtaan alueen sadevesien keräilyallas, jonne johdetaan kaikki sadevedet kaivojärjestelmästä, mutta sen lisäksi myös paljon muita käsiteltäväksi tarkoitettuja prosessivesiä.

## 6.4 Päästöjen tarkkailu

Kemikaalitehtaan pesurilta mitataan ilmassa olevia metallipartikkeleja normaalisti kaksi kertaa kuukaudessa. Erikoistilanteissa tai pyydettyä mittaus voidaan suorittaa useamminkin. Mittauksen suorittaa Boliden Harjavallan laboratorio. Mittauksessa otetaan pesurilta kymmenestä mittauspisteestä ilmanäytteitä mikromanometrin läpi. Lämpötilan, pesurin poistokaasuputken halkaisijan, kosteuden ja paine-eron avulla lasketaan virtaava kuivan ilman määrä (NTP). Näytteet imeytetään 500ml mittapulloon typpihappoon ja analysoidaan sen jälkeen.

Päästöjä kemikaalitehtaalta veteen ja ilmaan tarkkaillaan säännöllisesti. Kokemäenjokeen pumpattavasta vedestä otetaan automaattisella näytteenottimella säännöllisin aikavälein näyte, joka kerätään vuorokausinäytteeksi ja analysoidaan laboratoriossa. Päästöraja jokeen menevälle nikkelille on 1,5kg/vrk kuukausikeskiarvona (= 547 kg/v) (NNH EHS-mittaukset –raportti s. 8). Rajojen ylityksestä joudutaan raportoimaan viranomaisille. Lisäksi on olemassa ns. sisäinen toimenpideraja, joka herättää jo toimimaan ennen kuin viranomaisille ilmoitettavia päästöjä ehtii tapahtumaan. Jokeen pumpattavaa vettä analysoidaan myös kertanäytteillä jos on epäily että sinne olisi voinut kulkeutua jotain ylimääräistä metallia. Hiekkasuodatuksen jälkeen on jatkuvatoiminen sameuden mittaus, joka myös kertoo jokeen pumpattavan veden sameuden noustessa että siellä saattaa olla normaalia enemmän metalleja.

## 7. PROSESSINOHJAUS

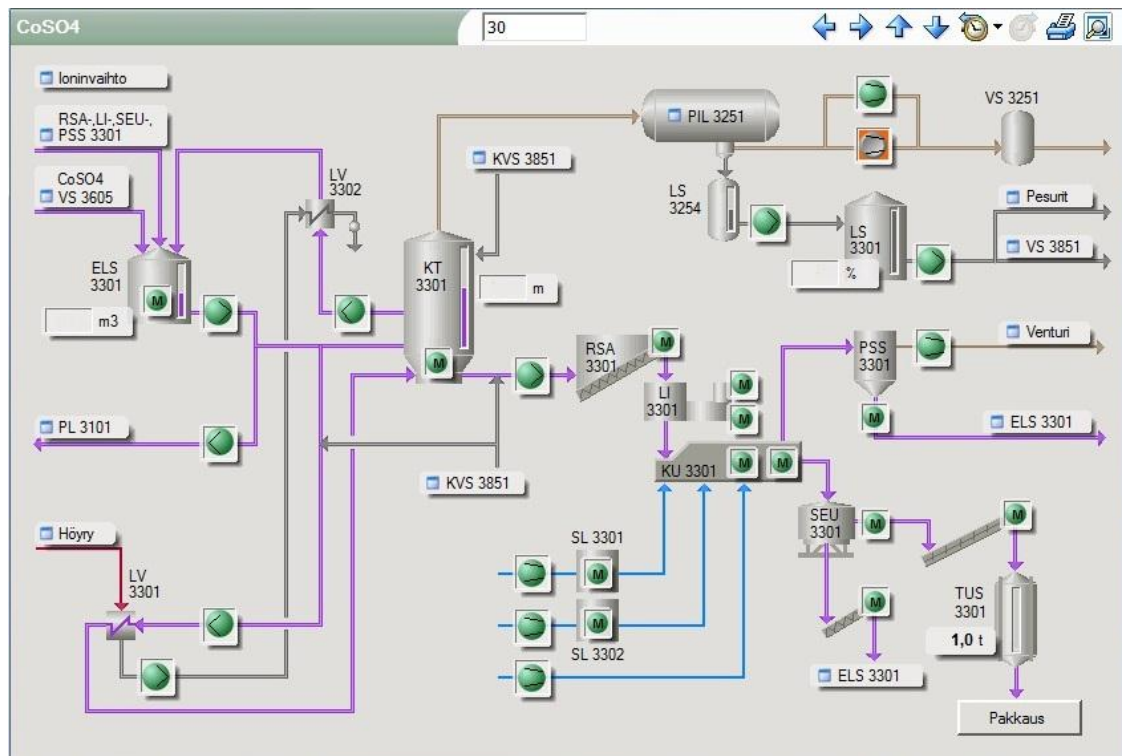
### 7.1 Prosessinohjausjärjestelmä

Yksi osa kiteytinprojektia oli koko kemikaalitehtaan prosessinohjausosiemien modifioiminen Metso Automationin DNA:n uusimpiin versioihin. Projekti sisälsi koko kemikaalitehtaan vanhojen ohjauskuvien päivittämisen ja uusien kuvien valmistamisen kobolttisulfaatin valmistukseen.

Metso DNA prosessinohjausjärjestelmä on kehitetty moderni versio Valmetin 90-luvulla kehittämästä Damatic –prosessinohjausjärjestelmästä.

Prosessinohjausjärjestelmä antaa prosessia ohjaaville operaattoreille graafisen käyttöliittymän tuotantoprosessin ohjaamista ja mittaustietojen esittämistä varten. Järjestelmään kuuluu myös informaatiojärjestelmä, ns. IA process explorer. (Ari Kankaanperä, Valmet. PCUF Sytyke –lehti 1999)

Prosessia ohjataan valvomosta normaalisti tietokoneella. Hiirellä valitaan käytettävä laite ja esimerkiksi käynnistetään pumppu tai avataan venttiili. Erilaisia ohjausarvoja ja –asetuksia saadaan myös laitettua järjestelmään tietokoneavusteisesti. Seuraavassa kuvassa on esitetty kobolttisulfaatin kiteytysprosessin pääkuva, missä ei näy mitään mittausten arvoja.



**Kuva 14 Kiteytysprosessi Metso DNA näyttönä**

## 7.2 Yhteydet maailmalle

Metson järjestelmien ylläpito saa etäyhteydellä otettua yhteyden prosessinohjausjärjestelmään ongelmatilanteiden selvittelyä varten ja ohjelmiston mahdollisten päivitysten asentamiseksi.

ABB:n sähkö- ja instrumenttiasentajat ovat myös saaneet koulutuksen joidenkin järjestelmän ylläpito- ja korjaustoimien suorittamiseksi.

Järjestelmän kuvia saa selattua myös erillisellä ohjelmalla, mutta tämä toimii ainoastaan yksisuuntaisesti, eli mitään arvoja ei pysty muuttamaan.

### 7.3 Mittaukset ja säätöpiirit

Kobolttisulfaattikiteytystä varten rakennettiin useampia sellaisia säätöpiirejä, joita ei aikaisemmin ole kemikaalitehtaalla ollut käytössä (mm. kiteytyslämpötilalle). Näitä on selvitetty tarkemmin työohjeissa. Mittalaitteissa ei suurempia muutoksia käytössä olevaan laitteistoon tehty, ainoastaan slurryn tiheyden mittausta muutettiin coriolisvoimaan perustuvasta massavirtausmittarista säteilyyn perustuvaan mittalaitteeseen.

### 7.4 Seuranta ja näytteenotto kentällä

Prosessinhoitajan työhön kuuluu valvomotyöskentelyn lisäksi valvontakierrokset prosessialueella sekä erilaisia huolto- ja ylläpitotoimenpiteitä. Nikkelin ja kobolttin yhdisteiden karsinogeenisuuden vuoksi alueiden puhtaus on tärkeää.

Prosessinhoitajien tehtäviin kuuluvat myös säännölliset ODR (Operator driven reliability) –mittauskierrokset. Näillä seurataan erilaisten prosessilaitteiden kuntoa. Mittauksessa käytetään anturia, joka tunnistaa mitattavasta laitteista erilaisia suureita, mm. lämpötilan ja värinän. Lisäksi omiin aisteihin perustuvaa seurantaa vaaditaan. Laitteen käyntiäänestä voi huomata että jotain on vialla.

Jotta prosessia kyetään ajamaan oikeilla parametreilla pitää tuotteista ottaa näytteitä ennalta laaditun suunnitelman mukaan. Sulfaattituotannossa ei sinällään ole kuin vähän säännöllisiä seurantakohteita, mutta tuotannon kehitys vaatii välillä näytteiden ottamista paikoista joihin ollaan suunnittelemassa muutoksia. Saostettavien kemikaalien tuotanto on kemiallisesti vaativampaa, joten sieltä otetaan näytteitäkin huomattavasti enemmän.

Kun näyte on huolellisesti otettu, viedään suljettu näytepurkki joko suoraan laboratorioon tai näytepöydälle odottamaan kuljetusta. Laboratorio analysoi näytteestä ennalta määritetyt mittaukset tai erikoisnäytteistä pyydetyt analyysit. Tulokset ilmoitetaan laboratorion tietojärjestelmään tai tulosten ylittäessä merkittävästi annetut rajat suoraan puhelimitse jotta korjaaviin toimenpiteisiin pystytään reagoimaan heti.

## 8. OHJEIDEN PÄIVITYS

Työssä ensimmäinen tavoite oli prosessin käyttöohjeistuksen muokkaaminen uutta tuotantolinjaa ajatellen. Alkuperäinen käyttöohje oli kemikaalitehtaan ensimmäisen käyttöpäällikön TKT Rauno Luoman kirjoittama ja se oli vuodelta 2002. Tämän jälkeen on kuitenkin tullut jonkin verran muutoksia prosessiin, joten ohjeistus oli päivittämisen tarpeessa. Myös erikoistoimenpiteistä kuten kiteyttimien keitoista ja imukoneiden käynnistämisestä olevia ajo-ohjeita päivitettiin.

Päivitetyt ohjeet sisältävät niin paljon yksityiskohtaista salassa pidettävää tietoa, että niiden liittäminen julkisen lopputyön oheen on mahdotonta.

Seuraavaksi oli tehtävä koulutusmateriaali kobolttisulfaatin kiteytyksestä kemikaalitehtaan muulle henkilökunnalle. Koulutukset piti käyttöpäällikkö FM Pekka Alisaari. Itse materiaali oli PowerPoint-tiedostona.

Viimeinen tavoite oli tutkia kobolttisulfaatin vaikutuksia terveyteen ja tehdä YAMK -lopputyönä tämä EHS -suunnitelma.



## 9. JOHTOPÄÄTÖKSET

### 9.1 Ympäristö ja työterveys

Se ettei raskasmetalleja pääse ilmaan tai veteen vaikuttaa suoraan myös siihen, ettei niitä pääse elämistöönkään. Poistokaasujen ja prosessivesien puhdistaminen on suoritettava mahdollisimman hyvin ja niiden puhtausastetta on tarkkailtava säännöllisesti. Maaperään päässeiden raskasmetallien likaamat alueet on puhdistettava, toimenpide onnistuu lähinnä maamassoja vaihtamalla.

Koboltti, sekä metallisena että yhdisteenä on syöpää aiheuttava (karsinogeeninen) aine. Suojautuminen sen pölyiltä on erittäin tärkeää. Hygieniatasosta huolehtiminen on myös olennaista, jotta yksikään työntekijä ei vie pölyjä kotiinsa taikka kahvitauolla saa karsinogeenisiä aineita elimistöönsä likaisista käsistä.

Nikkeli- ja kobolttiyhdisteet sekä -metallit aiheuttavat myös joillekin ihmisille allergisia oireita ja tällöin näitä valmistavassa teollisuudessa työskenteleminen on mahdotonta. Kobolttipöly saattaa myös edesauttaa astman puhkeamisessa jo melko pienissä pitoisuuksissa.

Koboltin poistuminen ihmisen elimistöstä tapahtuu pääasiassa virtsassa. Elimistöön päässeestä koboltista noin 10 % jää poistumatta, eli se kertyy elimistöön.

Kokkolan kobolttitehtaan työntekijöille tehdyissä kardiologisissa tutkimuksissa (2004) havaittiin että altistuneiden henkilöiden sydämen rytmihäiriöt ovat lisääntyneet.

Merkittävä määrä altistuksesta tapahtuu hengityksen kautta, joten hengityksen suojaaminen pölyiltä on hyvä konsti ehkäistä altistumista. Suojainten kanssa on muistettava myös niiden huolto ja vaihtaminen ajoissa. Likainen suojain antaa paljon heikomman suojan kuin puhdas. Myös hansikkaiden ja työvaatetuksen vaihtaminen säännöllisesti on tärkeää.

## 9.2 Turvallisuus

Työturvallisuutta on vaarojen ja riskien poissaolo työpaikalta. Työnantaja on velvollinen huolehtimaan työpaikan turvallisuudesta. Turvallisuuteen kohdistuvia lainkohtia on useita eri tasoilla.

Uusia laitteistoja käyttöönotettaessa niille on tehtävä käyttöönototarkastus, joka voidaan suorittaa kun laitteisto on testikäyttövaiheessa. Käyttöönototarkastuksen pöytäkirja on hyväksyttävä ennen tuotantokäytön aloittamista.

Koulutuksen osuus työturvallisuuden kohentamisessa on tärkeää. Jokaisen työntekijän pitää saada riittävä koulutus turvalliseen ja oikeaoppiseen työn hoitamiseen.

Ulkopuolisten henkilöiden perehdyttäminen on oltava riittävää jotta harvemmin osastolla/alueella liikkuville ei satu onnettomuuksia. Myös työlupakäytäntö on suuressa roolissa riskien arvioinnissa. Työn suorittajan on tiedettävä mitä on tekemässä, mutta hänelle on saatava myös sellainen olo että hänen turvallisuudestaan pidetään huolta.

Turvallisuuden perussääntönä pitäisi olla se että turvallisuus, sekä töissä että kotona, lähtee aina yksilöstä itsestään!

## 10. LÄHDELUETTELO

GEA. Kiteytyksen laitekuvat ja ohjeet (myös internet –sivustolta). 2001.

Hämeen ja Varsinais-Suomen ELY -keskukset. Kokemäenjoki, veden laatu ja virtaama.

Kankaanperä Ari, Valmet. PCUF Sytyke-lehden artikkeli Damatic-historiasta. Internet. 1999

Koskennurmi-Sivonen Ritva. Tapaustutkimus. Helsingin yliopisto. Nettisivu (<http://www.helsinki.fi/~rkosken/tapaus>)

Kuisma Markku. Kuparikaivoksesta suuryhtiöksi: Outokumpu 1910-1985. Outokumpu 1985

Kuopion yliopisto. Metallien yhdennetty kohdekohtainen arviointi. Osa 2: Harjavalan tapaustutkimus s. 176-319. Monistesarja 2008.

Lehto Kaisa. Kokemäenjoen suunniteltujen ruoppausten sedimenttitutkimus. 2011

Lesonen Mikko, Vuorelainen Juho. Opinnäytetyö. Prosessilaboratorion esisuunnitelma. JYAMK 2010.

McCabe Warren L, Smith Julian C, Harriott Peter. Unit operations of Chemical engineering. 5. Painos. 1993

MMC Norilsk Nickel kotisivut. [www.nornik.ru/en/](http://www.nornik.ru/en/) . 2013

Norilsk Nickel Harjavalta Oy. Intranetin EHS –sivut.

Norilsk Nickel Harjavalta Oy, useita tekijöitä. Eri osastojen työohjeita.

Ojasalo, Moilanen, Ritalahti. Kehittämistyön menetelmät. SanomaPro. 2010

Pajunen Jari. Koulutuskalvot kiteytyksestä. Norilsk Nickel Harjavalta Oy. 2007

Palkola Heli. Diplomityö: Kiteyttimien selvitys 10.5...31.12.1993. OMG Kokkola Chemicals Oy. 1993

Tekes. Bioteknologia info, pilaantuneet maa-aineet ja pohjavesi. Internet, 2013

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES). VAK – vaarallisten aineiden kuljetus. 2012

Työterveyslaitos. Kemikaalit ja työ. 2005

Työterveyslaitos. Koboltti ja sen epäorgaaniset yhdisteet, perustelumistio toimenpideraja-arvolle. 2012

Työterveyslaitos. Perustelumuistio nikkelin ja nikkeliyhdisteiden toimenpiderajoiksi. 2010

University of Auckland (N.Z) department of chemicals and material engineering. Hazard and operability (HAZOP) studies

Viestintätieteiden yliopistoverkosto. Diskurssianalyysi. Nettisivu (<http://viesverk.uta.fi/menetelmat/laadulliset.htm>)

Wikipedian artikkeli "Norilsk Nickel". 2013