



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

Prosessiyksikön pysyvä pysäytys ja alasajo

Arttu Tuominen

Opinnäytetyö
Marraskuu 2016
Biotuote – ja Prosessiteknikka
Prosessiteknikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Biotuote – ja Prosessitekniikka
Prosessitekniikka

TUOMINEN ARTTU

Prosessiyksikön pysyvä pysäytys ja alasajo

Opinnäytetyö 50 sivua, joista liitteitä 9 sivua
Marraskuu 2016

Opinnäytetyössä käsiteltävä prosessiyksikkö on Neste Oyj:n Porvoon jalostamolla sijaitseva vety-yksikkö. Yksikkö oli määrä pysäyttää pysyvästi 2016 lokakuun loppuun mennessä. Pysyvistä pysäytyksestä ei ollut selkeää ohjetta, eikä myöskään suunnitelmaa poistettavien laitteiden jatkosijoituksesta. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kerätä yhteen mahdollisimman paljon olemassa olevaa tietoa prosessiyksikön alasajoon liittyen.

Pysäytys pyrittiin toteuttamaan mahdollisimman tehokkaasti ja turvallisesti sekä jokaisen ammattialan osastojen tarpeet huomioiden. Tämä vaati paljon selvitystyötä eri osastojen kesken ja perehtymistä yrityksen omiin ohjeistuksiin, sekä prosessiteollisuutta koskeviin lainsäädäntöihin. Käytännön osaan kuului osallistuminen turvallisen työskentelyn suunnitteluun sekä prosessiyksikön pysäyttämiseen ja siihen liittyviin operointeihin

Opinnäytetyötä voidaan käyttää pohjana tulevia pysäytyksiä suunniteltaessa ja toteutettaessa. Tässä käsitellyt asiat antavat hyvän pohjan niistä seikoista, joita tulee ottaa huomioon prosessiyksiköiden tulevissa pysäytyksissä, sekä pysäytysten suunnittelussa.

Asiasanat: prosessiyksikkö, pysäytys

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree programme in Bio Product and Process technology
Option of Process Engineering

TUOMINEN, ARTTU:
Permanent Shutdown of Process Unit

Bachelor's thesis 50 pages, appendices 9 pages
November 2016

The objective of this study was to gather information about permanent shutdown of a process unit. The process unit in question is located in Neste's refinery in Porvoo. The main purpose was to make a collection for the things which are related to shutdowns and sum up the necessary actions for shutting down the process unit.

This study was carried out as a project. The empirical part was composed of participating in the stopping process of the unit, planning of safe working methods and collecting necessary information associated with shutting down the unit. The theoretical section explores hydrogen production, studying instrument drawings, process plant safety regulations and using information from the previous shutdowns.

This thesis provides a comprehensive basis for the future shutdowns on the refinery. It can be used as a guideline for designing shutdowns and it can also help when planning shutdowns of process units in the future.

Key words: process unit, shutdown

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	NESTE OYJ	8
3	PROSESSIYKSIKÖN ALASAJO JA KÄYTÖSTÄ POISTAMINEN.....	10
4	VEDYN VALMISTAMINEN	12
	4.1. Vety.....	12
	4.2. Vety-yksikkö.....	12
	4.2.1 Rikinpoisto	13
	4.2.2 Höyrykehitys	14
	4.2.3 Höyryreformointi	14
	4.2.4 Hiilimonoksidin konvertointi.....	15
	4.2.5 Hiilidioksidin poisto.....	15
	4.2.6 Metanointi	16
5	TURVALLISUUS JA SOKEOINTIKÄYTÄNTÖ.....	18
	5.1. Prosessiturvallisuus.....	18
	5.2. Riskien hallinta	18
	5.3. Turva-automaatio.....	20
	5.4. Painelaitteet.....	21
	5.5. Valvonta.....	22
	5.6. Sokeointi	23
	5.6.1 Sokeiden nimikkeet Nesteen jalostamoilla	24
	5.7. Soihtujärjestelmä	26
6	VETY-YKSIKÖN POISTAMINEN KÄYTÖSTÄ	28
	6.1. Sokeointisuunnitelman päivitys.....	28
	6.2. Alueen eristäminen	28
	6.3. Pysäytys	29
	6.4. Vety – ja typpikierrätys.....	29
	6.5. Liuoskierron tyhjennys ja huuhtelu	30
	6.6. Katalyyttityöt	31
	6.7. Polttokaasulinjojen puhdistus	33
7	LAITTEIDEN ELINKAARI JA PYSYVÄ PYSÄYTYS.....	36
	7.1. Elinkaarikustannukset ja elinkaari	36
	7.2. Laitteiston purku ja automaation poistaminen käytöstä.....	37
8	POHDINTA.....	39
	LÄHTEET.....	40
	LIITTEET	42
	Liite 1. Vety-yksikön turvasokea-lista	42

Liite 2. Sokelaippojen paikat PI-kaaviossa	44
--	----

LYHENTEET JA TERMIT

ABEK-suodatin	Kaasunaamarin suodatin
BA	Uuni
DA	Kolonni
DC	Reaktori
FA	Säiliö
GB	Kompressori
PI-kaavio	Putkitus ja instrumentointi – kaavio
TET	Turvallisuuden eheystaso
TRA	Työn riskien arviointi
Tukes	Turvatekniikan keskus
VY	Vety-yksikkö

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää asioita, joita tulee ottaa huomioon prosessiyksikön pysyvässä pysäytyksessä. Opinnäytetyössä käsiteltävä prosessiyksikkö on Nesteen Porvoon jalostamolla sijaitseva vety-yksikkö, VY1, jonka tarkoituksena on ollut tuottaa vetyä jalostamon käyttöön. Vety-yksikön laitekanta on enimmäkseen 1960-luvulta ja sen saattaminen nykypäivän standardien mukaiseksi vaatisi suuria investointeja. Menetelmä jolla VY1 tuottaa vetyään, on myös huomattavan kallista verrattuna uudempiin yksikköihin, joten tästä syystä on katsottu kannattavammaksi ajaa vanha yksikkö lopullisesti alas, eli pysäyttää, ja rakentaa täysin uusi laitos tilalle. Osa vety-yksikön laitteista jää käyttöön alasajon jälkeenkin ja tämä aiheuttaa normaalista yksikön alasajosta poikkeavia käytänteitä.

Työn tavoitteena oli kerätä mahdollisimman paljon alasajoon liittyvää tietoa yhteen selkeäksi kokoelmaksi, jota voitaisiin käyttää pohjana tulevien yksikköjen alasajojen kohdalla. Alasajo vaatii aina selvitystyötä mahdollisista riskeistä ja eri ammattialojen toiveista ja vaatimuksista. Alasajon tulee olla tehokasta, mutta samalla myös turvallista. Tästä syystä on erittäin tärkeää jo alasajoa suunniteltaessa tietää, mitä asioita tulee ottaa huomioon alasajon toteutuksessa.

Työhön kuului erittäin paljon selvitystyötä eri ammattialojen osastojen välillä heidän tarpeistaan, sekä vaatimuksistaan alasajon suhteen. Työssä paneuduttiin myös lain asettamiin vaatimuksiin, sekä yrityksen turvallisiin työskentelykäytäntöihin. Työssä kartoitettiin myös mahdollisia uusiokäyttökohteita prosessilaitteille yksikön alasajon jälkeen, sekä laitteiden käytöstä poistamisesta aiheutuvia toimia ja viranomaismääräyksiä öljynjalostuslaitteiden elinkaaren suhteen.

2 NESTE OYJ

Neste Oyj on öljynjalostus- ja markkinointiyhtiö, joka on keskittynyt liikenteen polttoaineisiin, sekä jalostettuihin öljytuotteisiin. Yhtiön liikevaihto vuonna 2015 oli noin 11,1 miljardia euroa ja se työllisti noin 5000 työntekijää yhteensä 15 maassa. Suomessa Neste Oyj:llä on kaksi öljynjalostamo, jotka sijaitsevat Porvoossa ja Naantalissa. Vuodesta 2014 lähtien, nämä jalostamot ovat integroituneet yhdeksi hallinnolliseksi jalostamokokonaisuudeksi. Jalostamokokonaisuuteen kuuluu viisi tuotantolinjaa, joista neljä sijaitsee Porvoossa ja yksi Naantalissa. Opinnäytetyössä käsiteltävä vety-yksikkö (VY1) sijaitsee Porvoon jalostamolla (Neste Oyj, yritysinfo.)

Nesteen Porvoon jalostamo kuuluu Kilpilahden jalostamokokonaisuuteen, joka on Pohjoismaiden suurin kemianalan keskittymä. Kilpilahden jalostamokokonaisuus on pinta-alaltaan noin 1300 hehtaaria ja alue työllistää noin 3500 työntekijää, sekä useita satoja palvelun tarjoajia. Alueella toimii Nesteen lisäksi myös kymmeniä muita yrityksiä. (Niskanen, Porvoon yleisesittely 2014.)

Porvoon jalostamo koostuu neljästä tuotantolinjasta, joissa on yhteensä yli 40 prosessiyksikköä. Jalostamon pääraaka-aineena toimii venäläinen raakaöljy. Raakaöljy kuljetetaan jalostamolla sijaitsevaan satamaan, josta se pumpataan eri yksiköihin jalostettavaksi. Raakaöljyn käsittelyn lisäksi, jalostamolla valmistetaan kasviöljyistä ja eläinrasvoista Neste uusiutuva – tuotteita. Kaiken kaikkiaan raakaöljystä, kasvirasvoista ja eläinrasvoista saadaan valmistettua noin 150 eri tuotetta ja tuotekomponenttia (Niskanen, Porvoon yleisesittely 2014.)



KUVA 1. Porvoon Jalostamoaluetta (Neste Oyj 2016)

3 PROSESSIYKSIKÖN ALASAJO JA KÄYTÖSTÄ POISTAMINEN

Porvoon öljynjalostamo voidaan jakaa neljään tuotantolinjaan, jotka koostuvat erilaisista prosessiyksiköistä. Tuotantolinjat ovat jalostamon toiminnallisia kokonaisuuksia, joista jokaisella on omat tehtävänsä öljynjalostusprosessissa. Prosessiyksiköt ovat taas erilaisista prosessilaitteista koostuvia kokonaisuuksia. Itse prosessin tarkoituksena on saada jalostettua lähtötuotteena olevasta raakaöljystä arvokkaampia tuotteita.

Prosessiyksikköjen elinkaaren aikana ne joudutaan käynnistämään ja pysäyttämään useita kertoja. Näille ylös - ja alasajoille voivat olla syinä esimerkiksi toiminnan häiriöt, katalyyttien vaihdot, tai huolto – ja tarkastustoimenpiteet. Yksikön pysäyttämässä, tai käynnistämässä on aina paljon erilaisia muuttujia, jotka tulee ottaa huomioon ylös - tai alasajoa suoritettaessa. Prosessiyksikön luonne, olosuhteet ja se mitä aineita kukin yksikkö pitää sisällään, asettavat vaatimuksia sille, miten tarvittavat toimet tulee suorittaa. Jokainen prosessiyksikön ylös -tai alasajo on aina omanlaisensa, eikä kahta täysin samanlaista alasajoa ole edes saman yksikön kohdalla.

Kun prosessiyksikön tuotanto joudutaan pysäyttämään, siitä muodostuu aina taloudellista haittaa. Mitä nopeammin yksikkö pysäytyksen jälkeen on taas toimintakunnossa, sitä vähemmän siitä koituu taloudellista menetystä. Kokonaiskustannuksiin vaikuttavat myös pysäytyksestä aiheutuvat kunnossapitokulut. Tämän takia pysäytyksen ja käynnistämisen suunnittelun ja toteuttamisen tulee olla systemaattista ja etukäteen tarkasti harkittua.

Jalostamon vastualueet on jaettu monien eri osastojen kesken. Kokonaisvastuu laitteiden ja yksiköiden toiminnasta on käyttöosastolla. Kunnossapito-osaston eri ammattialat (esim. automaatio tai pyörivät laitteet) vastaavat omista laitteistaan ja tukevat siten jalostamon käytettävyyttä. Pysäytyksen suunnitteluvaiheessa osastojen välillä on hyvä käydä neuvotteluja siitä, mitä mahdollisia vaatimuksia ja tarpeita kullakin osastolla on pysäytykseen liittyen. Tällaisia tarpeita voivat olla esimerkiksi sellaiset huolto -tai asennustyöt, jotka voidaan toteuttaa vain yksikön pysäytyksen aikana. Pysäytykseen liittyvät osasto-kohtaiset vastuut on myös tärkeää selvittää ja varmistaa tiedonkulku myös tältä osin.

Öljynjalostus on Suomessa erittäin tarkasti valvottua ja säädeltyä teollisuutta ja toiminnan ylläpitämiseksi tulee toiminnanharjoittajan täyttää sille asetetut vaatimukset. Vaatimusten toteuttamista seurataan määräaikaistarkastuksilla. Öljynjalostuksessa käsiteltävät aiheet ja prosessiolosuhteet ovat usein hyvin kuluttavia laitteille ja materiaaleille. Tästä syystä laitteiden tarkastaminen ja niiden kunnan seuraaminen on toiminnan turvallisena pysymisen kannalta äärimmäisen tärkeää. Prosessiyksikön laitteiden korjaaminen ja uusiminen saattaa olla erittäin kallista. Tällöin voi olla taloudellisesti kannattavampaa sulkea koko prosessiyksikkö ja rakentaa tilalle uusi, kuin huoltaa ja korjata vanha sille asetetut vaatimukset täyttäväksi. Tällaisessa tapauksessa prosessiyksikkö pysäytetään pysyvästi ja sen toiminta lopetetaan.

Kun pysäytys on pysyvä, on hyvä tällöin kartoittaa purettavien laitteiden uusiokäyttömahdollisuuksia ja selvittää mahdolliset käyttökelvottomat, romutettavat laitteet. Moni laite saattaa olla vielä alasajon ja purkamisen jälkeen toimintakuntoinen, jolloin tällaista laitetta voidaan tarvittaessa käyttää toisessa kohteessa. Prosessiyksikön laitteet on usein listattu osastokohtaisesti, joten jokaisen osaston olisi hyvä käydä läpi nämä listat ja selvittää uudelleenkäytettävät laitteet aina ennen lopullista pysäytystä. Laitteet ja laitteistot, jotka joudutaan poistamaan käytöstä lopullisesti, tulee tarpeenmukaisesti puhdistaa. Yrityksellä on vastuu laitteistojen puhdistamisesta ja siitä, että toimitettavat laitteet eivät aiheuta vaaraa niiden jatkokäsittelijöille.

Vety-yksikön tapauksessa osa yksikön laitteista jää käyttöön vielä alasajon jälkeenkin. Tämänlainen tilanne aiheuttaa aina lisähaasteita alasajon suorittamisessa. Kun koko yksikköä ei voida sulkea, pitää tällöin systemaattisesti läpikäydä kaikki yksikön linjat ja laitteet. Vety-yksikön kohdalla käyntiin jää vetykompressori, jolla vetyä tarvitsevien yksiköiden vedyn syöttö toteutetaan vety-yksikkö 1:n (VY1) alasajon jälkeenkin. Vety-yksikön kompressoria varten tarvitsee alasajon jälkeen jättää esimerkiksi varolinjat käyttöön.

4 VEDYN VALMISTAMINEN

4.1. Vety

Vety on kevyin alkuaine. Se esiintyy huoneenlämmössä ja normaalissa ilmanpaineessa kaasumaisessa olomuodossa. Maapallolla suurin osa vedystä on sitoutunut veteen, joka on huoneenlämmössä nestemäisessä muodossa. Vety on väritön, hajuton, tulenarka ja ilmaa kevyempi kaasu. Vety ei ole sinällään ihmiselle vaarallista, mutta esimerkiksi ilmassa olevan hapen kanssa reagoidessaan vety syttyy helposti ja saattaa suurina pitoisuuksina aiheuttaa räjähdysvaaran. Vety myös syrjäyttää hapen, joten suurina pitoisuuksina se voi aiheuttaa hengenvaaran hengitettynä. (Kemian laitos, Helsinki 2016.)

Vetyä voidaan valmistaa monella eri tapaa. Teollisuudessa yleisin tapa valmistaa vetyä on höyryreformointi. Siinä maakaasusta, joka on pääosin metaania CH_4 , erotetaan hiili C ja vety H_2 erilleen käyttäen sopivaa katalyyttiä ja vesihöyryä. Katalyyttinä toimii esimerkiksi nikkeli Ni. Reformoinnissa hiilivety hapetetaan höyryn avulla vedyksi, jolloin tuotteeksi saadaan vetyä ja hiilimonoksidia. (Vety. Motiva.)

Pienessä mittakaavassa vedyn valmistustapana suositaan elektrolyysiä. Siinä vety irrotetaan vedestä sähkövirran avulla. Tuotteeksi muodostuu tällöin vetyä H_2 ja happea O_2 . Tällä tavoin valmistetusta vedystä saadaan erittäin puhdasta ja näin tuotettua vetyä voidaan käyttää vaativissakin sovelluksissa. Elektrolyysillä valmistaminen kuluttaa kuitenkin hyvin suuren määrän energiaa ja tästä syystä elektrolyysillä valmistettu vety on kallista verrattuna kemiallisiin tuotantotapoihin. (Vety. Motiva.)

4.2. Vety-yksikkö

Neste Oyj:n Porvoon jalostamon tuotantolinja 1 vety-yksikön (VY1) tarkoituksena on tuottaa vetyä muiden yksiköiden tarpeisiin. Tuotantolinja 1:n vetyä käytetään vetykrakkausreaktioissa, aromaattien poistoreaktioissa ja hydrausreaktioissa. Syöttönä vety-yksikölle toimii tällä hetkellä maakaasu, mutta yksikön syöttönä voidaan käyttää myös butaania. Maakaasu syötetään vety-yksikköön ilman kompressointia maakaasuverkon omalla

paineella. Vedyn lisäksi yksiköstä saadaan sivutuotteena myös hiilidioksidia (Naukkari-
nen 2013.)

Vety-yksikkö voidaan jakaa seuraaviin osiin: syötön rikinpoisto, höyrynkehitys, höyry-
reformointi, hiilimonoksidin konvertointi, hiilidioksidin pesu ja metanointi (kuva 2). Näi-
den prosessien jälkeen reaktiotuotteet vety ja hiilidioksidi siirretään niille suunnattuihin
kohteisiin. Vedyn tapauksessa, ennen sen syöttöä muihin yksiköihin se täytyy kompres-
soida, koska maakaasuverkon tuottama paine ei ole riittävä vetyä tarvitseville yksiköille.
Tämän jälkeen vety kulkeutuu sitä tarvitseviin prosessiyksiköihin ja prosessista sivutuot-
teena vapautuva hiilidioksidi AGA:lle jatkokäsiteltäväksi (Naukkari-
nen 2013.)

4.2.1 Rikinpoisto

Rikinpoiston tarkoituksena on poistaa syöttöaineessa oleva rikki. Rikki on haitallinen
aine prosessin kannalta, sillä se estää katalyytin toiminnan. Ennen kuin syöttö ohjataan
rikinpoistoreaktoriin DC-401, syöttö höyrystetään höyrystysuunissa BA-401 (kuva 2).
Jos syöttö on liian rikkipitoista, voidaan tällöin lisätä syötön sekaan kiertovetyä. Se on
vety-yksikön valmistamaa vetyä, joka käytetään vety-yksikössä itsessään, eikä syötetä
eteenpäin muihin yksiköihin. Syöttöön lisättyllä kiertovedyllä pyritään vähentämään hii-
len muodostumista (koksautumista) höyrytysuunin tuubistossa ja parantamaan rikinpois-
toreaktiota. Tuubistoksi kutsutaan höyrytysuunin osaa, jossa itse reaktio tapahtuu. Kok-
sautumiseen ja reaktion toteutumiseen vaikuttaa paljon myös syötteen lämpötila ja reak-
torin paine. Lämpötila reaktorissa on noin 370–400 °C ja toimintapaine on noin 2200–
2500 kPa (Naukkari-
nen 2013.)

Rikinpoistoreaktori DC-401 koostuu kolmesta eri katalyyttikerroksesta, joissa rikinpois-
toreaktiot tapahtuvat. Ylimmässä kerroksessa kobolttimolybdeenikatalyytti hydraa mah-
dolliset rikkiyhdisteet rikkivedyksi. Tällaisia rikkiyhdisteitä ovat muun muassa merkap-
taanit ja disulfidit. Alemmissä kerroksissa rikkivety sen sijaan absorboituu sinkkisulfi-
diksi sinkkioksidikatalyytin avulla (Naukkari-
nen 2013.)

4.2.2 Höyrykehitys

Reformointi tarvitsee höyryä, joka kehitetään vety-yksikön omissa höyrykehittimissä prosessista syntyvän hukkalämmön ja prosessivirroista vapautuvan energian avulla (kuva 2). Suurin osa höyrykehitykseen tarvittavasta vedestä muodostuu vety-yksikön omista prosessilauhteista, mutta vettä voidaan tarvittaessa ottaa myös jalostamon voimalaitoksesta niin kutsuttuna lisävetenä. Syöttövesi kuumennetaan lämmönvaihtimien ja höyrytulistimien avulla riittävän kuumaksi, jotta se voidaan syöttää reformointiuunin BA-402 tuubistoon. Reformointiuunin BA-402 tuubistoon syötettävän höyryn tulee olla tulistettua, eli kuivaa, ja lämpötilaltaan noin 500–520 °C. Siinä ei saa olla kiteitä tai muita epäpuhtauksia, eikä myöskään nestepisaroihin. Liian matala lämpötila ja epäpuhtaudet aiheuttavat tuubiston käyttöiän heikkenemistä, sekä reformointireaktion epätäydellisyyttä. Höyrykehityksen laatua seurataan säännöllisesti ottamalla ruiskutusvedestä näytteitä, joista mitataan muun muassa pH, kovuus ja sähkönjohtokyky (Naukkarinen 2013.)

4.2.3 Höyryreformointi

Rikinpoistoreaktorista tuleva rikitön tuotekaasu, sekä tulistettu höyry johdetaan sekoituslaipalle. Sekoituslaipalta tämä hiilivety-höyryseos kulkee jakoputkistoon, jonka tarkoituksena on jakaa seos tasaisesti höyryreformointiuunin BA-402 tuubeihin. Reformointireaktio on erittäin endoterminen, joten se vaatii paljon lämpöä tapahtuakseen. Tuubit on täytetty nikkelikatalyytillä, jonka avulla reaktio saadaan tapahtumaan halutussa lämpötilassa. Tuubeja uunissa on kaiken kaikkiaan 156 kappaletta (Naukkarinen 2013.)

Reformointituubeissa tapahtuu samanaikaisesti kolme eri tasapainoreaktiota. Höyryreformointireaktiossa hiilivety (metaani) reagoi vesihöyryn kanssa muodostaen hiilimonoksidia ja vetyä. Hiilimonoksidikonversiossa hiilimonoksidi ja vesihöyry reagoivat muodostaen hiilidioksidia ja vetyä. Metanointireaktiossa sen sijaan muodostuu vedystä ja hiilimonoksidista metaania ja vettä. Reformointituubien läpi kuljettuaan hiilivetyseoksesta on suurin osa muuttunut vedyksi ja loput hiilidioksidiksi, hiilimonoksidiksi, metaaniksi tai höyryksi (Naukkarinen 2013.)

4.2.4 Hiilimonoksidin konvertointi

Reformoinnista tuleva kaasuseos johdetaan hiilimonoksidi-konvertteriryhmään (kuva 2). Konvertoinnin tarkoitus on muuttaa hiilimonoksidi höyryreformoinnin ylijäämähöyryllä hiilidioksidiksi. Hiilimonoksidi-konvertteriryhmä on kaksiosainen. Konversio tapahtuu sekä korkeassa, että matalassa lämpötilassa. Korkealämpökonvertteriin tulevan syötön hiilimonoksidi -pitoisuus on noin 7-10 mol- % ja lämpötila 310–350 °C. DC-402:n katalyytti on rauta/kromi-oksidia ja siinä tapahtuva reaktio on eksoterminen, joten konvertterin ulostulolämpötila on suurempi, kuin syötön lämpötila. Tällöin reaktorin DC-402:n jälkeinen syötön CO-pitoisuus on pudonnut noin kahteen-kolmeen mooliprosenttiin. Syöttöä viilennetään ennen sen johtamista matalalämpökonvertteriin DC-403. Konvertteriin DC-403 johdettaessa syötteen lämpötila on noin 190–215 °C ja konvertointi tapahtuu kupari/sinkkioksidikatalyytin avulla. Matalalämpökonvertterista poistuessaan syötössä on enää jäljellä vaan noin 0,4 mol- % hiilimonoksidia (Naukkari 2013.)

4.2.5 Hiilidioksidin poisto

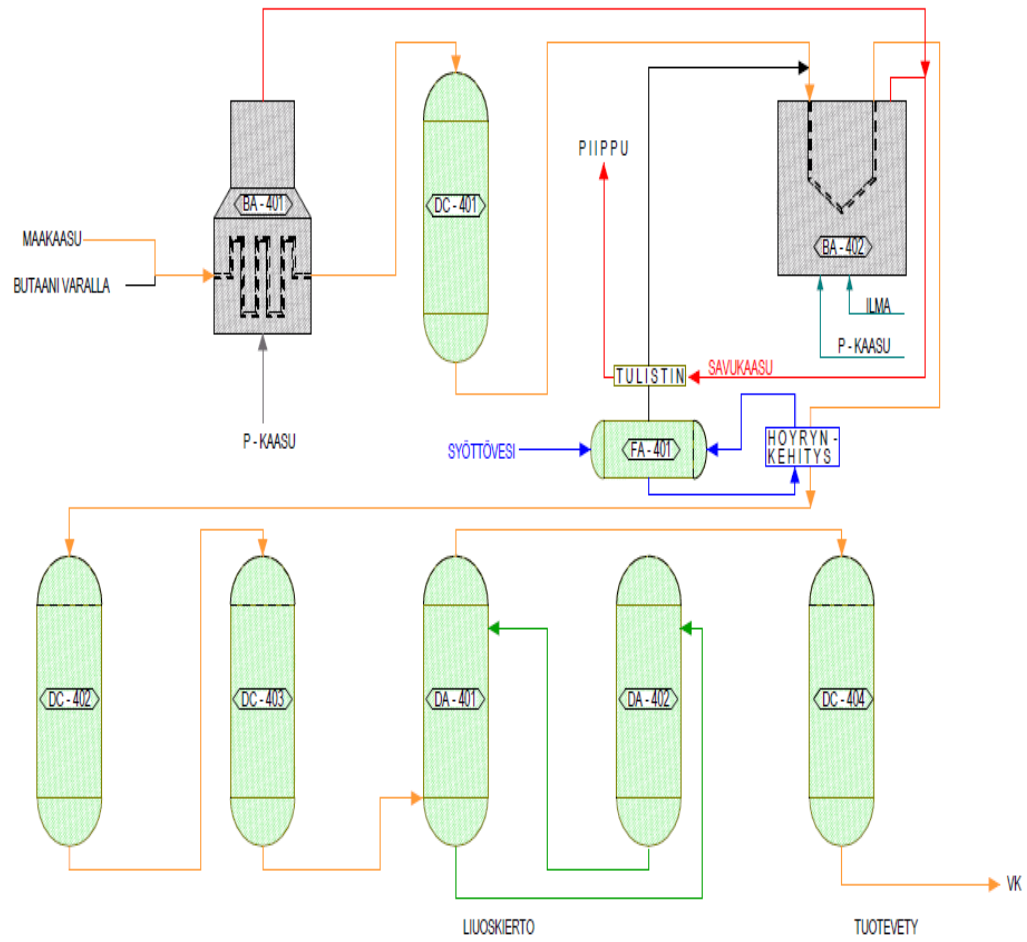
VY1:n hiilidioksidi poistetaan pesuliuksella metanointireaktoriin menevästä kaasuseoksesta (kuva 2). Tämä osuus prosessista on ollut käytössä vanhoissa vety-yksiköissä ja nykyään on tämän tilalle kehitelty uusia tehokkaampia prosessointitapoja. Uusissa moderneissa vety-yksiköissä tämä osuus on korvattu esimerkiksi paineen vaihteluun perustuvalla fysikaalisella adsorptioprosessilla (Pressure swing adsorption, PSA). PSA-prosessi on jatkuvatoiminen, eikä vaadi laisinkaan lämmönsiirtoa tai pesuliuosta. Tällä tavoin tuotetusta vedystä saadaan myös puhtaampaa, kuin metanointireaktiolla, jossa tuotteeseen jää aina jonkin verran metaanijäämiä (Naukkari 2013.)

VY 1 hiilidioksidin poisto voidaan jakaa karkeasti kahteen eri osaan: kaasunpesuun ja pesuliuksen regenerointiin. Kaasunpesun tarkoituksena on poistaa hiilidioksidi kaasuseoksesta. Tämä tapahtuu pesuliuksessa korkeassa paineessa. Kaasunpesurissa DA-401 kaasu nousee ylöspäin ja pesuliuos virtaa alaspäin, jolloin hiilidioksidi absorboituu kaliumkarbonaatti-glysiiniliuokseen. Tämän jälkeen regenerointikolonissa DA-402 liuos regeneroidaan matalassa paineessa haihuttamalla. Liuos virtaa höyryvirtausta vastaan

alaspäin ja hiilidioksidi kiehuu pois liuksesta. Kaasunpesussa käytetty pesuliuos on kaliumkarbonaattiliuos, johon on lisätty glysiiniä. Pesuliuoksen korrodoivia vaikutuksia estetään lisäämällä liukseen inhibiittoriksi vanadiinipentoksidia (Naukkarinen 2013.)

4.2.6 Metanointi

Kaasupsureiden jälkeen kaasuseos jatkaa matkaansa metanointireaktoriin DC-404, jolloin sisäänmenolämpötila on noin 260 - 300 °C (kuva 2). Metanoinnilla pyritään siihen että hiilimonoksidi ja hiilidioksidipitoisuudet ovat olemattoman pienet, jotta vety-yksiköstä syötettävän vedyn vaatimukset täyttyisivät. Liian suuret pitoisuudet hiilidioksidia tai hiilimonoksidia aiheuttavat muissa yksiköissä epäsuotavia reaktioita ja ennenaikaista kulumista. Metanointireaktioissa hiilidioksidi ja hiilimonoksidi muutetaan vedyn avulla metaaniksi ja vedeksi. Reaktio on sama tasapainoreaktio, kuin höyryreformointi, mutta suunta on käänteinen. Reaktio on erittäin eksoterminen, ja jos liuospesu ei toimi jostain syystä kunnolla, ja syötössä on liikaa hiilimonoksidia, tai hiilidioksidia, se tarkoittaa reaktorissa valtaisa lämmön nousua. Yhden mooliprosentin nousu hiilidioksidia reaktorissa tarkoittaa noin 59 °C lämmön nousua ja vastaavasti yhtä suuri nousu hiilimonoksidia nostaa reaktorin lämpötilaa noin 74 °C. Metanointireaktorin nikkelioksidikatalyytti pilaantuu ylikuumentumisesta ja menettää aktiivisuutensa, jolloin metanointi ei enää tapahdu kunnolla. Metanoinnin jälkeen vety kulkeutuu vetykompressoreille, jotka nostavat vedyn paineen halutulle tasolle. Vety kompressoidaan yksiköstä muihin sitä tarvitseviin kohteisiin, kuten esimerkiksi vetykrakkaukseen (Naukkarinen 2013.)



KUVA 2. Vety-yksikkö VY1 (Kuva: Arttu Tuominen 2016)

5 TURVALLISUUS JA SOKEOINTIKÄYTÄNTÖ

5.1. Prosessiturvallisuus

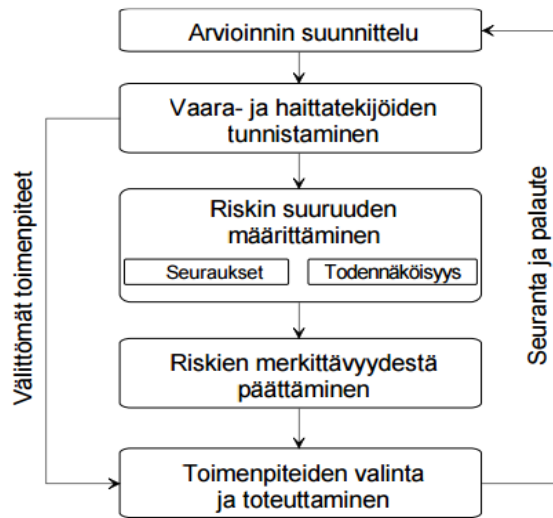
Kemikaalilaitosten kokonaisturvallisuuden hallintaan kuuluu osana prosessiturvallisuus. Prosessiturvallisuudella tarkoitetaan riskien hallintaa, joka liittyy muun muassa vaarallisten kemikaalien käsittelyyn ja varastointiin. Prosessiturvallisuuteen voidaan vaikuttaa esimerkiksi laitokseen, prosessiin, tai ihmisiin kohdistuvilla toimenpiteillä. Laitokseen liittyviä toimenpiteitä voivat olla esimerkiksi rakennusten sijoitukset ja kemikaalivuotojen keräysjärjestelmät. Prosessiin liittyviä toimenpiteitä ovat esimerkiksi prosessiparametrien käyttäminen ja prosessiautomaatio. Ihmisiin liittyviä toimenpiteitä ovat esimerkiksi käyttöön tai suunnitteluun liittyvät toimintamallit. Prosessiturvallisuudella pyritään prosessihallinnan parantamiseen, jolloin myös prosessin luotettavuus paranee ja samalla tuottavuus lisääntyy. Turvallisuuteen panostamisella pyritään myös välttämään mahdollisia henkilö-, ympäristö- ja omaisuusvahinkoja (Tukes 2016.)

5.2. Riskien hallinta

Riski on onnistumiseen tavoitteluun liittyvä negatiivinen mahdollisuus (Stanford Encyclopedia of Philosophy.) Prosessin riski tarkoittaa negatiivista mahdollisuutta, joka voi aiheutua joko itse prosessista tai jostain sen kanssa olevasta vuorovaikutussuhteesta. Tällaisia mahdollisuuksia voivat olla esimerkiksi ohjausjärjestelmän häiriöt tai operaattorien toimet. Prosessilaitosten ja vaarallisten laitteiden suunnittelussa tulee ottaa huomioon riskien mahdollisuus ja varautua niihin riskin vaatimalla tasolla. Pyrkimyksenä on se, että riskejä voidaan arvioida ja vähentää mahdollisimman paljon. Tätä pyrkimystä varten on apuna lukuisia erilaisia malleja ja käytänteitä. (Tukes 2016.)

Työn riskien arviointi (TRA) on yleisesti käytetty metodi, jolla saadaan luotua kokonaiskuva työpaikan työturvallisuudesta ja sen mahdollisista kehittämistarpeista. Työhön liittyvien vaarojen selvittämiselvoite perustuu työturvallisuuslakiin ja se koskee kaikkia työnantajia toimialasta ja työntekijöiden määrästä riippumatta. Riskien arvioinnin tulee olla etenevää toimintaa, jonka tarkoituksena on tunnistaa riskit ja määrittellä, kuinka merkittäviä ne ovat. Arvioinnissa tarkastellaan aikaisempia tapaturmia ja onnettomuuksia,

sekä myös sellaisia riskejä, jotka eivät ole vielä toteutuneet. Tällöin voidaan havaita toiminnan puutteet ja ongelmat ja estää näistä johtuvat mahdolliset vahingot (Murtonen 2016.)



KUVA 3. Riskien arvioinnin ja hallinnan vaiheet (Murtonen 2016)

Mitä enemmän riskejä prosessiin liittyy, sitä suuremmassa määrin täytyy voida luottaa tekniikkaan ja laitteisiin, joilla riskejä pyritään minimoimaan. Turvallisuuden eheystaso (TET) kertoo sen, kuinka todennäköistä on, että jokin turvatoiminto vikaantuu tai ei toimi kunnolla. Turvallisuuden eheystason määrittämisessä turvatoiminnon tulee toteuttaa hyväksytysti siltä vaadittavat tehtävät kaikissa olosuhteissa halutun ajanjakson verran. Eheystaso on määritettävä erikseen jokaiselle turvatoiminnolle. Mitä korkeampi turvallisuuden eheystaso on, sitä todennäköisemmin turvatoiminto täyttää vaaratilanteessa sille määritetyn tehtävän. TET vaikuttaa omalta osaltaan siihen, mitä laiteteknisiä ja rakenteellisia vaatimuksia pitää prosessin toteuttaa riittävän turvallisuuden/toimintatodennäköisyyden saavuttamiseksi. (Tukes 2016.)

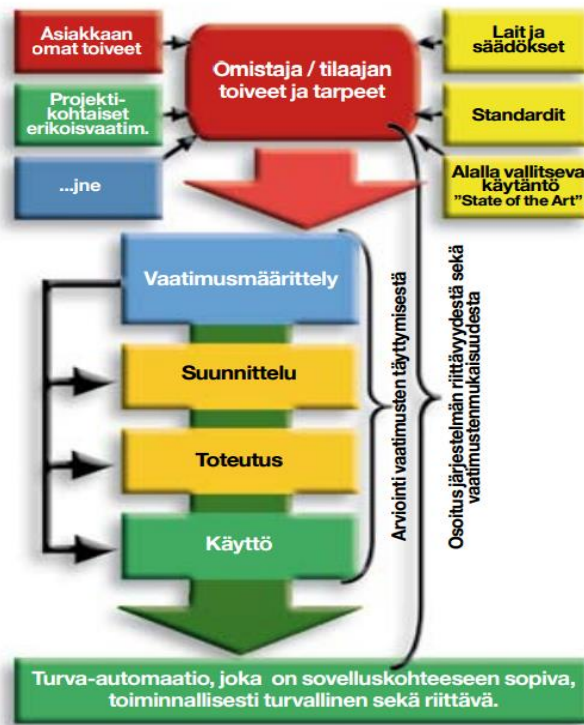
Prosessin riskit ovat merkittävä osa riskikokonaisuutta, mutta öljynjalostuksessa on myös paljon muita mahdollisia riskejä, jotka liittyvät sen liiketoimintaan. Neste Oyj:n tapauksessa sen liiketoimintojen erilaisuudesta johtuen, liiketoiminnan riskitekijät ovat hyvin monialaisia. Yritys itse lajittelee riskinsä seuraaviin osioihin: ulkoiset riskit, strategiset riskit, liiketoiminnan jatkuvuuteen liittyvät riskit, markkinariskit ja luottoriskit. Ulkoisilla riskeillä tarkoitetaan mm. maailmantalouden muutoksia, geopoliittisia jännitteitä, kuten esimerkiksi kauppapakotteita, sekä lainsäädäntöä ja sen muutoksia. Strategisiin riskeihin

luetaan kilpailuympäristön muutokset, teknologian käyttöön ja strategiaan valintoihin liittyvät riskit. Liiketoiminnan jatkuvuuden riskit liittyvät huoltoseisokkeihin, odottamattomiin pysäytyksiin ja kuljetusaluksien toimintaan. Markkinariskejä ovat raakaöljyn hinnan muutokset, raaka-aineiden ja tuotteiden kysynnän sekä tarjonnan muutokset ja esimerkiksi kuljetuskustannusten vaihtelu. Luottoriskit syntyvät sen sijaan myynnistä, kasvavien sijoittamisesta ja vastapuolten kyvyttömyydestä maksuvelvollisuuteen (Neste 2016.)

5.3. Turva-automaatio

Turva-automaatiojärjestelmä on nykypäivänä yksi tärkeimmistä keinoista vähentää prosessilaitosten riskejä. Se on erittäin tärkeässä roolissa prosessien suunnittelussa ja turvallisuuden varmistamisessa. Turva-automaation tarkoituksena on pysäyttää tai ohjata prosessia, tai laitetta turvalliseen tilaan häiriön sattuessa. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että turva-automaation täytyy toimia täysin erillään käyttöautomaatiosta ja sen on oltava käyttöjärjestelmästä riippumaton. Turva-automaation tulee toimia myös mahdollisen sähkökatkon aikana, sille määritetyn ajan. Virheellisesti toimivasta turva-automaatiosta voi olla seurauksena vakavia henkilö ja laitevahinkoja (Tukes 2016.)

Turva-automaation suunnittelussa lähdetään aina liikkeelle siitä, mitä tarpeita ja toiveita tilaajalla on ja mitä erikoisvaatimuksia prosessi aiheuttaa. Turva-automaatiojärjestelmän on toimittava luotettavasti ja siinä tulee huomioida prosessin ja laitteiden luonne ja vaarallisuus. Pelkkä huomioon ottaminen ei tässä tapauksessa riitä, vaan laitteiden toimintavarmuus on kyettävä osoittamaan ja arvioimaan. Järjestelmän tulee toimia riittävällä todennäköisyydellä myös sellaisessa tilanteessa, mikä voidaan kuvitella sattuvan vain kerran, koko laitoksen elinkaaren aikana. Tästä syystä laitteiden pitää olla melko huoltovapaita ja laitteet tulee voida kojeistaa määräajoin. Suunnitteluvaiheessa täytyy myös selvittää, mitä lakeja ja asetuksia käytettäviin menetelmiin liittyy ja onko toimialalla turvallisuuden liittyviä vakiintuneita käytäntöjä tai standardeja (Tukes 2016.)



KUVA 4. Turva-automaation suunnittelu (Tukes 2016)

5.4. Painelaitteet

Painelaitteella tarkoitetaan painelaitelain toisessa momentissa ”säiliötä, putkistoa ja muuta teknistä kokonaisuutta, jossa on tai johon voi kehittyä ylipainetta, sekä painelaitteen suojaamiseksi tarkoitettuja teknisiä kokonaisuuksia.” (Finlex 1999.) Teollisuuspainelaite on teollisuus - ja yrityskäyttöön toimitettu painelaite tai laitekokonaisuus, joihin kuuluvat esimerkiksi höyry- ja vesikattilat, laitoksen alueella olevat paineelliset putkistot ja painesäiliöt. Varolaitteet ja kaikki paineenalaiset lisälaitteet lasketaan myös painelaitteiksi (Tukes 2016.)

Kaikkein vaativimmat ja merkittävää vaaraa aiheuttavat painelaitteet tulee rekisteröidä painelaiterekisteriin, joka on Tukesin ylläpitämä tietokanta. Tukesin nimeämät tarkastuslaitokset toimittavat rekisteriin tiedot rekisteröinneistä ja määräaikaistarkastuksista. Tarkastuksilla pyritään siihen, että painelaite oikein käytettynä ei vaaranna kenenkään terveyttä tai turvallisuutta. Rekisteröinnistä käy ilmi muun muassa painelaitteen omistaja, sijainti ja käytönvalvoja. Painelaitteelle nimetty käytönvalvoja on henkilökohtaisessa vastuussa painelaitteesta ja siitä, että se käytön aikana toteuttaa sille määritellyt vaati-

mukset. Valvojan tulee myös varmistaa, että painelaitetta käyttävä henkilö tuntee painelaitteen toiminnan. Kun painelaitteen käyttöoikeus päättyy tai painelaitteen käyttäminen lopetetaan, tulee tällöin painelaite poistaa painelaiterekisteristä. Mahdollisista käyttöarvojen muutoksista tulee ilmoittaa Tukesille (Tukes 2016.)

5.5. Valvonta

Suomessa Turvatekniikan keskus (Tukes) toimii teknisen turvallisuuden valvovana viranomaisena. Toimialakohtaisesti tämä tarkoittaa mm. vaarallisten kemikaalien käsittelyä ja varastointia, painelaitteita sekä paineellisia järjestelmiä. Tukes toimii luvanmyöntäjänä näiden toimialojen toiminnanharjoittajille. Tämä koskee niin uusia laitoksia, kuin myös jo toiminnassa olevia. Laajamittaisessa vaarallisten kemikaalien teollisessa käsittelyssä ja varastoinnissa tulee olla selkeät suunnitelmat turva-automaatiojärjestelmän toteutuksesta ja sen riittävydestä kohteeseen.

Toimintaperiaateasiakirja on valtioneuvoston asettama velvoite vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvontaan. Asiakirjasta tulee käydä ilmi yrityksen toimintaperiaatteet ja toimet onnettomuuksien estämiseksi. Toimintaperiaateasiakirja tulee laatia, jos valtioneuvoston asetuksessa (685/2015) määrittämät tuotantolaitoksen vaarallisten kemikaalien määrät ylittyvät. Asiakirjaan merkitään toimintaperiaatteiden lisäksi niistä vastuussa oleva henkilö ja käytönvalvoja sekä apuna toimivien henkilöiden nimet ja vastualueet. Toiminnanharjoittajalta veloitetaan myös säännöllisiä turvallisuusjärjestelyjen riittävyyden arviointeja sille asetettujen päämäärien saavuttamiseksi. Sopivia arviointimenetelmiä ovat esimerkiksi sisäiset auditoinnit ja ylemmän johdon tekemät katselmukset (Tukes 2016.)

Ennen käyttöönottolupaa Tukes tarkastaa aina uuden tuotantolaitoksen. Tukes myös valvoo määräaikaistarkastuksia luvanvaraisissa kohteissa. Näitä tekevät Tukesin valtuuttamina ulkopuoliset tarkastuslaitokset. Ne ovat yrityksiä, jotka varmistavat laitteiden ja laitteistojen teknisen turvallisuuden. Painelaitteiden ja turva-automaatiojärjestelmien arviointi laajamittaisissa laitekokonaisuuksissa kuuluu myös tarkastuslaitosten tehtäviin. (Tukes 2016.)

5.6. Sokeointi

Sokeointi tarkoittaa laitteen, prosessiyksikön, tuotantolinjan tai muun vastaavan kokonaisuuden eristämistä huolto -ja kunnossapitotöitä varten. Sokealaippa puolestaan on levy, jolla eristys putkilinjaan suoritetaan. Sokealaipan varresta käy ilmi putkiston tuumakoko sekä paineluokka, jossa sokealaippaa voidaan käyttää. Sokeoinnin tarkoituksena on estää kaasun, nesteen tai kiinteän aineen siirtyminen sokealla erotetulle puolelle. Tämä on tarpeellista esimerkiksi siinä tilanteessa, kun säiliön tai laitteen huoltotoimenpiteet vaativat sisäänmenoa prosessikohteeseen. Tällöin venttiilin avaaminen saattaisi aiheuttaa vaaratilanteen säiliössä työskenteleville (Koskinen 2014.)



KUVA 5. Sokealaippa (Kuva: Arttu Tuominen 2016)



KUVA 6. Sokealaippa paikalleen asennettuna (Kuva: Arttu Tuominen 2016)

Erottamistapaa valittaessa on analysoitava prosessin sisältävät vaaratekijät. Laitteen sisällä kulkevan aineen laatu ja olosuhteet vaikuttavat prosessin riskeihin ja vaarallisuuteen ja tällä tavoin myös erottamistavan valintaan. Tavoitteena on valita prosessin luonne huomioiden kaikkein turvallisimman erottamistapa. Pelkkä erottamisen turvallisuus ei riitä, vaan erottamisen toteutuksen tulee olla myös turvallista. Jos jokin kohteessa estää riittävän turvallisuuden erottamisessa, ovat erottamisen riskit arvioitava erikseen tarkoituksenmukaisella tavalla. Tällaisena tapana käytetään yleisesti työn riskien arviointia (Koskinen 2014.)

Nesteellä sokeointi on aina ensisijainen eristämistapa, mutta jos se ei ole turvallisesti ja järkevästi mahdollista toteuttaa, voidaan vaihtoehtoisesti väliaikaisissa eristämisisä tällöin käyttää venttiilin lukitsemista. Kriittisten venttiilien käyttö tässä tapauksessa estetään huomiovärisellä ketjulla ja lukolla. Kriittisiksi venttiileiksi luetaan mm. kuumaa hiilivedyä sisältävät linjat, itsesyttymislämpötilan yläpuolella olevat seokset ja korkeapainelinjat. Prosessiyksikön pysyvässä pysäyttämässä ei voida kuitenkaan käyttää tätä tapaa, koska eristämisen jälkeen linjaa ei tulla enää koskaan käyttämään. Kriittisten venttiilien lisäksi on myös niin sanottuja apulinjoja, joita ei tarvitse lukita, mutta ne merkitään huomiokyltillä. Tällaisia apulinjoja ovat esimerkiksi huuhtelu ja tyhjennyslinjat (Koskinen 2014.)

Sokeointisuunnitelma tulee tehdä aina ennen sokeoinnin aloittamista. Suunnitelma on havainnollinen esitys sokeoinnista, joka voidaan tehdä esimerkiksi PI-kaavio pohjalle. Suunnitelmaan tulee liittää myös taulukko, jonka avulla voidaan sokeoinnin tilaa seurata. Tähän taulukkoon tulee myös merkitä yksittäisten sokealaitteiden asentamiset ja poistot. Sokeointisuunnitelman noudattamisesta, sekä sokeoinnin suorittamisesta ja valvonnasta vastaa työhön erikseen nimetty henkilö (Koskinen 2014)

5.6.1 Sokeiden nimikkeet Nesteen jalostamoilla

Turvasokea on levy, jolla hiilivedyt, korkeapainelinjat, tai itsesyttymislämpötilan yläpuolella olevat seokset erotetaan tyhjennetystä laitteesta, prosessiyksiköstä tai alueesta. Turvasokean merkintään käytetään punaista numeroitua kylttiä, josta käy ilmi myös tuotantolinja, missä sokea sijaitsee (Koskinen 2014.)



KUVA 7. Turvasokea (Koskinen 2014.)

Kiinteä turvasokea on sokea, joka on asennettu linjastoon pysyvästi. Tällaisen sokean tarkoitus on rajata kohteita, joissa on merkittävä turvallisuusriski. Tällainen turvallisuusriski voi olla esimerkiksi mahdollisuus vaarallisten aineiden sekoittumiseen. Kiinteän turvasokean asentamiseen ja poistoon tarvitaan aina käytönvalvojan lupa. Kiinteä turvasokea on myös punainen kyltti, josta käyvät ilmi samat asiat, kuin turvasokeasta. Lisänä kiinteässä turvasokeassa on teksti ” Saa poistaa vain käytönvalvojan luvalla” (Koskinen 2014.)



KUVA 8. Kiinteä turvasokea (Koskinen 2014)

Laitesokeaa käytetään silloin, kun laite tai putkisto eristetään muusta prosessista henkilön sisäänmenoa vaativaa huolto -, tai tarkastustoimenpidettä varten. Laitesokea tulee sijoittaa aina mahdollisimman lähelle eristettävää laitetta. Sokea tulee asentaa niin, että sen varsi on selkeästi näkyvässä. Laitesokea on keltapohjainen kyltti, josta käy myös ilmi sokean numero ja tuotantolinja (Koskinen 2014.)



KUVA 9. Laitesokea (Koskinen 2014)

Muita työlupakäytäntöihin liittyviä sokeointeja merkitään valkoisella kyltillä. Tällaisia sokeointeja ovat esimerkiksi tyhjiön imu – ja koeponnistustyöt. Kaikkien erilaisten sokeointien kohdalla tulee käyttää aina kyseisen laitteen tai putkiston spesifikaation mukaista sokeaa ja sokeista on pidettävä kirjanpitoa (Koskinen 2014.)



KUVA 10. Työlupakäytäntösokea (Koskinen 2014.)

5.7. Soihtujärjestelmä

Nesteen jalostamoilla on käytössä soihtujärjestelmä, jonka tarkoituksena on turvata omalta osaltaan prosesseja. Prosesseissa saattaa muodostua häiriötilanteita, joissa esimerkiksi prosessin paine alkaa jostain syystä nousta hallitsemattomasti. Tällöin voidaan prosessiin muodostunut ylimääräinen paine ajaa soihtulinjaan. Jokainen yksikkö on yhteydessä soihtuverkostoon, ja se on mitoitettu niin, että sinne mahtuisi kaikkien yksiköiden kaikki kaasut samanaikaisesti (Kurvinen 2014.)

Soihdun tarkoituksena on johtaa ylimääräkaasu soihtutorniin, jossa palaa aina liekki pilot-polttimoilla. Liekin avulla palavat kaasut poltetaan ja näin ollen yksikön painetta saadaan

laskettua turvalliseen paikkaan hallitusti. Soihujen korkeus on mitoitettu niin, että lie-
kistä aiheutuva lämpösäteily ei aiheuta vaaraa prosesseille tai alueella työskenteleville
henkilöille (Kurvinen 2014.)



KUVA 11. Soihtu (Kurvinen 2014)

6 VETY-YKSIKÖN POISTAMINEN KÄYTÖSTÄ

6.1. Sokeointisuunnitelman päivitys

Ennen alasajon toimeenpanemista sokeointisuunnitelma täytyi päivittää vastaamaan tulevaa pysäytystä. Sokeointisuunnitelmana toimivat Excel-taulukkopohja sekä PI-kaaviot, joista käy ilmi sokealaippojen sijainnit, linjatunnukset, sekä telinetarpeet ja eristeiden poistot. Vety-yksikön tapauksessa pysäytyksestä oli olemassa sokeointisuunnitelmia, joita käytettiin aikaisemmassa pysäytyksissä. Näitä suunnitelmia täytyi päivittää, sillä alasajon luonne aiheutti muutoksia sokeointien toteutukselle. Aiemmissa pysäytyksissä sokeoinnit on voitu toteuttaa, niin että linjojen eristäminen on tapahtunut mahdollisimman läheltä toimilaitteita. Pysyvässä pysäytyksessä sokeiden paikat tuli kuitenkin suunnitella niin, että alasajon jälkeen putkistoja ja laitteita voidaan purkaa mahdollisimman paljon ja mahdollisimman suurelta alalta. Myös sellaiset linjat ja laitteet, jotka ovat kriittisiä muun jalostamon toiminnalle vielä pysäytyksen jälkeenkin, tuli selvittää.

6.2. Alueen eristäminen

Ennen varsinaista operointia vety-yksikkö tuli eristää niin, että alasajoon liittymättömät, ulkopuoliset henkilöt eivät tule yksikön alueelle. Yksikön eristämiseen päätettiin käyttää keltamustaa merkintänauhaa sekä huomiokylttejä, joista käy ilmi mitä nauhalla rajatulla alueella ollaan tekemässä. Huomiokyltteihin tulee myös merkitä alasajon vastuuhenkilö ja hänen puhelinnumerosa.



KUVA 12. Vety-yksikkö nauhalla eristettynä (Kuva: Arttu Tuominen 2016)

6.3. Pysäytys

Vety-yksikön pysäytys aloitetaan syötön laskemisella minimitasolle. Syöttöä laskettaessa tulee ottaa huomioon prosessin automaatile asetetut hälytys- ja lukitusrajat. Nämä rajat ovat turva-automaatioon ohjelmoituja raja-arvoja, joilla prosessi pyritään pitämään turvallisenä normaaliajotilanteessa. Kaikkia hälytysrajoja ei saa turvallisuussyistä ohittaa, mutta osalle näin täytyy tehdä pysäytyksen vuoksi. Kun vety-yksikön syöttö on saatu laskettua minimitasolle, voidaan tuorevetesyöttö lopettaa ja aloittaa yksikössä vetykierrätys. Tämä tarkoittaa sitä, että vety-yksikkö ei tuota maakaasusta enää uutta vetyä, vaan jo valmistettua vetyä kierrätetään yksikön sisällä (Uusitalo & Naukkarinen 2015.)

6.4. Vety – ja typpikierrätys

Vetykierrätyksen tarkoitus on laskea prosessilämpöjä, sekä huuhdella rikinpoisto-osuutta. Kierrätyksen aikana varmistetaan että CO- ja CO₂-pitoisuudet ovat riittävän pienet, sillä jo pienetkin happipitoisuudet aiheuttavat suurta lämmönnousua reaktoreissa reagoidessaan katalyyttien kanssa. Kun lämpötiloja on saatu pudotettua riittävästi, voidaan lopettaa

yksikön vetykierrätys ja höyrynsyöttö. Samaan aikaan tulee yksikössä aloittaa tyypikierrätys. Tällöin loputkin palamassa olleet uunien polttimot voidaan sammuttaa ja liuoskierto katkaista (Uusitalo & Naukkarinen 2015.)

Typpi on jalostamolla käyttöhyödyke ja jokaisessa yksikössä on vähintään yksi tai useampi tyypipiste, josta tyyppi saadaan letkulla liitettyä prosessiin. Tyypikierrätyksellä varmistutaan siitä, että linjoissa ja laitteissa ei ole reagoivia ja vaarallisia aineita. Tyypeä käytetään jalostamolla linjojen puhdistamisessa ja tyhjennyksessä siitä syystä että se on inertti kaasu, eli se ei reagoi muiden aineiden kanssa. Vety-yksikön tapauksessa tyypellä varmistetaan se, että linjoissa ei ole enää vetykaasua. Tyypikierrätyksen ajaksi yksikön paine tulee nostaa hieman normaalia korkeammaksi. Tällä pyritään parantamaan aineiden poistumista linjoista ja laitteista, sekä maksimoidaan jäähdyttäminen. Tyypikierrätyksen aikana yksikköä huuhdellaan tyypellä soihutjärjestelmään (Uusitalo & Naukkarinen 2015.)

6.5. Liuoskierron tyhjennys ja huuhtelu

Vetykierrätyksen loputtua kaasunpesurin DA-401:n liuoskierto katkaistaan. Tämän jälkeen liuosjärjestelmän sisältämä pesuliuos tyhjenetään huolellisesti varastosäiliöön. Tyhjennyksen jälkeen liuoskierto huuhdellaan lauhdevedellä. Tätä toimenpidettä toistetaan niin monta kertaa, että varmistutaan liuoskierron riittävästä huuhtelusta. Tämän jälkeen kaikki laitteet ja putkistot tyhjenetään vety-yksikön alla sijaitsevaan liuosmonttuun. Pesuliuos sisältää divanadiinipentoksidia ja sen laskeminen viemäriin aiheuttaisi ongelmia jätevedenpuhdistuslaitoksella, sillä vanadiinipentoksidi tuhoaa jätevedenpuhdistuksessa käytettäviä mikrobeja. Pesuliuos on vesipohjainen, joten kuumennettaessa, siitä haihtuu vain vettä, eikä haihduttaminen näin ollen aiheuta ympäristölle haittaa. Lopuksi liuos pumpataan pois montusta ja kuljetetaan Ekokemille jatkokäsiteltäväksi (Uusitalo & Naukkarinen 2015.)



KUVA 13. Liuoksen pumppaaminen liuosmontusta autoon (Kuva: Arttu Tuominen 2016)

6.6. Katalyyttityöt

Katalyyttitöitä aloitettaessa on kaikkien työhön osallistuvien kanssa käytävä läpi säiliö-
todistuskäytäntö, työlupakäytäntö, TRA (työn riskien arviointi), ja pelastussuunnitelma.
Näiden lisäksi urakoitsijan laatimat turvallisuusohjeet ja työsuunnitelma tarkistetaan.
Näillä varmistetaan se, että jokainen työtä tekevä on tietoinen, mitä tekee ja mitä riskejä
työhön liittyy. Ennen varsinaisten katalyyttitöiden alkua paikalla olevien pelastusvälinei-
den käyttöä tulee harjoitella, jotta voidaan todeta ne toimintakuntoisiksi, sekä varmistua
siitä, että jokainen osaa käyttää niitä tarvittaessa oikein (Pirnes 2011.)

Katalyytin purku – ja lastaustöissä on käytettävä aina vaadittavia suojaimia. Reaktorin
sisällä työskenneltäessä on käytettävä aina paineilmalaitteita ja kaikilla muilla katalyytti-
työhön osallistuvilla henkilöillä on oltava vähintään jalostamolla normaalisti käytettävät
suojaruusteet, kuten suojahaalari, silmäsuojaimet, suojakäsineet, kypärä ja turvakengät.
Töissä, jotka sijaitsevat katalyyttitöiden välittömässä läheisyydessä ja näin ollen mahdol-
listavat altistumisen katalyyttipölylle, tulee käyttää vähintään pölysuotimella varustettua

puoli- tai kokonaamaria. Jos ilmassa voi olla tämän lisäksi haitallisia kaasuja, tulee pölysuodattimeen myös lisätä ABEK-suodatin, joka suojaa orgaanisilta kaasuilta ja liuotinhöyryiltä (Pirnes 2001.)

Osa vety-yksikön katalyyttitoista joudutaan tekemään typpiatmosfäärissä, sillä esimerkiksi metanointi-reaktorissa käytettävä nikkelioksidikatalyytti kuumenee voimakkaasti reagoidessaan ilmassa olevan hapen kanssa. Katalyyttiä poistettaessa on tärkeää varmistua siitä, että ilmaa ei pääse reaktoriin. Tämä estetään riittävän suurella typpipursotuksella sekä lämpötilojen seuraamisella. Lämpötilan kohoamisen johdosta voi katalyytin poistossa käytettävä imuri tai imuputki kuumentua ja sulaa, josta voi aiheutua vammoja letkua pitävälle henkilölle. Lämpötilan kohotessa nikkelioksidikatalyytti muuttuu myös nikkelikarbonyyliksi, joka on erittäin myrkyllinen aine ja sille altistuminen saattaa aiheuttaa jopa kuoleman (Pirnes 2011.)

Katalyyttien poistamista ei voitu toteuttaa yhtäaikaaisesti alasajon jälkeen, joten reaktoreihin tuli jättää riittävä typpipaine. Typpipainetta pidettiin yllä säätävällä paineenalennusventtiilillä, joka oli kiinnitetty yksikön typpilinjaan. Venttiili säädettiin pitämään reaktoreissa noin baarin ylipaine aina tyhjennyksen aloittamiseen asti. Paineen laskiessa määritetyn rajan alle venttiili päästää yksikön typpilinjasta lisää typpeä reaktoreihin. Näin varmistutaan siitä että reaktorissa on riittävästi typpeä.



KUVA 14. Paineenalennusventtiili (Kuva: Arttu Tuominen 2016)

6.7. Polttokaasulinjojen puhdistus

Polttokaasulinjojen pesemisellä varmistetaan siitä, että yksikön polttokaasulinjoihin ei jäisi rautasulfidia tai koksia, joita on voinut kertyä linjastoon korroosiotuotteena. Polttokaasulinjojen puhdistus aloitettiin vety-yksikön kohdalla höyrytyksellä. Höyryä ajettiin polttokaasulinjastoon sen molemmista päistä yksiköiden höyry-yhteistä saatavalla höyryllä. Höyry kytkettiin vety-yksikön puolella suoraan letkulla kiinni linjaan, mutta linjan toiseen päähän, joka ei enää kuulunut vety-yksikköön, täytyi laittaa höyrytyssokea. Höyrytyssokea on sokealaippa, johon voidaan johtaa höyry niin, että se pääsee kulkeutumaan vain sokealaipan toisella puolella sijaitsevasta reiästä ulos putkistoon. Höyrytystä varten valmistetussa sokealaipassa on kaksi kynsiliihintä, joihin tuleva höyry voidaan kiinnittää.



KUVA 15. Höyrytyssokealaippa (Kuva: Arttu Tuominen 2016)

Höyrytyksen jälkeen voitiin aloittaa varsinainen pesuoperaatio. Polttokaasulinjojen pesun suoritti Nesteen hyväksymä palvelun toimittaja. Polttokaasulinjojen pesussa haasteen aiheutti se, että linjastossa on erittäin paljon mutkia ja venttiileitä, jolloin putkistoon jää

helposti kohtia, jotka eivät puhdistu kunnolla. Polttokaasulinjasto päätettiin tästä syystä puhdistaa kaksivaiheisesti. Ensimmäisessä vaiheessa puhdistettiin linjaston pisin suora osuus elementtipuhdistamalla, eli kansankielisesti madottamalla. Madotus on toimenpide, jossa putkistoon laitetaan letku, jonka päässä on puhdistuselementti. Puhdistuselementti suihkuttaa vettä taaksepäin suunnatuilla suuttimilla niin, että letku työntää itseään putkistossa eteenpäin vedenpaineen avulla. Tällä tavoin pystytään putkistojen suorat osat puhdistamaan mahdollisimman tehokkaasti. Madotuksen jälkeen likainen pesuvesi kerättiin tyhjennyskonttiin, josta se imettiin tyhjennysautoon.

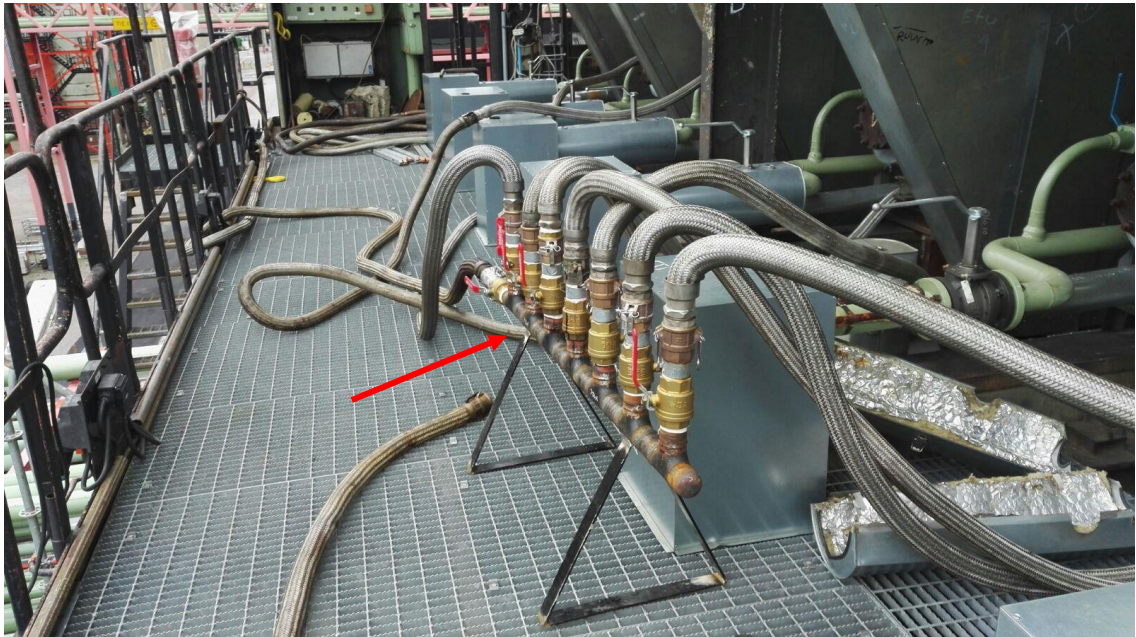


KUVA 16. Madotusletku ja tyhjennyskontti (Kuva: Arttu Tuominen 2016)



KUVA 17. Pesuliuoksen täyttö säiliöautoon (Kuva: Arttu Tuominen 2016)

Putkiston suoran osan madotuksen jälkeen loput polttokaasulinjoista puhdistettiin pesuliuoksen kierrättämisellä. Pesuliuoksena käytettiin natriumkarbonaattiliuosta, joka neutraloi putkistoon mahdollisesti kertyneitä rautasulfidi- sekä koksijäämiä. Putkistoon kerääntyneet jäämät voisivat muuten reagoida hapen kanssa ja pahimmassa tapauksessa aiheuttaa syttymän. Pesuliuos pumpattiin yksikön polttokaasulinjastoon säiliöauton omalla pumpulla. Pesuliuoksen kierrätyksen jälkeen liuos imettiin samaan autoon, jolla se pumpattiin sisälle yksikköön. Kaikkein kriittisimmäksi ja vaikeimmaksi puhdistettavaksi koettiin uunin BA-402 yläosassa sijaitsevat polttimoiden polttokaasulinjat. Puhdistamisen varmistamiseksi polttimille meneviä polttokaasulinjoja varten valmistettiin jakotukki, jolla pesuliuosta voitiin kierrättää jokaiseen poltinriviin erikseen. Tällöin välttyttiin siltä, että jokin poltinriveistä ei puhdistuisi kunnolla.



KUVA 18. Jakotukki (Kuva: Arttu Tuominen 2016)

7 LAITTEIDEN ELINKAARI JA PYSYVÄ PYSÄYTYS

7.1. Elinkaarikustannukset ja elinkaari

Elinkaarikustannukset muodostuvat kaikista niistä yhteenlasketuista kustannuksista, joita kohteelle voidaan olettaa sen elinkaaren aikana syntyvän. Elinkaari tarkoittaa sitä aikaväliä, joka alkaa laitteen tai järjestelmän suunnittelusta ja jatkuu aina siihen hetkeen saakka, kun laite tai järjestelmä poistetaan käytöstä lopullisesti, tai vaihtoehtoisesti uudelleen sijoitetaan. Suurin osa kohteen kustannuksista muodostuu yleensä sen käytöstä tai käyttämättömyydestä. Käyttämättömyydestä johtuva seisonta-aika vaikuttaa merkittävästi esimerkiksi prosessiteollisuuden kohteissa, sillä seisonta-ajasta johtuvat taloudelliset menetykset ovat yleensä merkittäviä (Barringer 1996; Lempiäinen 2007; Komonen 2009.)

Elinkaariajattelun lähtökohtana on aina minimoida kokonaiskustannukset. Analysoimalla elinkaarikustannuksia voidaan osoittaa mahdollisuuksia, joita erilaisten ratkaisujen tekemisellä on mahdollista saavuttaa. Analysoinnissa hankalin osuus on kuitenkin arvioida tulevaisuuden tapahtumia. Tästä syystä elinkaarianalysoinnissa tulisi jättää jonkin verran liikkumavaraa erilaisille oletuksille siitä, mitä saattaa tapahtua. Esimerkiksi investointikulut eivät välttämättä pelkästään kerro suurtakaan osuutta kokonaiskustannuksista. Varsinkin prosessiteollisuudessa investointikustannukset ovat vain hyvin pieni osa laitteen tai järjestelmän koko elinkaaren aikaisista kustannuksista. Elinkaarikustannukset voidaan toimialasta riippuen karkeasti ajatella koostuvan seuraavista asioista: investointikustannukset, asennuskustannukset, energiakustannukset, käyttökustannukset, kunnossapito ja korjauskustannukset, menetetyistä tuotannosta koituneet kustannukset, ympäristökustannukset ja poiston/hävittämisen kustannukset (Barringer 1996; Lempiäinen 2007; Komonen 2009.)

Elinkaarikustannuksia analysoitaessa on erittäin suuri merkitys sillä, kuinka pitkään laitteen tai järjestelmän tulisi olla käytössä. Pitkän elinkaaren omaavilla laitteilla elinkaaren tarkastelu hankintavaiheessa on huomattavasti tärkeämpää, kuin lyhyen elinkaaren omaavilla. Pitkän elinkaaren omaavien kohteiden käytönaikaiset kustannukset voidaan ajatella ylittävän moninkertaisesti investointikustannukset. Sen sijaan elinkaareltaan ajallisesti lyhemmän kohteen tarkastelu voidaan toteuttaa esimerkiksi takaisinmaksuajan mukaan (Barringer 1996; Lempiäinen 2007; Komonen 2009.)

7.2. Laitteiston purku ja automaation poistaminen käytöstä

Vety-yksikön pysäyttämisen myötä voidaan alkaa suunnitella yksikön purkutöitä. Purettavista laitteista ei ollut vielä opinnäytetyön aikana selkeää suunnitelmaa, mutta alueella sijaitsevista laitteista on olemassa listat eri ammattialojen osastoilla. Näiden listojen avulla voidaan kartoittaa mahdollisia uusiokäytettäviä laitteita. Jokaisen laitteen kunto tulee kuitenkin arvioida tapauskohtaisesti erikseen. Vety-yksikön laitteista suurin osa on sellaisia, jotka ovat jo käyttöikänsä päässä ja tällaisten laitteiden poistamisesta käytöstä tulee tehdä selkeä suunnitelma.

Laitteistojen purkusuunnitelman ja purettavien laitteiden selvittäminen on erittäin tärkeää myös laitteistojen kirjanpidon vuoksi. Kirjanpitosäännösten mukaan yrityksen tulisi säännönmukaisesti tarkastella laitteiden ja yksiköiden taloudellista käyttöaikaa ja tarvittaessa muuttaa näille aiemmin annettuja laitteistojen poistoaikoja. Kun taloudellisen käyttöajan katsotaan olevan ohi, tällöin laitteella ei tulisi olla yritykselle enää jäännösarvoa, vaan laite tulisi poistaa kokonaan käytöstä. Jotkin laitteet ja laitteistot saattavat kestää taloudellista poistoaikaa kauemmin, tai ne voivat olla hyödyllisiä jossain toisessa kohteessa. Tällöin ne pysyvät yrityksen käyttöominaisuuskirjanpidossa. Silloin kun laitteelle ei enää katsota järkevää käyttöominaisuutta, ne tulisi poistaa myös käyttöominaisuuskirjanpidosta (Selos 2016.)

Vety-yksikön alasajon ajankohta määräytyi tiettyjen painelaitteiden käyttöajan umpeutumisesta. Tähän määräaikaan mennessä nämä painelaitteet tuli olla poistettuna käytöstä, eli paineettomana. Työssä läpikäytiin listoja yksikössä olevista painelaitteista ja laitteet jaoteltiin tarpeettomiin, eli rekisteristä poistettaviin ja tarpeellisiin, eli sellaisiin laitteisiin, joilla käyttöä vielä katsottiin olevan. Käytöstä poistettavat painelaitteet tulee poistaa rekisteristä ja toimittaa rekisteröintikilpi takasin valvovalle viranomaiselle. Pyörivien laitteiden, kuten pumppujen, kompressoreiden ja puhaltimien kunto tulee selvittää ja arvioida niiden mahdollisia uudelleenkäyttökohteita. Vetylaitoksen osalta suurin osa pyörivistä laitteista ei ole uudelleen käytettävissä, mutta laitteille on silti hyvä tehdä yksityiskohtainen tarkastelu.

Vety-yksikköön liittyvää automaatiojärjestelmää ei voida purkaa ennen seuraavaa huoltopysäytystä, sillä osa automaatiosta jää käyttöön alasajon jälkeenkin. Vety-yksikön kanssa samaan automaatiojärjestelmään kuuluu myös vetykrakkaus-yksikkö. Käynnin aikana voidaan poistaa käyttöautomaatiojärjestelmästä kuitenkin piirit, joita ei enää tulla käyttämään. Varsinainen ristikytkentöjen purkaminen voidaan toteuttaa aikaisintaan vasta seuraavan huoltoseisokin aikana. Tärkeää on myös selvittää automaatiolaitteiden kohdalla sellaiset kenttälaitteet ja automaatiojärjestelmän osat, jotka voidaan uusiokäyttää, sekä automaatiopiirit, jotka poistuvat käytöstä.

Automaatiolaitteiston poistaminen käytöstä on tärkeää, sillä vaikei automaatiota enää käytettäisi, kenttälaitteiden turvapiirit tulee jokaisessa tarkastuksessa koestaa. Tämä aiheuttaa turhaa työtä ja lisäkustannuksia yritykselle. Automaation ristikytkentätilassa olevaa kaappitilaa tulisi saada lisää, sillä uusien yksiköiden kohdalla tarvitaan aina lisää tilaa järjestelmäkaapeille. Vety-yksikön omat automaatiojärjestelmät voidaan tulevaisuudessa purkaa osittain ja näin ollen vety-yksikön osuus kaappitilasta saadaan käyttöön uutta automaatiojärjestelmää varten. Vety-yksikön automaatiojärjestelmä vie noin kolmen kaapin verran tilaa ristikytkentätilassa. Järjestelmän osalta vety-yksikön poistaminen mahdollistaisi myös uuden yksikön liittämisen vanhaan järjestelmään vetykrakkauksen kanssa.



KUVA 19. Ristikytkentäkaappi

8 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kerätä yhteen mahdollisimman paljon prosessiyksikön alasajoon liittyvää tietoa, sekä suorittaa vety-yksikön turvallinen ja tehokas alasajo. Tarkoituksena oli myös perehtyä laitteiden poistamiseen laiterekisteristä ja yrityksen sokeointikäytänteisiin pysyvä pysäytys huomioon ottaen. Tämän lisäksi tavoitteena oli myös tutkia viranomaismääräyksiä öljynjalostuslaitteiden elinkaaren suhteen. Soveltavaan osaan kuului osallistuminen yksikön pysyvään pysäytykseen sekä ohjeiden päivitykseen.

Opinnäytetyön käytännön osasta suurin osa oli tiedon etsintää. Suuressa organisaatiossa on paljon eri tahoja, joille tieto on jakautunut ja suurimman haasteen etsimiselle toi se, että löysi henkilön, jolla haluttuun asiaan liittyvä tieto on. Suurimman osan tiedosta sai selvitettyä Nesteen omasta tietokannasta. Lisätyötä kuitenkin aiheutti tiedon ajantasaisuuden varmistaminen. Tiedon etsintä vaati myös paljon sähköpostiviestittelyä asianomaisten henkilöiden välillä.

Varsinainen prosessiyksikön pysäytys onnistui hyvin. Pysäytys onnistuttiin viemään alusta loppuun turvallisesti ja tehokkaasti. Pieniä vastoinkäymisiä ja ajallisia menetyksiä aiheuttivat muutamat huolimattomuudet esimerkiksi sokeoinneissa. Onneksi nämä virheet eivät aiheuttaneet vaaratilanteita tai kovin suuria ajallisia menetyksiä pysäytykseen. Kokonaisuudessaan pysäytys onnistui hyvin.

Tämän työn pohjalta on hyvä valmistautua alasajoihin, sillä siihen on koottu havaintoja, joita tulee ottaa huomioon alasajon suunnittelussa ja toteutuksessa. Opinnäytetyöstä saatu informaatio ei ole kuitenkaan yleispätevää, sillä jokaisen alasajon kohdalla tilanne on aina omanlaisensa ja jokainen alasajo vaatii selvitystyötä sen toimeenpanijalta.

Opinnäytetyölle asetetut tavoitteet toteutuivat kohtalaisen hyvin. Työ oli mielenkiintoinen sekä monipuolinen. Se antoi paljon kokemusta ison yrityksen toimintamalleista ja käytänteistä, sekä käytännön insinööriystä.

LÄHTEET

Barringer 1996; Lempiäinen 2007; Komonen 2009. Elinkaarikustannukset (Life Cycle Costs, LCC).Ramentor. Luettu 21.9.2016. <http://www.ramentor.com/etusivu/teoria/elinkaarikustannukset/>

Finlex. 2 § (21.11.2008/731) Painelaitelaki. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990869>

Kemian laitos. Vety. Luettu 18.8.2016. <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/kaasut/vety.html>

Koskihaara K. Laitteiston erottamiskäytäntö Porvoon ja Naantalın jalostamoilla, 10/2013

Koskinen J. Sokeointien suorittaminen Porvoon ja Naantalın jalostamolla, 9/2014

Kurvinen J. Soihtukoulutus. Neste Porvoo. 3/2014

Murtonen M. Riskien arviointi työpaikalla – työkirja. Luettu 20.9.2016. http://ttk.fi/files/2941/Riskien_arviointi_tyopaikalla_tyokirja_22052015_kerttuli.pdf

Motiva. Vety. Luettu 18.8.2016 http://www.motiva.fi/liikenne/henkiloautoilu/vaalitse_auto_viisaasti/energialahteet/vety

Naukkarinen, J. 4/2013 VY-prosessin kuvaus ja normaalioperointi, OQD 976

Naukkarinen, J. & Uusitalo, K. VY-Teoria, Neste Porvoo, 1/2015.

Naukkarinen, J. & Uusitalo, K. VY-pysäytys, Neste Porvoo, 3/2015

Neste Oyj. 2016. Internet-sivut. Luettu 4.7.2016. <https://www.neste.com/fi/fi/konserni/tietoa-meist%C3%A4>

Neste Oyj. Riskienhallinta. Internet-sivut. Luettu 4.7.2016. <https://www.neste.com/fi/fi/konserni/sijoittajat/hallinnointi/riskienhallinta/nesteen-liiketoimintaan-liittyvi%C3%A4-riskej%C3%A4>

Neste Oyj.Porvoon jalostamo. Luettu 12.9.2016 https://www.neste.com/sites/default/files/image_gallery/refineries/porvoo/734734.jpg

Niskanen, T. Porvoon yleisesittely 2014

Niskanen, T. Neste Oil Porvoon tuotantolaitokset, 9/2015

Pihkala J. Prosessitekniikka.Vedyn valmistus. Luettu 19.8.2016. <http://prosessitekniikka.kpedu.fi/doc-html/oljynjal.html>

Pirnes M. Katalyytin käsittely. Neste Porvoo. 1/2011

Selos E. Business Controller. 2016. Kommentteja vety-yksikön alasajoon. Sähköpostiviesti. erno.selos@neste.com. Luettu 7.11.2016

Stanford Encyclopedia of Philosophy. Risk. Luettu 12.9.2016 <http://plato.stanford.edu/entries/risk/>

Tukes. Painelaite kunnossapito-opas. Luettu 7.9.2016 http://www.tukes.fi/Tiedostot/painelaitteet/esitteet_ja_opaat/painelaite-kunnossapito-opas.pdf

Tukes. Painelaitteet. Luettu 6.9.2016 http://www.tukes.fi/tiedostot/painelaitteet/esitteet_ja_opaat/painelaiteopas.pdf

Tukes. Prosessiturvallisuus ja mittaaminen. Luettu 14.11.2016 http://www.tukes.fi/Tiedostot/vaaralliset_aineet/esitteet_ja_opaat/Prosessiturvallisuus_ja_mittaaminen.pdf

Tukes. Toimintaperiaateasiakirja. Luettu 9.11.2016. <http://www.tukes.fi/fi/Palvelut/Tukes-ohjeet/2Kemikaalit-ja-kaasu/Tukes-ohje-10-Toimintaperiaateasiakirja/>

Tukes. Turva-automaatio prosessiteollisuudessa. Luettu 6.9.2016 http://www.tukes.fi/Tiedostot/kemikaalit_kaasu/Turva-automaatio_prosessiteollisuudessa.pdf

