

Jimi Skaffari

Sekakaasulinjan uusinta Nesteen jalostamolla

Opinnäytetyö

Tekniikan ammattikorkeakoulututkinto

Energiatekniikan koulutus

2024



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Jimi Skaffari
Työn nimi	Sekakaasulinjan uusinta Nesteen jalostamolla
Toimeksiantaja	Neste Oyj
Vuosi	2024
Sivut	44 sivua + 5 liitettä
Työn ohjaaja(t)	Lehtori Kalle Tarhonen Ryhmäpäällikkö Timo-Ilkka Tolonen

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Neste Oyj, joka on Suomen suurin raakaöljyn ja uusiutuvien polttoaineiden jalostaja. Opinnäytetyö tehtiin kunnossapito-osastolle, jolla on tavoitteena uusia vanhaa putkistoa. Työn tavoitteena oli suunnitella uusi putkisto vanhan sekakaasulinjan tilalle. Työlle asetettuihin tavoitteisiin kuului uuden putkistolinjan mahdollisen reitityksen määrittäminen, putkiluokan vaihdokseen liittyvien mahdollisten muutosten suunnittelu ja budjetin määrittäminen putkiston uusinnalle.

Työn suoritettiin teoreettisena tutkimuksena, jossa käytettiin laadullista tutkimusmenetelmää. Työtä varten oli oleellista tutustua Suomen painelaitesäädäntöihin, Euroopan painelaitedirektiiviin ja erimaiden standardeihin, jotka liittyvät putkistotöihin ja painelaitteisiin. Painelaitelain (1144/2016) mukaisia muutos- ja korjaustöitä ohjaa tarkasti standardit ja painelaitedirektiivi. Työtä ohjaa vahvasti eri standardit ja Neste oy:n omat spesifikaatiot, jotka ovat kansainvälisten standardien ja Suomen lainsäädännön mukaan laadittuja omia ohjenuoria.

Työssä uusittavaksi valitun putkilinjan huonokuntoisuuden syiden arviointi oli oleellinen osa työtä. Tavoitteena on ehkäistä tulevan putkilinjan kohdalla samoja korroosio-ongelmia. Eristeiden alaisen korroosion ehkäisemiseksi onkin huomioitu uusintaa varten kunnolliset pintakäsittelyt, kannakoinnin ja eristeiden asennusten aikainen huolellisuus ja asennuksen oikeellisuus.

Työn lopputuloksena putkistolle on määritetty uusi reitti, jolle putkisto saadaan asennettua ja toteutettua. Putkisillalta joudutaan purkamaan vanhaa käytöstä pois olevaa putkistoa ennen uuden asennusta, koska se helpottaa työskentelyä. Työssä on huomioitu putkiluokan vaihdoksesta lisänä tulleet nestekaasulinjan lisävaatimukset. Työn kustannukset on budjetoitu materiaalien, ja eri alojen kustannuksien mukaan, jolla saadaan kokonaishinta-arvio työlle.

Työn perusteella toimeksiantaja pystyy toteuttamaan putkiston uusintaa ja varaamaan tarvittavan pääoman uusintaa varten.

Asiasanat: standardi, korroosio, teollisuus, putkisto

Degree title	Bachelor of engineering
Author (authors)	Jimi Skaffari
Thesis title	Piping renewal at Neste's refinery
Commissioned by	Neste Oyj
Time	2024
Pages	44 pages + 5 appendices
Supervisor	Senior Lecturer Kalle Tarhonen Team Leader Timo-Ilkka Tolonen

ABSTRACT

The commissioner of this thesis is Neste Oyj, which is Finland's only refiner of crude oil and renewable fuels. The thesis was done for the maintenance department, which aims to renew old pipelines. The goal of the work was to design a new pipeline to replace the old mixed gas line. The goals set for the work included determining the possible routing of the new pipeline, planning changes related to the change in piping class and establishing the budget for the pipeline renewal.

The work was carried out as a theoretical study using a qualitative research method. For the work, it was essential to become familiar with Finnish pressure equipment legislation, the European Pressure Equipment Directive and the standards of other countries, which are related to pipeline work and pressure equipment. Change and repair works according to the Pressure Equipment Act (1144/2016) are strictly controlled by standards and the Pressure Equipment Directive. The work is strongly guided by different standards and Neste oyj's own specifications, which are guidelines drawn up in accordance with international standards and Finnish legislation.

The essential part of the thesis was evaluation of the causes of the poor condition of the pipeline selected for renewal, to prevent the same corrosion problems in the future pipeline. In order to prevent corrosion under the insulation, proper surface treatments, care during bracing and insulation installation, and correctness of the installation have been taken into account for the renewal.

As a result of the work, a new route has been determined for the pipeline, on which the pipeline can be installed and implemented. The work has taken into account the additional requirements resulting changing the pipe class to liquefied gas line. The costs of the work are budgeted according to the materials and the costs of different professions, which gives a total price estimate for the work.

Based on the work, the commissioner will be able to proceed with the pipeline renewal and allocate the necessary capital for the project.

Keywords: Standard, corrosion, Industrial, Piping

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	NESTE OYJ	6
2.1	Porvoon jalostamo	7
3	LAIT, SÄÄDÖKSET JA STANDARDIT	9
3.1	Putkisto	9
4	PED	10
5	SEKAKAASULINJA	15
5.1	Korroosio	18
5.2	Sekakaasulinjan ohentuminen	20
5.3	Eristeen alainen korroosio eli CUI	22
6	LINJAN UUSINTA	26
6.1	Kannakointi	34
6.2	Eristys	37
7	VALMISTUS	38
7.1	NDT-tarkastus	39
7.2	Kustannukset / budjetointi	41
8	YHTEENVETO	43
	LÄHDELUETTELO	45

KUVALUETTELO

LIITTEET

Liite 1. Juurisyyanalyysi.

Liite 2. Hitsausohje.

Liite 3. Venttiilin eristekotelon havainnekuva

Liite 4. Laipan eristekotelon havainnekuva.

Liite 5. Sekakaasulinjan vaihdos uudelle reitille

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehdään Neste Oyj toimeksiannosta. Toimeksiannon tarkoitus on suunnitella uusi sekakaasulinja, joka kulkee ISBL-alueelta OSBL-alueelle ja sieltä pitkin viereiselle laitokselle Borealis Polymersille. ISBL on englanninkielinen termi, Inside battery limit, eli patterirajan sisäinen alue ja OSBL on Outside battery limit, eli patterirajan ulkopuolinen alue. OSBL-alueella kulkee yleensä siirtolinjat, kuten tämä sekakaasulinja, joka on siirtolinja eri laitokselle.

Linjan uusinta on ajankohtaista ja sen hyöty toimeksiantajalle oli vuonna 2022 noin 2 MUD. Ylimääräisen sekakaasun rahallinen hyöty syntyy, kun se saadaan myytyä viereiselle eteenilaitokselle sen sijaan, että se ajettaisiin polttoon ilman minkäänlaista prosessiteknistä hyötyä. Soihtuun kaasuja ei saa tuotannollisista syistä ajaa ympäristölupiin vedoten. (Bedda 2022.)

Sekakaasulinjalta löytyy tarkastushistoriaa 2004 luvulta saakka. Linjan uusintaa on suositellut OSBL-alueen entinen laitetarkastaja Silvennoinen ensimmäisen kerran jo vuonna 2012, jolloin suositeltiin uusintaa vuoden 2015 suurseisakkiin mennessä. Tällöin linjaa oli jo korjattu paikoittain. (Neste Oyj 2012.) Linjan rahallisen ja käyttöarvon takia on nyt päätetty, että linja on uusittava, eikä sitä kannata ottaa pois käytöstä.

Jos linja puretaan taikka se ei ole käyttökuntoinen, joudutaan noin 26 000 t/a linjan kautta kulkeva KTO4/5- ja REF3-yksiköiden sekakaasu ajamaan soihtuun, ja sillä taas on lisäkustannuksia, johtuen ympäristöluparikkomusten takia (Liukkonen 2021.)

Työn tavoitteena on suunnitella uusi putkilinja, joka kulkee eri reitillä, kuin vanha linja. Linjaa ei mahdu tekemään enää samalle osuudelle putkisillalla, joten sille täytyy kartoittaa uusi reitti. Tämä reittisuunnittelu tehdään pääasiassa kenttäsuunnitteluna. Linjan kannakoinnin- ja eristeiden suunnittelu, linjan uusinnasta aiheutuvat kustannukset kokonaisuudessaan ja putkiluokan vaihdoksesta aiheutuvien muutosten suunnittelu ovat osa työn tavoitteita.

Työ sisältää myös paljon standardein tulkintaa, joiden avulla suurin osa suunnittelu työstä tehdään. Työssä tullaan hyödyntämään kansainvälisiä standardeja kuten myös Nesteen omia spesifikaatioita.

Työn valmistuttua toimeksiantajalla tulee olla siis käsitys linjan uusimiseen tarvittavista materiaaleista, resursseista, aikatauluista ja rahallisista kustannuksista budjetointia varten.

Työn avulla voidaan pyytää urakoitsijoilta urakkatarjouksia, jonka avulla voidaan kilpailuttaa putkiston uusinta ja tilaajalle on mahdollista saada kilpailukykyinen hinnoittelu ja samalla varata tarvittava pääoma uusintaan. Mahdollista on myös arvioida uusinnan linjan kannattavuus verrattuna kustannuksiin. Linjaston reitinsuunnittelun perusteella on saatu myös materiaalitarpeet selville, joten kaikki osat voidaan tilata valmiiksi, tämä edistää uusintaa ja mahdollistaa aikataulun pitävyyden. Aikataulun venyminen heijastuu kustannuksiin varsinkin putkistourakoitsijan kustannuksista, mutta myös telinevuokrien kustannuksista. Fyysisen reittisuunnittelun ansiosta on mahdollista suunnitella ja piirtää 3D-ohjelmistolla putkilinja ja piirtää isometrit linjalle, joita ei aikaisemmin ole ollut olemassa. Isometrien piirtäminen on tärkeä etu kunnossapidon kannalta.

2 NESTE OYJ

Neste Oyj on suomalainen petrokemian yritys, joka on perustettu vuonna 1948. Neste perustettiin alun perin turvaamaan Suomen öljynhuolto. Ensimmäinen jalostamo perustettiin Naantaliin vuonna 1957 ja Porvoon jalostamo perustettiin 1965. Porvoon jalostamoa on laajennettu moneen kertaan vuosien aikana ja nykyisinkin Porvooseen tehdään uusia investointeja. Vuonna 1970 Nesteestä tuli Suomen suurin yritys. Neste on tunnettu myös nimillä Fortum Oyj ja Neste Oil. Neste on tunnettu kehittämästään NEXBTL-teknologiasta, jolla tuotetaan uusiutuvaa dieseliä. Neste on maailman suurin uusiutuvien polttoaineiden tuottaja. Nesteellä on myös jalostamot Singaporessa ja Alankomaissa. (Muutosmatkamme 2023.) Nesteen suurin osakkeenomistaja on Suomen valtio 44,22 %-n osuudella (Osakkeenomistajat 2024). Vuonna 2022 Neste työllisti keskimäärin 5 200 työntekijää ja liikevaihto noin 25,7 miljardia euroa (Change runs on renewables 2023, 2). Suomessa pelkästään nesteellä on töissä noin 3400 työntekijää. Neste myös työllistää noin 3200 eri palvelun

toimittajaa Suomessa. (Neste Oyj 2023.) Kuvassa 1 on kuvattu vuoden 2019 henkilöstörakennetta.

Henkilöstön sukupuolijakauma 31.12.2019, %

	Naiset		Miehet	
	2019	2018	2019	2018
Koko henkilöstö	30,2	37,5	69,8	62,5
Esimiehet	27,8	30,8	72,2	69,2
Johto	22,0	23,4	78,0	76,6
Johtoryhmä	18,2	22,2	81,8	77,8
Hallitus	37,5	37,5	62,5	62,5

Kuva 1. Nesteen henkilöstöjako vuonna 2019 (Vuosikertomus 2019, 63.)

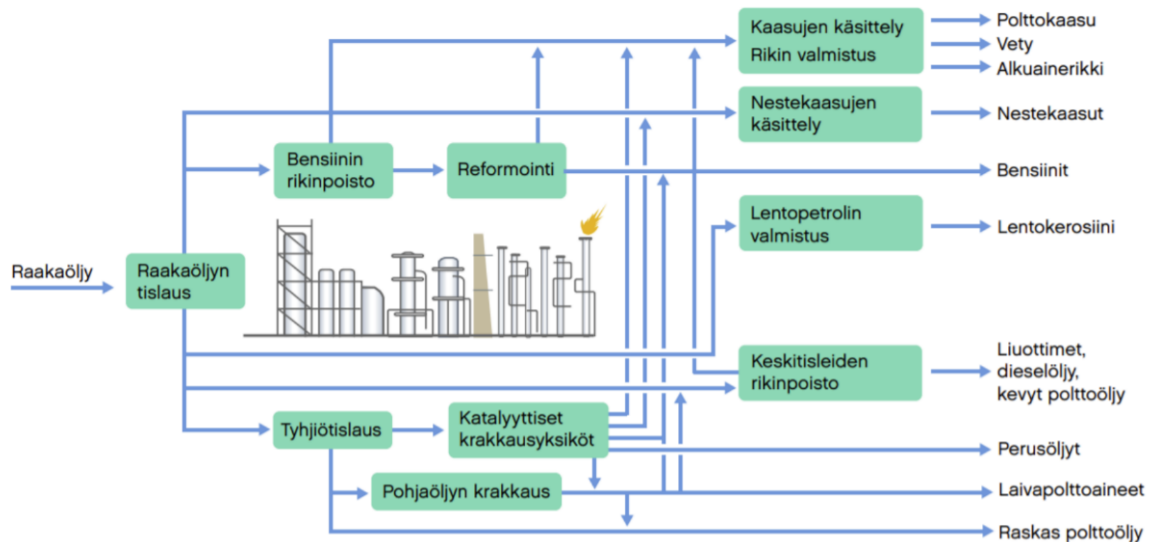
Neste Valmistaa Suomessa liikennepolttoaineita, lentopolttoaineita, laivaliikenteen polttoaineita ja muita tuotteita kuten liuottimia, propaania ja lämmityspolttoaineita. Neste on siis merkittävä tekijä Suomen vientiteollisuudessa: vuonna 2022 vientituotteiden arvo ylitti 6 miljardia euroa. (Neste Oyj 2023.)

Neste aikoo muuttaa Suomessa sijaitsevan Porvoon jalostamon johtavaksi uusiutuvien ja kiertotalousratkaisuiden jalostamoksi. Tämä aiotaan toteuttaa erilaisten uusiutuvien raaka-aineiden avulla yhdessä fossiilisten kanssa ja uusiutuvan vedyn avulla. Tavoitteena on olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. (Neste Oyj 2023.)

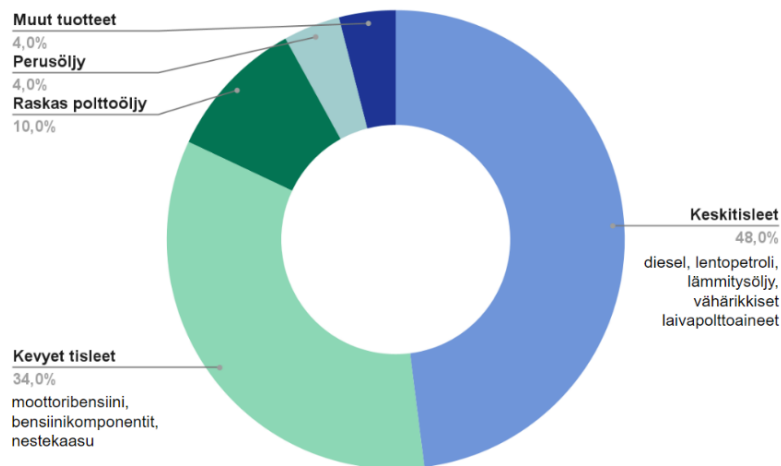
2.1 Porvoon jalostamo

Porvoon jalostamo on Neste Oyj:n suurin jalostamo. Porvoossa on neljä tuotantolinjaa jätevedenkäsittelylaitos, säiliöalue, purkaus- ja lastaustermiinit ja satama.

Porvoon jalostamon pääasiallinen tuotanto on raakaöljy. Raakaöljyn lisäksi Porvoossa on kaksi uusiutuvan dieselin tuotantoyksikköä. Raakaöljyn jalostuskapasiteetti n. 10 miljoonaa tonnia vuodessa. Kuvissa 2 ja 3 on hahmoteltu tiivistetysti raakaöljyn jalostus ja lopputuotteiden jako.



Kuva 2. Raakaöljyn jalostuksen periaatekaavio (Neste Oyj 2023)



Kuva 3. Lopputuotejakauma (Neste Oyj 2023)

Porvoon satamassa laivakäyntejä on vuosi tasolla noin 1000–1400 ja Porvoon satama on tonnimäärältään Suomen suurin satama. Säiliöalueen tuotekomponentti ja muiden tuotteiden varastointikapasiteetti on yhteensä noin 7 miljoonaa kuutiota. (Neste Oyj 2023.)

3 LAIT, SÄÄDÖKSET JA STANDARDIT

Teollisuuden putkiston valmistus-, huolto- ja korjaustöitä ohjaa monet lait, säädökset ja standardit. Standardit ovat julkaisuja, jotka ovat yhteisesti sovittuja vaatimuksia, suosituksia taikka vaadittuja ominaisuuksia tuotteille, palveluille, valmistukselle taikka testaukselle. Standardeja on olemassa kansainvälisiä taikka pienempiä yrityskohtaisia spesifikaatioita.

Standardien noudattaminen on suositeltavaa, joten niiden noudattaminen on periaatteessa vapaaehtoista, mutta ei pakollista. Laissa ja säädöksissä asetetut vaatimukset ovat taas velvoittavia, joten niiden noudattaminen ei ole vapaaehtoista. Standardien noudattaminen on yleistä sen vapaaehtoisuudesta huolimatta, sillä sen avulla pystytään osoittamaan tuotteen toimivuus ja turvallisuus asiakkaille ja käyttäjille.

Standardit ovatkin ohjenuoria valmistukseen ja suunnitteluun, jota myös putkistosuunnittelussa ja valmistuksessa käytetään paljon.

3.1 Putkisto

Tärkeimmät lait, säädökset ja standardit, joita noudatetaan teollisuusputkiston valmistuksessa ovat.

- Painelaitelaki (1144/2016)
- Painelaitedirektiivi (2014/68)
- Valtion asetus painelaitteista (1548/2016)
- Painelaite turvallisuus asetus (1549/2016)
- KTMp palavista nesteistä (313/1985)
- Asetus painelaitelaissa tarkoitetuista tarkastuslaitoksista (890/1999)
- Asetus vaarallisten kemikaalien teollisen käsittelyn ja varastoinnin turvallisuus vaatimuksista (856/2012)
- Asetus vaarallisten kemikaalien teollisen käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta (685/2015)
- Asetus nestekaasulaitoksen turvallisuusvaatimuksista (858/2012)

- Asetus maakaasun käsittelyn turvallisuudesta (551/2009)
- TUKES:n opas kemikaaliputkistojen turvallisuus vaatimukset 2017
- SFS-EN 13480 Metallic industrial piping Part 1-8
- PSK 2402 Teollisuuden putkistot. Putkistosuunnittelun perusteet
- ASME BPVC
- ASME B31.3
- ASME B16.5
- ASME B36.10. (Tukes 2024.)

Neste Oyj:llä on käytössä omat spesifikaatiot, joiden mukaan valmistus, käyttö ja valvonta suoritetaan. Nämä ammattialakohtaiset spesifikaatiot ovat jalostettuja omia standardeja lainsäädännöstä, asetuksista ja kansainvälisistä standardeista. Näihin on tiivistetty oleelliset kohdat kaikista edellä mainituista ja lisätty omia yrityksen sisäisiä tarkennuksia ja vaateita. Omat tarkennukset ja vaatimukset ovat yrityksen oman osaamisen ja kokemuksen kautta tulleita lisäyksiä, joita noudatetaan Nesteellä tehtävissä töissä.

Standardit ja erilaiset lait ovat tärkeitä ja hyödyllisiä työvälineitä kunnossapidolle ja projekteille, jotka valmistavat uutta, huoltavat, valvovat ja tarkastavat vanhaa putkistoa.

4 PED

Suomessa valmistettavien tai Suomeen toimitettavien uusien putkistojen ja merkittävien putkistomuutosten valmistuksessa ja toimituksissa noudatetaan painelaitedirektiiviä 2014/68/EU sekä Suomen painelaitelakia 1144/2016 ja siihen liittyviä Valtioneuvoston asetuksia. Valmistetuista putkistoista on annettava kirjallinen CE-vaatimuksenmukaisuusvakuutus ja putkistot CE-merkitään. (H100 2021.) Vaatimuksenmukaisuusvakuutus on asiakirja, jonka valmistaja on velvollinen allekirjoittamaan, ja jolla vakuutetaan, että tuote on EU-vaatimusten mukainen. Allekirjoittamalla vakuutuksen valmistaja ottaa täyden vastuun siitä, että tuote on sovellettavan EU-lainsäädännön mukainen. (Tekniset asiakirjat... 2023.) PEDin mukaisena valmistajana tässä työssä toimii Neste

Oyj. Putkiston muutosta voidaan pitää vähäisenä, jos putkiston sisältö, päätehtävä ja varojärjestelmä eivät oleellisin osin muutu.

Putkistojen asennus-, korjaus- ja vähäisissä muutostöissä on noudatettava painelaitelakia 1144/2016 ja painelaiteturvallisuus asetusta 1549/2016 sekä soveltuvin osin PED 2014/68/EU-turvallisuusvaatimuksia. Putkiston korjaus- ja muutostöissä ei anneta CE-merkintää, mutta valmistajan on annettava kirjallinen asennus-, korjaus- ja muutostyön vaatimuksenmukaisuus vakuutus, joka on painelaiteturvallisuus 1548/2016 pykälän 17 § asetuksen mukainen.

Aloitettaessa painelaitteiden korjaus- ja muutostöitä on määritettävä ensin painelaitteen vaaran luokitus, jotka ovat I, II, III, IV. Edellä mainittujen luokkien yläpuolella on SEP-alue, eli niin sanottu hyvän konepajakäytännön alue. Painelaitteet suunnitellaan ottaen huomioon kaikki niiden turvallisuuteen vaikuttavat tekijät. Valmistaja on itse vastuussa hyvän konepajakäytännön mukaisista laitteista. Näille edellä mainituille laitteille ei vaadita CE-merkintää ja niiden korjaus- tai muutostöissä ei vaadita vaatimuksenmukaisuusvakuutusta.

Painelaitteiden vaaran luokitus määräytyy painelaitteen sisällön mukaan, jotka jaetaan kahteen ryhmään 1 ja 2. Ryhmään 1 kuuluu painelaitedirektiivin artikkelissa 13 mainitut vaaralliset aineet kuten

- syttyvät kaasut ja nesteet
- hapettavat kaasut ja nesteet
- syttyvät kiinteät aineet
- itsereaktiivinen aine tai seos
- pyroforiset nesteet ja kiinteät aineet
- orgaaniset peroksidit
- välittömän myrkytyksen suun-, ihon- tai hengitysteiden kautta aiheuttavat aineet.

Ryhmään 1 kuulu myös painelaitteen sisältämät aineet, joiden korkein sallittu lämpötila on suurempi kuin sisällön leimahduspiste. Ryhmään 2 kuuluu kaikki aineet taikka seokset, jotka eivät sisälly edellä mainittuihin kategorioihin.

Painelaitteet luokitellaan tämän jälkeen Painelaitedirektiivin liite 2:n mukaisesti seuraavin perustein.

- suurin sallittu käyttöpaine, PS
- ominaistilavuus, tai nimellissuuruus, V / DN
- sisältöryhmä, (Ryhmä 1 ja 2)

Luokittelun apuna on 9 erilaista taulukkoa. Kuvassa 4 nähdään, minkä luokittelukuvan mukaan vaaran luokitus täytyy tehdä. Tiedossa täytyy siis olla pai-

Painelaite	Säiliö				Kattila	Putkisto			
Luokitusperuste	PS, V				PS, V	PS, DN			
Sisältö	Kaasu		Neste			Kaasu		Neste	
Sisällön ryhmä	1	2	1	2		1	2	1	2
Luokittelukuva	1	2	3	4	5	6	7	8	9

nelaitteen tyyppi ja sisältöryhmä. Tämän jälkeen luokittelukuvasta saadaan käyttöpaineen, tilavuuden / nimellissuuruuden avulla määritettyä vaaran luokitus.

Kuva 4. Luokittelukuvan määrittäminen (Tarhonen 2018)

Kuvassa 5 nähdään, esimerkkinä luokittelukuva 8, joka on putkistoille ja 1.ryhmän nesteille tarkoitettu taulukko.

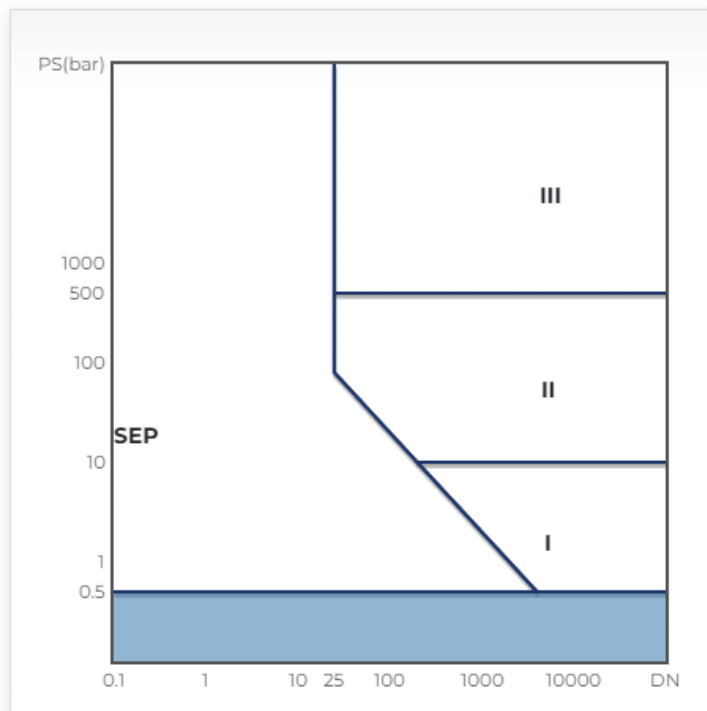


Chart 8 - Piping for Group 1 liquids

Kuva 5. Taulukko 8 (HPi verification)

Taulukosta saadaan katsottua hyvin paineen ja nimellissuuruuden avulla, mihin vaaraluokitteluun sisältö kuuluu. Vaaran luokittelun jälkeen päätetään, minkä vaatimuksenmukaisuuden arviointimenettelyn mukaisesti kyseinen työ toteutetaan, eli valitaan, minkä moduulin mukaan työ tehdään. Kuvassa 6 on nähtävillä eri vaarallisuusluokkien sisältämät vaatimuksenmukaisuuden arviointimenettelyt (PED 2014).

I	=	moduuli A
II	=	moduuli A2, D1, E1
III	=	moduuli B (suunnittelutyyppi) + D, B (suunnittelutyyppi) + F, B (tuotantotyyppi) + E, B (tuotantotyyppi) + C2, H
IV	=	moduuli B (tuotantotyyppi) + D, B (tuotantotyyppi) + F, G, H1

Kuva 6. Vaatimuksenmukaisuuden arviointimenettelyt (PED 2014)

Moduuli kertoo sen millä laajuudella valmistusta, suunnittelua ja tarkastuksia valvotaan ja missä työn vaiheessa niitä valvotaan. Jos valmistus tai korjaus kokonaisuudessa on suurempi laitekokonaisuus, valitaan moduuli yksittäisten laitteiden korkeimman vaaran luokan mukaan. (Tarhonen 2018.)

Kunnossapito soveltaa putkiston korjaus- ja muutostöissä PED Liite 2:ssa mainittua A2-moduulia eli sisäinen tuotannon valvonta ja valvotut painelaitetarkastukset satunnaisin väliajoin. Tämän soveltaminen edellyttää hyväksytyn laitoksen ja toiminnanharjoittajan välistä kirjallista sopimusta moduulin edellyttämästä valvonnasta. A2-moduulissa toiminnanharjoittaja, joka tässä tilanteessa on Neste, laatii itse tekniset asiakirjat ja ilmoittaa korjauksesta tarkastuslaitokselle. Toiminnan harjoittaja tekee korjaus- tai muutostyön suunnitelman mukaisesti ja antaa vaatimuksenmukaisuusvakuutuksen ja työtä koskevat asiakirjat painelaitteen omistajalle. Tarkastuslaitos tarkastaa satunnaisin väliajoin toiminnanharjoittajan korjaus- ja muutostöitä sekä voi osallistua satunnaisesti korjaustöiden loppuarviointiin. A2-moduuli soveltuu hyvin putkistokorjauksille ja muutostöille. (Painelaitteiden korjaus... s.a.)

Sekakaasulinjan PEDin mukainen painelaitteivaarallisuusluokka saadaan määriteltä paineen ja halkaisijan mukaan, kun kyseessä on putkisto. Linjan alkuperäinen suunnittelupaine on 1800 KPa ja halkaisija 6 ". Tuumakoko täytyy

muuttaa nimellissuuruudeksi, jotta saadaan luokka määriteltyä. Tuumasta nimellissuuruuteen saadaan kertomalla tuumakoko 25:llä. Tällöin $6 \times 25 = 150$ DN. Sekakaasulinjan sisältö täytyy määrittää seuraavaksi ryhmään 1 tai 2. Sekakaasulinjan sisältöön kuuluu syttyviä kaasuja ja seoksia, joten se kuuluu ryhmään 1. Kun nämä ovat selvillä, valitaan oikea luokittelukuva, joka on kuva 6 tässä tilanteessa ja sieltä saadaan tulokseksi vaarallisuusluokka 2. Kuvasssa 7 on havainnoitu laskentaohjelmiston avulla vaarallisuusluokan selvitys (HPi verification).

Equipment type: Vessel Piping Steam Generator

Fluid type: Group 1 Liquid Group 2 Liquid Group 1 Gas Group 2 Gas

Pressure: Bar

Diameter: DN

Category: Category II

Available modules: A2, D1, E1

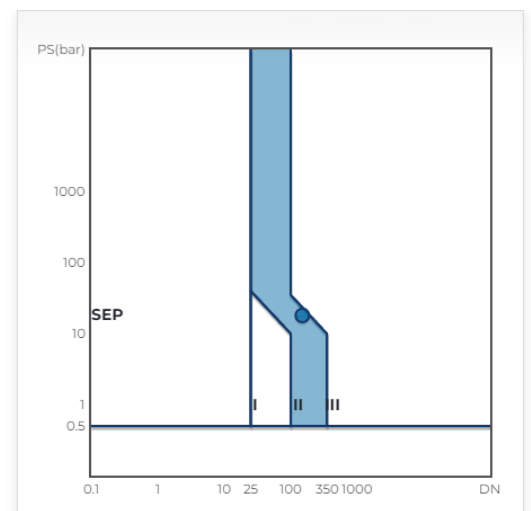


Chart 6 - Piping for Group 1 gases

Kuva 7. Vaarallisuusluokan laskentaohjelmisto (HPi verification).

Tällöin käytettävissä olevat moduulit olisivat A2, D1 ja E1. Työ tullessaan suorittamaan A2-moduulin mukaisesti.

Nesteellä vaatimuksenmukaisuusvakuutuksen antaa laitetarkastaja, joka viimeisenä tarkastaa korjaus- tai muutostyöhön liittyvät dokumentaatiot kuten tehdyt tarkastukset. Työnsuunnittelija laatii aina korjaussuunitelman, joka luodaan Google Formsia hyödyntäen. Se luo automaattiselle pohjalle korjaussuunitelman, johon täytetään kaikki vaaditut tiedot, kuten mitä tehdään, miksi tehdään ja vaaditut tarkastukset työlle. Tämä myös luo Google Drive- kansion, johon lisätään kaikki korjaustyöhön oleelliset tekniset asiakirjat, kuten putkiluettelo, isometrit ja laitekorjauksissa laitekuva. Kaikki korjaukseen tarvittava dokumentaatio lisätään drive-kansioon.

5 SEKAKAASULINJA

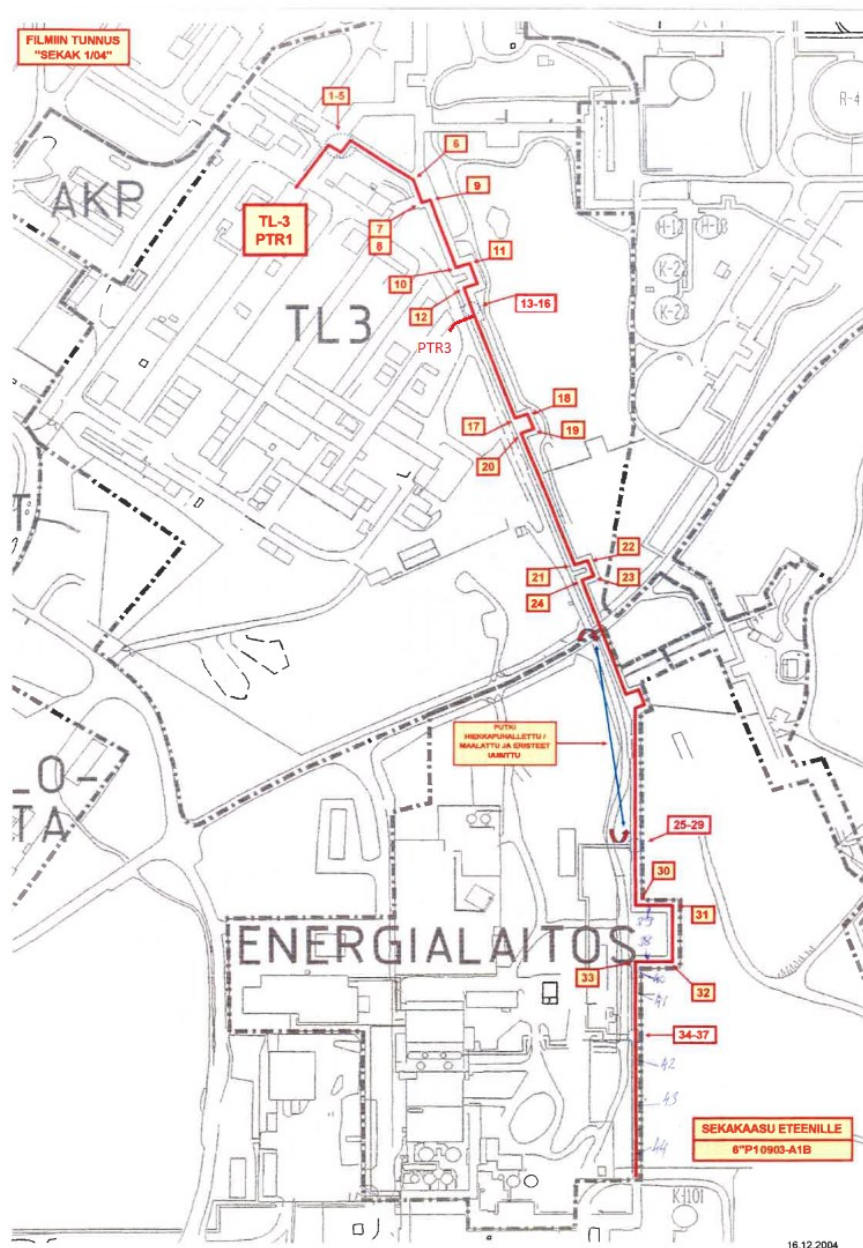
Sekakaasulinja kerää yksiköistä kaasujentalteenotto 4 ja 5 (KTO4 ja 5) ja bensiininreformointi yksiköstä lauhtumattomat sekakaasut yhteen ja kuljettaa kaasun eteenikrakkaamolle Borealis Polymersille. KTO4-yksiköstä propaaninpoistoprosessista ylijäänyt lauhtumaton kaasu kulkeutuu sekakaasulinjaan, joka on määrältään noin 1 t/h (Neste Oyj 2021a). KTO5-yksiköstä taas etaaninpoistoprosessista ylijäänyt etaanipropaanikaasuseos kulkeutuu kaasumaisena tislteenä sekakaasulinjaan, jonka määrä on noin 0,9 t/h (Neste Oyj 2021b). Bensiininreformointi yksikön tislauksosan lauhtumattomat kaasut tulevat kloridiabsorberien kautta polttokaasuverkkoon tai sekakaasulinjan kautta eteenilaitokselle. Määrällisesti reformointiyksiköstä saadaan noin 1,9 t/h sekakaasua. (Neste Oyj 2021c).

Kaasuseos, joka linjastossa kulkee, on propaanietaaniseosta, joka kulkee eteenilaitokselle, josta siitä valmistetaan esimerkiksi polyeteeniä.

Linja kulkee osittain ISBL-alueella, mutta suurin osa linjasta kulkee OSBL-alueella. Linjan pituus uusittavalla alueella kulkee suurimmaksi osin OSBL-alueella ja pituutta linjastolle tulee noin 900 m. Linja on rakennettu 1982, joten se on jo reilu 40 vuotta vanha. Aikaisimmat saatavilla olevat tarkastukset ovat vuodelta 2004. Vuodesta 2004 lähtien linjastoa on tarkastettu 2004, -09, -12, -17, -18. Putkiston tarkastukset on suoritettu radiograafisin kuvauksin, joka näyttää hyvin perusmateriaalin taikka hitsien vauriot. Radiograafiset kuvaukset sisältää röntgen- taikka gammasäteiden avulla suoritettua kuvausta.

Viimeisimpänä vuonna 2017 on uusittu yhteensä kolmesta kohtaa noin 25 metriä putkea ja 2 käyrää. Vuonna 2021 on uusittu ISBL-alueen puolelta myös putkea. Kaikki aikaisemmat korjaukset ovat olleet OSBL-alueella. (Neste Oyj 2004.)

Kuvassa 8 on esitetty sekakaasulinjan reittikartta. Kuvassa näkyy tässä työssä käsiteltävä alue, joka lähtee tuotantolaitos kolmosen ensimmäiseltä patterirajalta kohti OSBL-aluetta. Patteriraja 1:ltä saadaan KTO4-propaanin poiston kaasut. Patteriraja 3:lta saadaan taas KTO4:n ja reformoinnin ylijäämäkaasut. Linja kulkee OSBL-aluetta pitkin eteenilaitokselle.



Kuva 8. Sekakaasulinjan reitti (Neste Oy 2004)

Putkisto on nesteen spesifikaation, NOS4102:n (sovellus standardista ASME B36.10) mukaista A1- ja A1B-putkiluokkaa.

Putkiluokka kertoo tietyn putkilinjan putkien ja putkenosien materiaalit ja standardisoidut mitat putkiston osille. Putkiluokat ovat tärkeä apuväline putkisto-suunnittelun-, hankinnan-, rakentamisen ja kunnossapidon kannalta. Putkiluokasta saadaan selville linjan materiaali, nimellispaine ja mahdollisia putkistokohtaista lisätietoa. Esimerkiksi PSK-standardin mukainen putkiluokka E16H1A kertoo nimellispaineen, joka on 16 baaria, materiaalin H1, joka on

suomugrafiittivalurautaa ja lisätietona A lopussa kertoo, että putki on hitsaamalla valmistettua. (Putkiluokat 2022.) Nesteen spesifikaation mukaan putkiluokat merkitään materiaalin ja paineluokan mukaan. Lopussa saattaa myös olla lisämerkintä. Esimerkkinä A1B, jossa A kertoo materiaalin olevan hiiliterästä. Numero 1 kertoo paineluokan, joka on ASME:n mukainen 150 lbs. B on lisämaininta, joka tässä kertoo putkiston olevan ohutseinämäistä. Paineluokka ASME-standardin mukaisissa putkistoissa luokittelee laipat, venttiilit ja tiivisteet. Paineluokat ovat 150-, 300-, 600-, 900-, 1500- ja 2500 lbs. Paineluokka viittaa suurimpaan sallittuun paineeseen, jonka laippa taikka tiiviste kestää tietyissä lämpötiloissa. (Horto 2020.)

ASME standardeissa putkiston seinämäpaksuus ilmoitetaan SCH-mittasarjalla. SCH ilmoittaa seinämäpaksuuden. Seinämäpaksuuden kasvaessa tietyn kokoluokan putkella ulkohalkaisija pysyy samana ja sisähalkaisija pienenee. Putkenmitoitus perustuu käyttöpaineeseen

Sekakaasulinjan ISBL-alueen osuus on A1 putkiluokkaa ja OSBL-alueen A1B putkiluokkaa. Kuvassa 9 nähdään kuuden tuuman ASME-standardin mitat, massa, pinta-alat ja staattiset arvot.

Nimelliskoko Nom. Size	Hiiliteräs- ja niukkaseosteinen teräs Carbon steel and low alloy steel ASME B36.10			Mitat/Dimensions			Massa/mass		Pinta-ala/Area		
	in	sch.	Painoluokka Weight identification	Ulko- halkaisija Outside Diameter D mm	Seinämän paksuus Wall Thickness s mm	Sisä- halkaisija Inside Diameter d mm	Tyhjänä Empty Weight kg/m	Vedellä täytettynä Water Filled kg/m	Vaippa Surface area m ² /m	Aukko Opening x10 ⁻² m ² (dm ²)	Metallin poikkileikk Pipe cross section mm ²
6	0,188			168,3	4,78	158,7	19	39	0,529	1,978	2465
	0,280	40	STD		7,11	154,1	28	47		1,865	3596
	0,432	80	XS		10,97	146,3	43	59		1,681	5436
	0,562	120			14,28	139,7	54	70		1,533	6918

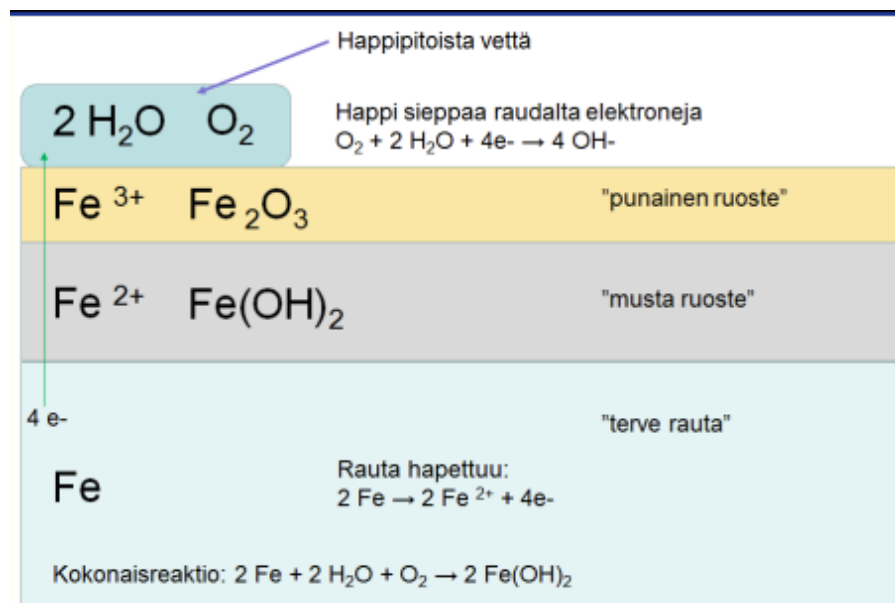
Kuva 9. 6"-putken NOS standardi (NOS 4102 2023)

A1- ja A1B-putkiluokan erona on putken seinämäpaksuus. A1 on sch-40 putkea eli sen seinämän paksuus on 7,11 mm. A1B-putkiluokkaa ei varsinkaan nykyään käytetä, sillä sen seinämäpaksuus on vain 4,78 mm. A1B-seinämän paksuus osoittautuu yleensä nopeasti liian ohueksi, sillä se ei kestä suurta sisäpuolista taikka ulkopuolista korroosiota. Ohutseinämäisellä putkella vaihtoraja putkistolle tulee vastaan paljon nopeammin. A1B putkiluokkaa kutsutaankin niin sanotusti ”köyhän miehen putkeksi”. (Lindqvist 2024.) Tämän linjan uusittava osuus onkin kokonaan rakennettu tästä ohutseinämäisestä putkesta.

Linjan käyttöpaineessa oleva lämpötila on noin 40 °C ja suunnittelulämpötila noin 55 °C. Käyttöpaine linjassa on 1150 kPa. Suunnittelupaine on 1800 kPa. Linjaston käyttölämpötila ja paine on maltillinen. Putkisto on eristetty koko matkalta. Putkiston 6"-osiot on eristetty 60 mm eristevillalla. Seos joka linjastossa kulkee kaasumaisessa muodossa.

5.1 Korroosio

Korroosio kansantermein ruostuminen, tarkoittaa metallien syöpymistä ympäristöolosuhteiden vaikutuksesta. Syöpyessään metalli hapettuu eli luovuttaa elektroneja. Metallin rauta-atomin hapettuminen voidaan esittää reaktiona, jossa rauta muuttuu ioneiksi. Kuvassa 10 on esitetty korroosion periaate kaavatasolla.



Kuva 10. Ruostuminen reaktioina (Nettinuotta s.a.)

Kuvassa 11 näkyy esimerkki syöpyneestä putkesta ja sen kannakkeesta. Kyseisessä tapauksessa vettä on päässyt eristeiden ja kannakoinnin välistä kosketuksiin metallin pinnan kanssa ja syöpymisreaktio on alkanut.



Kuva 11. Korroosiota putkessa

Metallin syöpymisreaktion jatkumiseksi täytyy metallin päästä vapautuneista elektrodeista eroon. Tätä reaktiota kutsutaan pelkistysreaktioksi. Metallissa voi tapahtua hapettumis- sekä pelkistysreaktiota samaan aikaan eri kohdissa. Hapettuvaa pinnan kohtaa kutsutaan anodiksi ja pelkistyvää pinnan kohtaa katodiksi. Metallit ovat myös sähköä johtavia, joten elektronit pääsevät kulkemaan anodialueelta katodialueelle. Hapettumisen takia syntyvien ionien täytyy myös siirtyä pois pinnalta. Ionien poistuminen pinnalta on yleensä mahdollista nesteen vaikutuksesta. Neste on elektrolyytti, johon ionit pystyvät liukenemaan (Teräsrakenneyhdistys s.a.)

Korroosiota voi siis kuvailla sähkökemialliseksi tapahtumaksi, sillä syöpyvä anodi- ja katodipinta johtavat sähköä toisiinsa metallin kuten myös nesteliuoksen eli elektrolyytin välityksellä. Kyseisessä tilanteessa muodostuu suljettu virtapiiri, joten korroosioon liittyy aina elektroninen liike, eli sähkövirta. (Teräsrakenneyhdistys s.a.)

Ruostumattoman teräksen ero normaaliin hiiliteräkseen on passivoituminen. Passivoituminen johtuu ruostumattomassa teräksessä olevasta kromista. Ruostumaton teräs passivoituu eli muodostaa oksidikalvon teräksen pinnalle, kun sen puhdas pinta on olosuhteissa, joissa on riittävästi happea. (Teräsrakenneyhdistys s.a.)

5.2 Sekakaasulinjan ohentuminen

Linjaston ohenemiseen on useampi syy ja moni niistä on helposti parannettavissa. Ohutseinämäisen putken käyttäminen suurilta osin putkistoa lyhentää huomattavasti putkiston elinikää, sillä korroosiolle ei ole silloin hirveästi varaa. Liitteessä 1 esitetään juurisyyanalyysi putkiston ohenemiselle

Juurisyyanalyysistä käy ilmi kolme pääsyytä. Putkiston eristys on pitkältä matkalta todella huonossa kunnossa. Eristepeltien huono kunto aiheuttaa otolliset olosuhteet veden, jään taikka muun nesteen pääsemiseen putken ja eristeviden väliin hautumaan, jolloin olosuhteet korroosion tapahtumiselle ovat otolliset. Tämä pystyttäisiin estämään eristeiden uusinnalla samalla kun putkisto uusitaan. Uusinnan jälkeen ajoittaisella eristeiden kunnonvalvonnalla pystytään reagoimaan uusimalla ajan saatossa huonoksi menneet eristeet.

Korroosionestomaalin puuttuminen linjasta yhdessä huonojen eristeiden kanssa vauhdittaa myös korroosiota. Korroosiolta suojaava maalikerros antaisi hyvin lisää aikaa mahdollisten nesteiden kuivumiselle, jos eristekerros pettää. Uusi linja olisi suositeltavaa maalata. Maalaus tehdään Nesteen oman L103-spesifikaation mukaan epoksipolyuretaanireaktio-maalilla, joka on esitetty kuvassa 12.

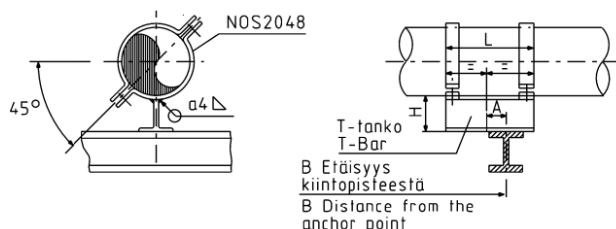
MAALIYHDISTELMÄT ERISTÄMÄTTÖMILLE SÄILIÖILLE, LAITTEILLE, PUTKISTOILLE JA TERÄSRAKENTEILLE / PAINT SYSTEMS FOR UNINSULATED STORAGE TANKS, EQUIPMENTS, PIPINGS AND STEEL STRUCTURES								Paikkamaalaus / Maintenance painting		
Maalauskohte / Painting object	Käyttölämpötila / Operation temperature	Rasitusluokka / Corrosivity categories	Terästyön laatuaste / Quality grade of steel work	Esikäsittelyaste / Substrate preparation	Maaliyhdistelmä / Paint system	Yhdistelmän rakenne / Specification	Kalvon nimellispaksuus / Nominal dry film thickness (1)	Esikäsittelyaste / Substrate preparation	Yhdistelmän rakenne / Specification	Kalvon nimellispaksuus / Nominal dry film thickness (1)
	(°C)	ISO 12944-2	ISO 8501-3	ISO-8501-1	L103	Primer Intermediate Topcoat	µm	ISO-8501-1	Primer Intermediate Topcoat	µm
Tuote- ja varastosäiliöiden ulkopinnat. Putket ja rakenneteräksiset ulkona ja sisällä, savukaasukanavat, prosessilaitteet. Outer surface of product and storage tanks. Pipes and structural steels outdoors and indoors, flue gas ducting, process vessels. Huom / Note 3	-45... +120	C4	P2	Sa 2½	N4-EPPUR 180/2	Epoksi (HS) Epoxy (HS)	100	St3	Mastic AL-epoksi / epoxy	100
						Polyuretaani (HS) / Polyurethane (HS)	80		Polyuretaani (HS) / Polyurethane (HS)	80

Kuva 12. L103-spesifikaation mukainen maalaus (L103 2023)

Linja on rakennettu ennen nykyaikaisia putkiston rakennusspesifikaatioita ja standardeja, kuten monet putkistot Nesteellä. Tällöin putkiston kannakointi on toteutettu hitsatuin liukukannakkein. Hitsatussa liukukannakkeessa luistiosa on hitsattu suoraan putkeen pienahitsillä. Linjassa, joka on kannakoitu edellä

mainitulla tavalla on suuri riski korroosiolle, kun eristeiden läpi pääsee nestettä. Neste valuu putken alaosaan, jossa se jää eristevillan ja kannakkeen väliin hautumaan. Tällöin kannakkeen ja putken välinen sauma altistuu galvaaniselle korroosiolle. Nykyaikaisempi ratkaisu on asentaa liukukannake, jossa on erillinen sanka hitsattuna I-tankoon. Tällöin ei jää hitsausseamaa putken alaosaan, jossa korrosio tapahtuisi. Putkisangan ja putken väliin on asennettava sähköä johtamaton tiiviste, joka ehkäisee osaltaan korroosiota niiden välillä. Kuvassa 13 esitetään liukukannake, jossa putkisanka on hitsattu I-tankoon. Kuvan mukaisia kannakkeita tullaan käyttämään uudessa putkistossa.

Teräsputket 1/2" - 6" (DN 15 -150)
Steel pipes 1/2" - 6" (DN 15 -150)



Eristys- paksuus mm	H mm	T-tanko
Insulation thickness mm	H mm	T-Bar
≤ 60	100	T100
80-100	140	Tehd. INP200:sta Made of INP200
120-140	180	Tehd. INP200:sta Made of INP200
160-200	240	Tehd. INP260:sta Made of INP260

Kuva 13. Liukukannakkeen periaatekuva (H109 2021)

Kuvassa 14 on esimerkkikuva putkisangan ja putken välissä olevasta sähköä johtamattomasta tiivisteestä, joka tässä tapauksessa on toteutettu lasikuitu-
nauhalla. Liukukannake tulisi olla S235JRG2-rakenneterästä, joka on kuuma-
sinkitty.



Kuva 14. Liukukannake

Sekakaasulinjan juurisyysanalyysistä jokaiseen kolmeen pääkohtaan voidaan tunnistaa eristeiden alainen korroosio pääsyynä.

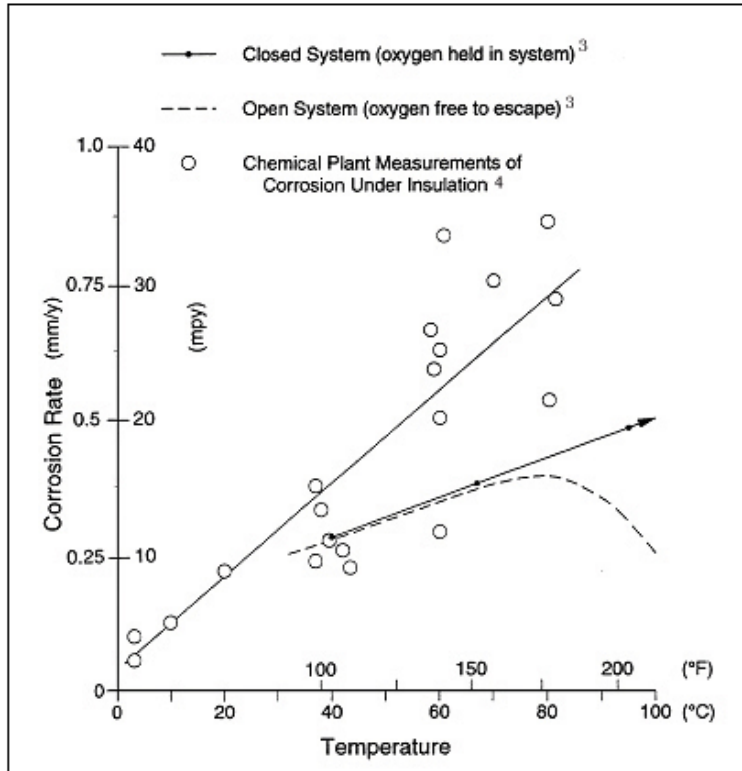
5.3 Eristeen alainen korroosio eli CUI

CUI eli Corrosion Under Insulation, suomeksi eristeenalainen korroosio on eristetyille putkistoille ja eristetyille laitteille yleinen ongelma. CUI on siis korroosiota, jota tapahtuu eristetyn putken taikka laitteen metallisella ulkopinnalla. Useimmiten kyseessä on kosteus, joka on päässyt eristeiden alle metalliselle pinnalle. Korroosio voidaan luokitella galvaaniseksi korroosioksi. Yleisintä CUI-korroosio on noin 60–120 °C:n lämpötila-alueella, jolloin syöpymisnopeus voi olla noin 1 mm vuodessa. (Laine 2020, 2.)

Eristeen alainen korroosio on yleinen ongelma vanhoissa petrokemianlaitoksissa. Varsinkin laitoksissa, jotka sijaitsevat lähellä merta taikka vesistöä, mikä on yleistä jäähdytysveden saatavuuden helppouden takia ja myös logistisista syistä. Nesteen jalostamo sijaitsee myös miltei suoraan Itämeren rannikolla. (Laine 2020, 2.)

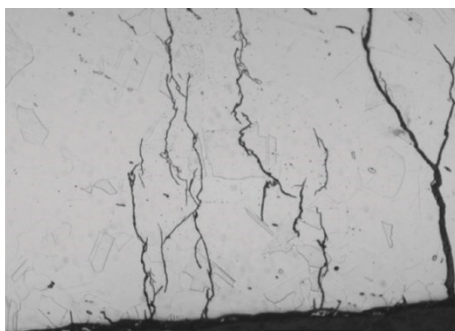
Eristeen alainen korroosio tarvitsee aina kosteutta kohteen ympärillä, useimmiten vettä. Kosteuden pääseminen metallin ulkopinnalle johtuu useimmiten eristeiden ulkokuoressa olevista raoista tai vaurioista, tai kondensaatiosta. Raot voivat johtua huonosta asennuksesta, vaurioitumisesta tai kulumisesta.

Kuvassa 15 nähdään eristetävän vaikutus myös korroosionopeuteen. Suljetulla systeemillä, jossa vesi ei pääse haihtumaan ulkoilmaan korroosionopeus kasvaa lämpötilan mukana (Hira 2006).



Kuva 15. Lämpötilan vaikutus korroosionopeuteen (Hira 2006)

Ruostumaton teräs on myös altis eristeen alaiselle korroosiolle. Austeniittiselle ruostumattomalle teräkselle eristeen alaista korroosiota kutsutaan nimellä CI-ESCC, joka tarkoittaa ulkoisen kloridin aiheuttamaa ulkoista jännitekorroosiota. Kyseinen korroosio on yleisintä ASME-standardin 300-sarjan ruostumattomilla teräksillä, joita myös Nesteellä käytetään paljon, muun muassa 316 L- ja 321-ruostumattomat teräkset. Kuvassa 16 on poikkileikkaus 304-ruostumattoman teräksestä, joka on altistunut ulkoisten kloridien aiheuttamalle jännityskorroosiolle eli CUI:lle. (Hira 2006.)

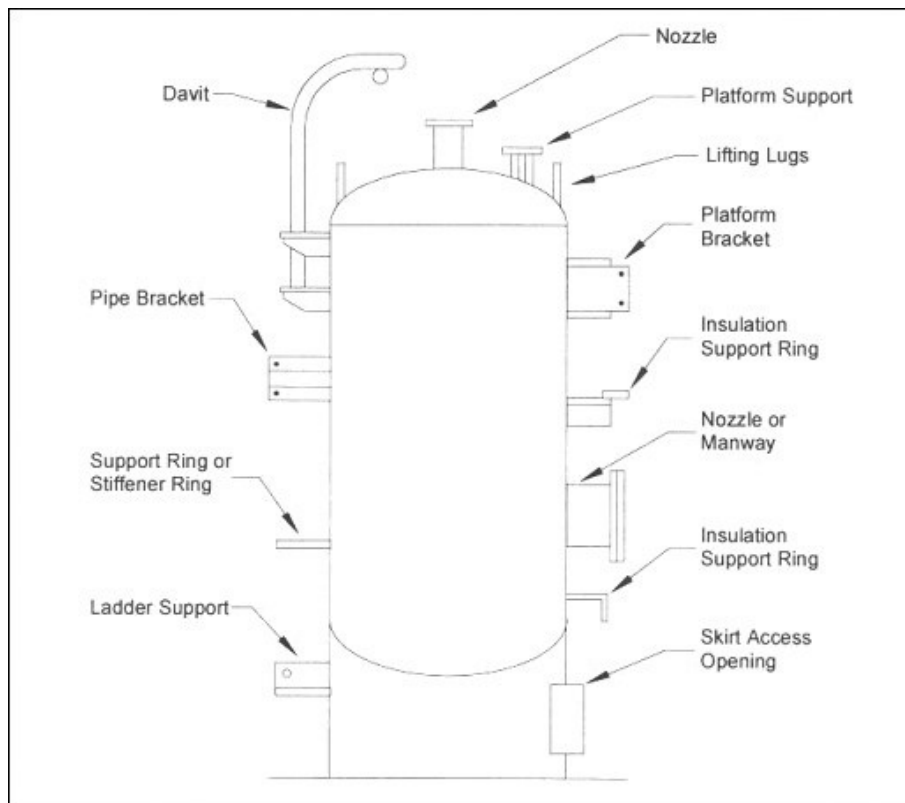


Kuva 16. CI-ESCC 304 SS (Hira 2006)

Eristeen alaisen korroosion ehkäisemisessä tärkeintä on suunnitella eristettävien laitteiden ja putkistojen eristeet siten, että kaikki muodonmuutokset ovat eristettävissä ilman rakoja, ja niin, että asennusvirheiden mahdollisuus olisi minimoitu. Seuraavat asiat ovat tärkeitä huomioida CUI:n ehkäisyn suunnittelussa:

- mahdollisten sääsuojien valinta
- metallipintojen suojapinnoitus
- eristemateriaalin valinta
- ilmaston tuomat vaikutukset
- asennuksen helppous
- putkiston / laitteen käyttölämpötila
- kunnossapito. (Laine 2020, 7.)

Kuvassa 17 on esitetty eristysten kannalta säiliön kriittisiä kohtia, joista vesi taikka muu neste saattaa päästä metalliselle pinnalle ja aiheuttaa CUI-korroosiota (Hira 2006).



Kuva 17. Säiliölle tyypillisiä CUI riskikohteita (Hira 2006)

Kolonneissa on todettu olevan kasvava riski eristeen alaiselle korroosiolle laitteiden ja eristeiden vanhetessa. Kosteus pääsee eristeiden alle korkeammalta taikka kolonnin alaosan ja roiskepeltien välistä ja jää hautumaan kolonnin ala-

osaan. Kuvassa 18 on esimerkki kolonnin alaosan eristeiden alaisesta korroosioaurioista. Tässä tapauksessa korroosio ei ollut vielä päässyt syövyttämään painelaitteen vaippaa liian ohueksi, mutta kuvan 19 korroosio oli päässyt syömään jo vaipan alle laskennallisen minimin.



Kuva 18. Alkanutta eristeen alaista korroosiota



Kuva 19. Pitkälle edennyttä eristeen alaista korroosiota

Kuvan 19 tapauksessa kolonnin alaosa jouduttiin huoltopysäytyksen aikana täyttöhitsaamaan suuresti. Hitsauksiin kului noin 80 työtuntia. Kolonnien alaosien eristeiden alaisen korroosion tarkastaminen on hyvä ja helppo keino varautua ja ennakoida eristeen alaista korroosiota korkeilla painelaitteilla.

6 LINJAN UUSINTA

Linjan uusinta on tarkoitus toteuttaa laitoksen ollessa käynnissä ennen suurseisokkia vuonna 2026. Tällöin uutta linjaa ei voida vetää täysin samalla reitillä, jolla nykyinen putkilinja kulkee. Uusi linja joudutaan rakentamaan vanhan linjan viereen eri reittiä, ja viimeinen osuus uudessa linjassa liitetään suurseisakissa vanhan putken paikalle patterirajalla. Työ jakautuu kahteen osaan: ennen seisokkia toteutettavaan osuuteen ja seisokin aikana toteutettavaan osuuteen. Tässä työssä uusintaa kuitenkin käsitellään yhtenä kokonaisuutena.

Linjaston uusinnan yhteydessä putkiluokka on tarkoitus vaihtaa. Vanha putkiluokka on A1B, eli normaali hiiliteräs putki ASME:n SA-333 Gr. 6. Uusi putkilinja toteutettaisiin U3DB-putkiluokalla. U3DB-putkiluokka on myös hiiliterästä, mutta se on kylmänkestävä. Putket ovat samaa ASME:n SA-333 Gr. 6, mutta linjan venttiilit ja laippojen kiinnitystarvikkeiden materiaalit muuttuvat. Putkiluokan muutoksessa myös paineluokka muuttuu ASME-standardin mukaisesti 150 paunasta 300 paunaan. Putkiston tämänhetkinen käyttöpaine ei muutu.

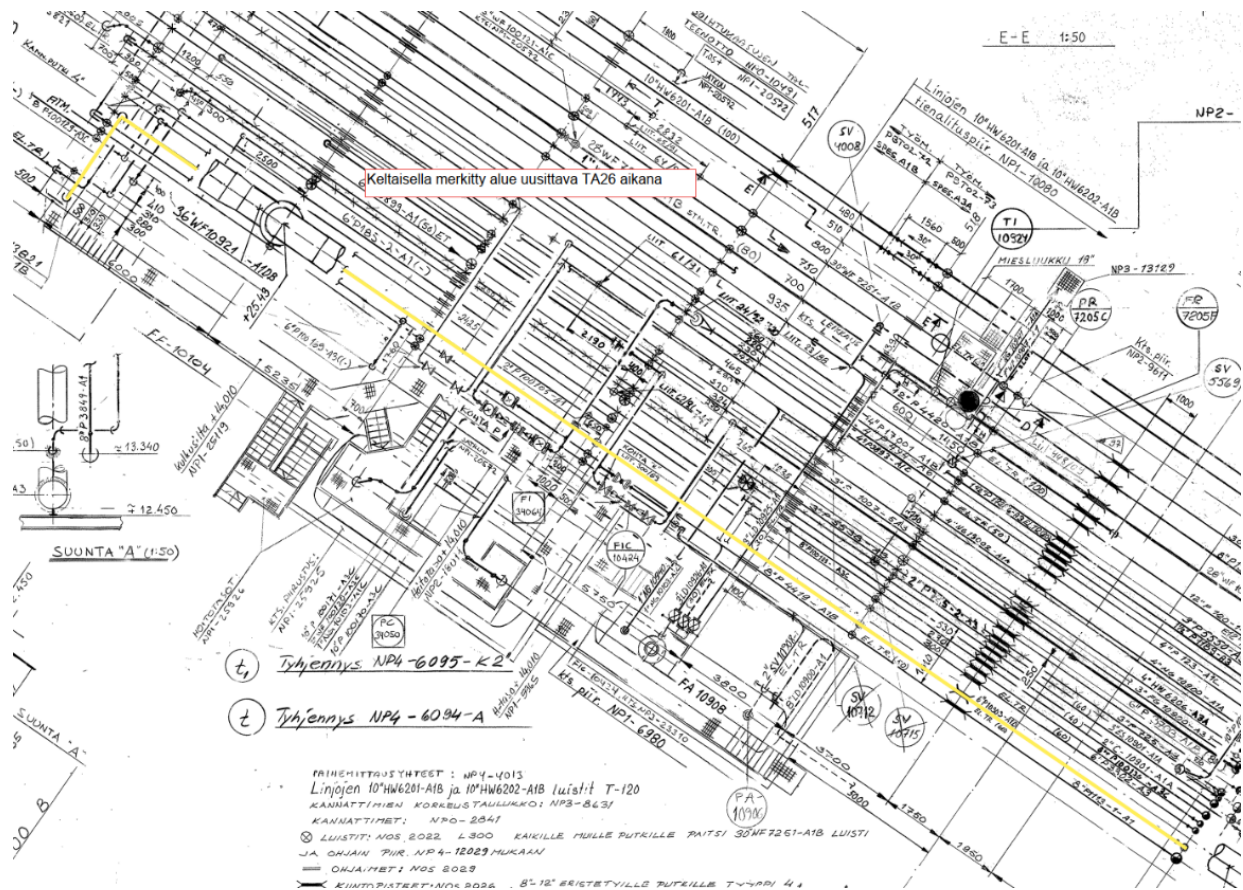
Uuden putkiluokan vaatimus tulee tavoitteesta mahdollistaa nestekaasu käyttö kyseiselle linjalle tulevaisuudessa. Nesteen H102-putkistospesifikaatio vaatii OSBL- alueen nestekaasulinjojen olevan U3DB-putkiluokkaa. Suomen nestekaasusäännösten mukaan ulkoilman minimisuunnittelulämpötila on määritelty -40 °C eristämättömiin ja saattamattomiin linjoihin, ja kyseinen linja on suurimmilta osin saattamaton. H102-spesifikaatio määrittää, että AxNB-putkiluokkaa voidaan käyttää vain, jos lämpötila pysyy -29 °C yläpuolella paineen pudottua adiabaattisesti käyttöolosuhteista ilmanpaineeseen. (H102 2024.)

U3DB-putkiluokan maksimi suunnittelupaine on linjan suunnittelulämpötilan 55 °C mukaan noin 50 baaria, kun taas A1NB-putkiluokan olisi noin 19 baaria.

Vaikka linjaston suunnittelupaine on 18 bar mikä riittää A1-putkiluokalle, nestekaasun mahdollisen käytön kannalta tulevaisuudessa on pakollista nostaa paineluokkaa suuremmaksi.

Uuden putkilinjan reitti on kentältä katsottu valmiiksi ja se saadaan putkisillalta kahden purettavan linjan tilalle. Alkupää siirretään vanhan 8"-amiinilinjan tilalle noin 50-metrin matkalle, josta linja siirretään vanhan myös purettavan 6"-lauhdelinjan tilalle. Vanha 6"-lauhdelinja kulkee myös eteenilaitokselle koko matkan, joten uusinta on helppo toteuttaa tämän tilalle. OSBL-alueen linjoista on huonosti isometrejä, joten suurin osa linjaamisesta on tehty kenttätöinä ja tasopiirustusten avulla.

Patterirajalta lähtevä sekakaasulinja joudutaan uusimaan noin 60-metrin pituiselta matkalta suurseisokin aikana. Esivalmistetut putket tehdään etukäteen kohteeseen, jotta suurseisokin tiukassa aikataulussa olisi mahdollista suorittaa kaikki asennustyöt. Patterirajan jälkeen OSBL-alueen putkisillalle päästyä voidaan koko loppumatka uusita valmiiksi ennen suurseisokkia. Koko tämä osuus uusitaan purettujenlinjojen reitille. Tämän takia uusiminen ei vaadi yhdenkään yksikön tai jalostamon alasajoa. Kuvassa 20 on nähtävillä patterirajalta alkava tasopiirustus, jossa näkyy keltaisella piirrettynä nykyinen sekakaasulinja. Keltaisella vahvistettu osuus on suurseisokin aikana uusittavaa osuutta.



Kuva 20. Patteriraja 1 lähtö (Neste 1974)

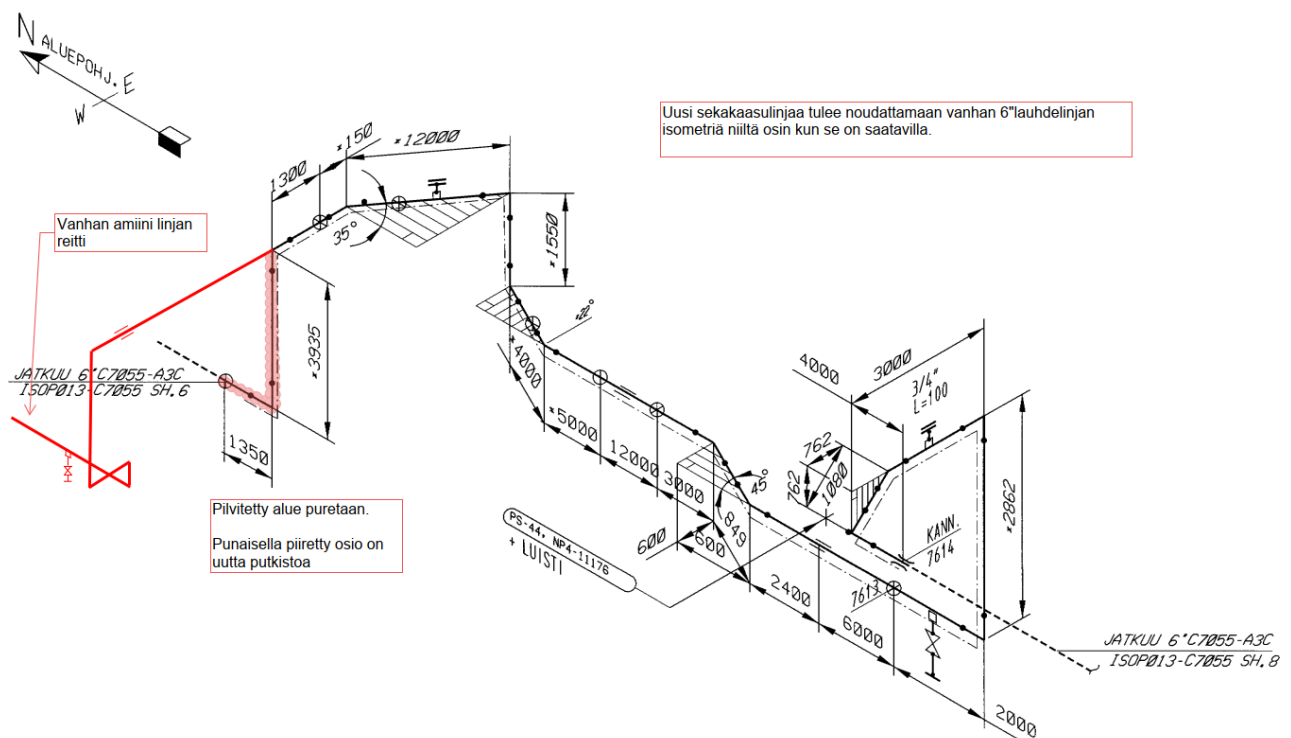
kuvan 20 tasopiirustuksessa nähdään keltaisella vahvistettu osuus, joka jatkuu liitteessä 5. Keltaisella vahvistettu osuus on suurseisokki sidonnaista osuutta. Punaisella vahvistettu osuus on suunniteltu uuden sekakaasulinjan kohta, joka voidaan valmistaa ennen suurseisokkia. Liitteessä 5 sinisellä vahvistettu osuus on nykyinen sekakaasulinja, joka tullaan purkamaan, kun uusi linja on käytössä.

Käynnin aikainen uusiminen lähtee vanhan amiinilinjan kohdalla, joka on nähtävissä liitteessä 5 punaisella korostettuna. Linja kulkee 50-metrin matkan nykyisen sekakaasulinjan kohdalla. Kuvassa 21 on nähtävillä molemmat putket putkisillalla. Kuvassa näkyvät vahaliitumerkit kertovat kumpi putki on kyseessä. P tarkoittaa purettavaa linjaa, jonka tilalle uusi sekakaasulinja tulee ja SK tarkoittaa vanhaa sekakaasulinjaa.



Kuva 21. Tuleva sekakaasulinja ja nykyinen sekakaasulinja

Amiinilinjalta reitti siirretään vanhan lauhdelinjan reitille. kuvassa 22 on vanhan lauhdelinjan isometri, johon on luonnosteltu siirto vanhan amiinilinjalla reitiltä. Linjaston uusinta jatkuu tästä eteenpäin vanhan lauhdelinjan reittiä pitkin.

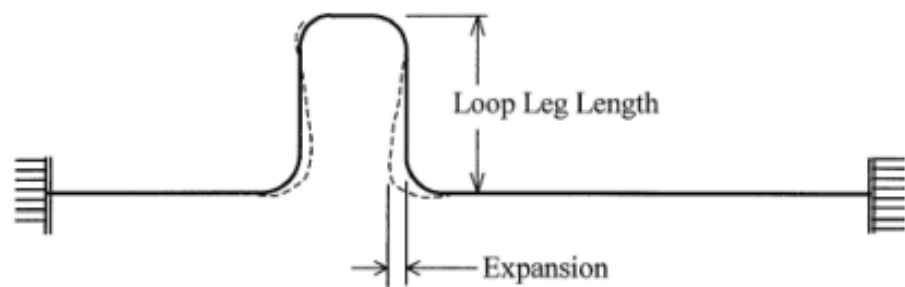


Kuva 22. vanhalta lauhdelinjalta siirto vanhalle amiinilinjalle (Neste 2000)

OSBL-alueen putkistoihin on huonosti löydettävissä isometrejä. Osittain joh-
tuen suurimman osan olevan todella vanhoja tai isometrejä ei ole luovutettu
eteenpäin valmistuksen jälkeen. C7055-lauhdelinjasta on löydettävissä vain
osa isometreistä, ja niitä pystytään hyödyntämään vain kuvassa 22 olevan iso-
metrin verran. Putkisillan tasokuvia hyödyntäen voidaan hahmottaa reitin lop-
puosa ja kentällä linjaamalla. Vanhalinja on linjattu eteeninaidalle asti ja taso-
kuvista hahmoteltu tuleva reitti. Uuden sekakaasulinjaston valmistuksen ai-
kana täytyy piirtää uudet isometrit ja arkistoida ne Nesteen järjestelmiin.

Putkisillalle linjan rakennus on erittäin yksinkertaista. Putkisilta kulkee loppu
matkan eteeninaidalle asti. Matkalla on 5 paisuntalenkkiä. Paisuntalenkin tar-
koitus on muuttaa putkilinjan geometriaa, jotta aksiaalisuuntaiset muodonmuu-
tokset eivät kuormita putkistoa liikaa. Tämä vähentää lämpöliikkeistä syntyviä
voimia putkistoissa.

Kuvassa 23 on esimerkki kuva paisuntalenkistä. Kuvassa kuvataan paisunta-
lenkin tarkoitusta muuttaa putkiston normaalivoima taivutusvoimaksi lenkin an-
siosta (Peng, L & Peng, T 2009, 64).



Kuva 23. Esimerkki paisuntalenkistä (Peng, L & Peng, T 2009, 64)

Paisuntalenkin vapaanpään siirtymä on verrannollinen varren pituuden kuuti-
oon ja taivuttava voima on kääntäen verrannollinen pituuden kuutioon. Pie-
nellä pituuden lisäyksellä lenkissä voidaan vähentää suuresti voimaa, mikä
kohdistuu putkistoon. Varren pituus voidaan laskea ohjatun ulokepalkin ana-
lyyttisellä kuormitustapauksella. Tässä tapauksessa ohjattu pää on estetty ro-
taatioliikkeelle, mutta translaatioliike on mahdollista. Täten tarvittava varren pi-
tuus saadaan laskettua kaavalla. (Peng & Peng 2009, 64.)

$$L = \sqrt{\frac{3 * E * D}{S}} \Delta$$

Putkisto, jossa materiaali on hiiliterästä, saadaan yhtälöstä yksinkertaisempi malli (Peng & Peng 2009, 64).

$$L = 66 * \sqrt{D * \Delta}$$

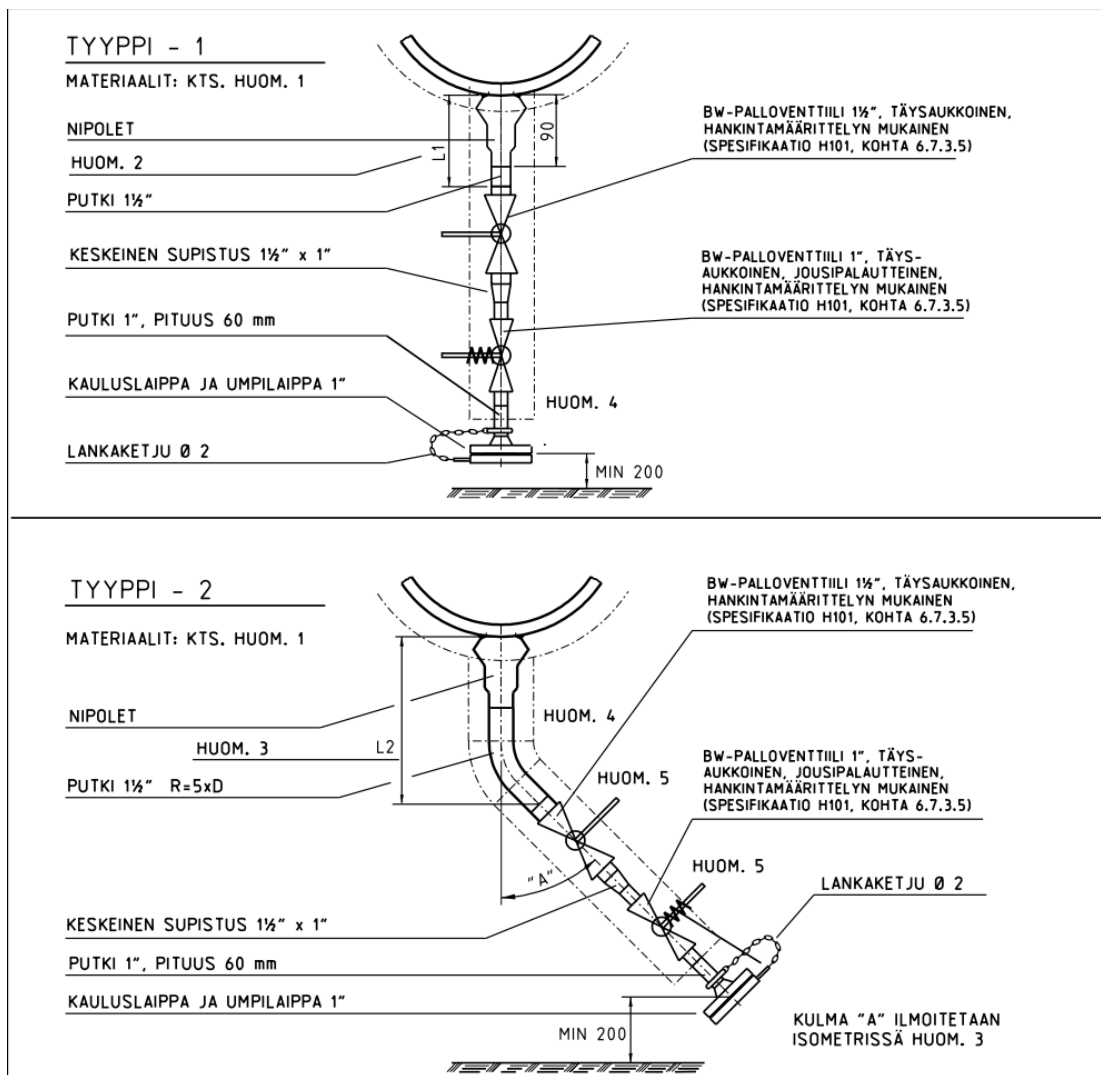
joissa

- E = kimmomoduuli
- D = Putken ulkohalkaisija
- S = Sallittu jännitys
- Δ = Varren pään siirtymä

Putkilinjaan on asennettava tyhjennys- ja ilmausyhteet. Ilmaus- ja tyhjennysyhteiden avulla varmistetaan linjan turvallinen käsittely alasajo, ylösajo ja työkuuntoon saatto tilanteissa. Nesteen spesifikaatio H101 määrittää ilmauksista seuraavasti. ”Putkistot on varustettava putkiston koestuksen käyttöön-oton ja turvallisen käytön edellyttämällä ilmanpoistoilla”. Sama spesifikaatio määrittää tyhjennysyhteistä seuraavasti. ”Putkistot on varustettava putkiston koeistuksen käyttöön-oton ja turvallisen käytön edellyttämällä tyhjennyksillä”. (H101 2024.)

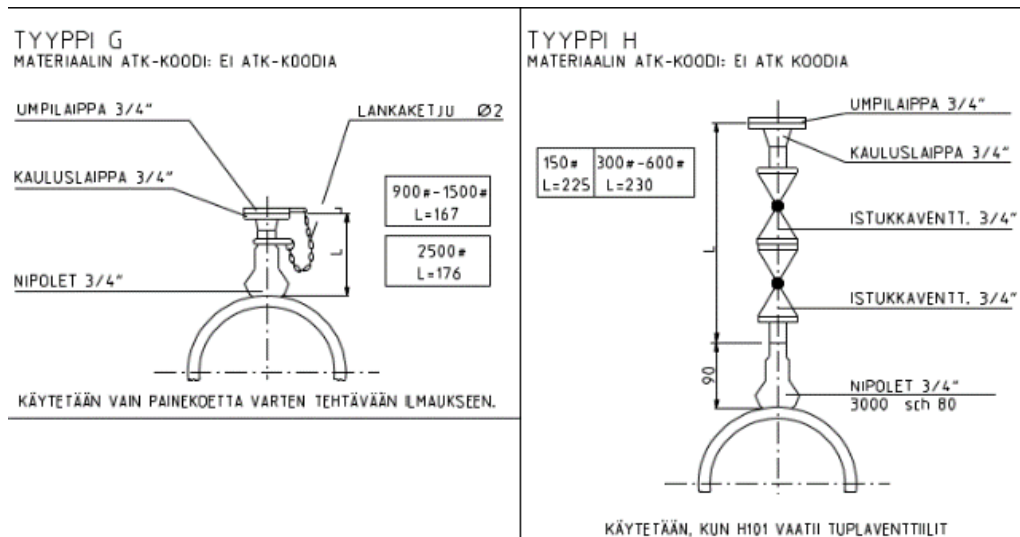
Nestekaasu putkiluokan käytöstä H101-spesifikaatiossa on lisämaininta. ”Nestekaasuputkistojen tyhjennyksiin ja ilmanpoistoihin on asennettava kahdennettut venttiilit, jos näitä operoidaan laitoksen käynnin aikana”. Nestekaasun tyhjennyksissä ulomman venttiilin tulee olla itsestään sulkeutuva venttiili maksimissaan 1”-kokoon asti, eli niin sanottu kuolleen miehen venttiili, joka on jousikuormitteinen. (H101 2024.)

Putkiston tyhjennykset asennetaan putkiston alimpiin kohtiin ja mahdollisten sokeointi paikkojen läheisyyteen, joista voidaan paineettomuus varmistaa. Ilmaukset asennetaan putkiston korkeimpiin kohtiin. Kuvassa 24 on havainnoinut tyyppikuva tyhjennysyhteestä nestekaasuputkistossa. kuvassa näkyy kahdennettu venttiili, jossa alempi on niin sanottu kuolleen miehen venttiili. Tyhjennyksissä ja ilmauksissa on aina oltava laipallinen yhde, jotta tyhjennys ja ilmaus voidaan ohjata letkuilla tai muilla keinoilla turvalliseen paikkaan. (H101 2024.)



Kuva 24. Tyypikuva tyhjennyksestä LPG linjassa (H101 2024)

Toisinkuin tyhjennysyhteessä niin ilmausyhteeseen ei ole itsestään sulkeutuvan venttiilin vaadetta. H101-spesifikaatiossa vaaditaan kahdennettuja venttiileitä ilmastukseen, jos linjaston ilmauksia joudutaan operoimaan laitoksen käynnin aikana. OSBL-alueen linjoja harvoin operoidaan käynnin aikana, mutta täydellä varmuudella ei voida sanoa, että linjastoa ei jouduttaisi ilmaamaan ja tyhjentämään käynninaikana, joten on asennettava kahdennetut venttiilit. Kuvassa 25 on havainnoitu ilmausyhteen tyypikuva. Kuvassa nähdään kahdennetulla ja yksittäisellä venttiilillä varustetut ilmausyhteet.



Kuva 25. Tyyppikuva ilmausyhteestä (H101 2024)

Nesteen ja Borealiksen vastuurajalla putki liitetään Borealiksen kanssa yhteensovitetavalla aikataululla suurseisokin aikana. Putki nostetaan vanhan sekakaasulinjan paikalle, johon Borealis on uusinnut oman puolensa putkistosta. Kuvassa 26 nähdään miten uusi linja liitetään lopullisesti Nesteen ja Borealiksen vastuurajalla. Viimeinen liitäntä täytyy yhteensovittaa Borealiksen henkilökunnan kanssa, jotta voidaan varmistua putken työkunnosta.



Kuva 26. Uuden putken liitäntä

6.1 Kannakointi

Nesteen H101-spesifikaatio määrittää, että putkistoille on järjestettävä tarvittavat kiintopiste- ja ohjainrakenteet putkistokuormien vastaanottamista ja ohjaamista varten, siten ettei laitteisiin kohdistu sallittuja suurempia voimia tai momentteja, sekä että putkiston jännitykset ovat alle sallittujen jännitysten. Putkistot on suositeltu tuettavan alapuolisilla teräskannakkeilla ennemmin kuin riippukannakkeilla. (H101 2024.)

Putkistokannatuksen tavoitteet ovat tukea putki niin että se ei missään olosuhteissa ylitä sallittuja jännityksiä, taipumia tai liikkeitä ja estää sallittuja suurempien voimien välittyminen putkistosta laitteisiin. Standardin SFS-EN 13480-3 mukaan kannatinelementeiksi luetaan rakenteet, jotka yhdistävät putkiston sitä ympäröiviin rakenteisiin ja niiden täytyy kannattaa putkiston ja kaikkien siihen kiinnitettyjen laitteiden paino, ohjata putkiston liikettä, ohjata ja siirtää putkesta tulevat staattiset kuormat ympäröiviin rakenteisiin sekä estää tai rajoittaa yksi tai useampi putkistojärjestelmän tietyn pisteen kuudesta vapausas- teesta. (SFS-EN 13480 2017.)

SFS-EN 13480-3 Metalliset teollisuusputkistot standardin mukaan kannakkeet luokitellaan PED-vaaraluokan mukaan kolmeen eri kannake tyyppiin. Kuvassa 27 näkyy miten, PED-luokka suhtautuu kannakkeiden luokkiin, jotka ovat S1, S2 ja S3.

Putkiston PED-luokittelu	Kannakointiluokka
III	S 3
II	S 2
I / ei luokiteltu ^a	S 1
^a Sisältää jäsenvaltion käyttämän hyvän konepajakäytännön (PED, artikla 4.3).	

Kuva 27. Kannakeluokat SFS-EN 13480 mukaan (SFS-EN 13480 2017)

OSBL-alueella olevien putkistojen kannakointi suoritetaan putkisilloilla oleviin teräsrakenteisiin liukukannakkein.

SFS-EN 13480-3-standardin mukainen määritelmä liukukannakkeelle on, kan-nake, joka ottaa vastaan kuorman pystysuuntaisen komponentin estäen sa-malla pystysuuntaisen liikkeen alaspäin, mutta ei merkittävästi rajoita vaakata-sossa tapahtuvia siirtymiä ja kiertymiä (SFS-EN 13480 2017).

Liukukannakkeiden asennukseen on standardin mukaisia vaatimuksia.

- Liukukannattimet on suunniteltava ja asennettava siten, etteivät ne voi irrota normaalin käytön aikana. Myös mahdollinen kannattimen nouse-misen aiheuttama liukupintojen erkaantuminen on otettava huomioon.
- Jollei liukukannattimen liikkeitä ohjata ja rajoitetta laittein, pitää liuku-kannattimen rakenteen ja asennuksen sallia ennakoidun liikkeen palau-tuminen.
- Liukukannattimet on suunniteltava siten, että liukupinnat eivät likaan-tuisi normaalissa käytössä.
- Liukupinnan on oltava kooltaan ja mittasuhteiltaan riittävä niin, että määrittelyillä liikkeillä on vähintään 25 mm varmuusmarginaali jokai-seen suuntaan.
- Liukupintojen kitkasta aiheutuvat voimat on sisällytettävä tukirakentei-den suunnitteluun. Normaaleissa käyttötilanteissa teräs-teräs-liuku-pintoja käytettäessä on kitkakertoimena käytettävä arvoa 0,3. (SFS-EN 13480 2017.)

Nesteen oman putkiston kannakointi spesifikaation H109 mukaan mainitaan että, kaikille uusille putkille käytetään ruuvikiinnitteisillä sangoilla varustettuja luisteja. Putkeen kiinnihitsattavia luisteja, joita nykyisessä linjassa on saa käyt-tää vain korjaustöissä, mikäli sangallisia luisteja ei voida käyttää. (H109 2021.) Paikkoja, joihin sangallista luistia ei saisi on erittäin vähän, joten hitsattavia luisteja ei juurikaan enää käytetä.

Putkistoon käytettävien luistien materiaali valitaan käyttölämpötilan ja putkisto-materiaalin mukaan. Käytännössä alle 400 °C lämpötiloissa käytetään hiilite-räskannakkeita. (H109 2021.) Kuvassa 28 nähdään kannakemateriaalin valin-tataulukko. Tämän mukaan uusittavaan linjaan valitaan normaali hiiliteräs sanko ja luisti.

Putken suunnittelulämpötila (°C) Pipe design temperature (°C)	Putkimateriaali Pipe material	Sankamateriaali Clamp material	Luistimateriaali Slide material	Lattiatuki FS Floor Stand FS
0 - 400	Hiiliteräs Carbon steel	1) Hiiliteräs 1) Carbon steel	1) Hiiliteräs 1) Carbon steel	NOS 2047
0 - 400	Seosteräs Alloy steel	1) Hiiliteräs 1) Carbon steel	1) Hiiliteräs 1) Carbon steel	NOS 2047
0 - 400	4) Ruostumaton 4) Stainless steel	1) Hiiliteräs 1) Carbon steel	1) Hiiliteräs 1) Carbon steel	NOS 2047
401 - 540	Seosteräs Alloy steel	2.25Cr-1Mo	1) Hiiliteräs 1) Carbon steel	3)
401 - 540	4) Ruostumaton 4) Stainless steel	AISI 304	1) Hiiliteräs 1) Carbon steel	3)
≥ 541	Määritetään tapauskohtaisesti erikseen To be specified separately in each case			

Kuva 28. Kannakemateriaalin valinta taulukko (H109 2021)

Kannakkeet pintakäsitellään kuumasinkillä L106-spesifikaation mukaisesti, kun sallittu lämpötila on alle 300 °C. Lämpötilan ylittäessä 300 °C hiiliteräksisiä sankoja ja luisteja ei pintakäsitellä. Ruostumattomia sankoja tai luisteja ei myöskään kuulu pintakäsitellä. (H109 2021.)

Kuvassa 29 on nähtävillä H109-spesifikaation mukainen ohjeellinen kannakeväli putkistolle. Taulukosta saadaan ohjeelliseksi kannakeväliksi tähän putkisto uusintaan noin 11 m (H109 2021.)

Taipuma ja taivutusjännitys Deflection and bending stress	Putki Pipe				Eristyksen paksuus mm Thickness of insulation mm					
	in	sch	W cm ³	I cm ⁴	0	50	100	160	200	280
					Kannatusväli m Support spacing m					
Max taipuma Max deflection 1/L = 1/1000	1	80	2,635	4,395	4,5	3,4	2,7			
	2	40	9,187	27,71	6,6	5,4	4,5	3,9		
	3	40	28,25	125,6	8	6,7	6	5,5	5	
	4	40	52,67	300,9	10	9	8	7	6,5	
	6	40	139,3	1171	12	11	10	9	8	7
Max taivutusjännitys Max bending stress = 50 N/mm ²	8	40	275,5	3018	14	13	12	11	10	9
	10	40	490,0	6689	16	15	14	13	12	11
	12	STD	717,8	11625	17	16	15	14	13	12
	16	STD	1152	23392	18	17	16	15	15	14
	20	20	1824	46327	18	18	17	16	16	15

Kannatusvälit on määritetty olettamalla kuormat tasaisesti jakautuneeksi ja putki molemmista päistä vapaasti tuetuksi.

Spacing of supports is calculated by assuming that loads are evenly divided and the pipe is freely supported on both ends.

Kuva 29. H109 ohjeellinen kannakeväli (H109 2021)

6.2 Eristys

Putkilinja on kauttaaltaan lämpöeristetty. Lämpöeristysten tarkoitus on estää lämmön siirtyminen eristämiskohteesta ympäristöön (L101 2023).

L101-eristysspesifikaatio antaa putkistolle eristepaksuuden 50 mm. Spesifikaatiossa on lisäkommentti ”sähkösaatetun kohteen eristepaksuus valitaan sisällön lämpötilan mukaan yhtä lämpötila-aluetta ylemmästä sarakkeesta”, jolloin eristepaksuuden tulisi olla 60 mm. Kuvasta 30 on nähtävissä suunnittelu- lämpötilan mukainen eristepaksuus ja sähkösaaton tuoma ylempilämpötila-alue ja sen vaatima 60 mm paksuus. (L101 2023.)

Putken tai säiliön koko Pipe or vessel diameter	Jäätymisen esto sähkö-saatolla vesi Anti-freeze protection with electric tracing water	Sisällön lämpötila (°C) Contents' temperature (°C)		
		< 80	81-120	121-160
1½"	50	50	50	60
2"	50	50	50	60
3"	50	50	50	60
4"	50	50	50	60
6"	50	50	60	80

Kuva 30. Eristepaksuuden määrittäminen (L101 2023)

Eristysmateriaalin tulee olla vettä hylkivää, palamatonta ja lahoamatonta. Eristeillä ei myöskään saa olla syövyttäviä vaikutuksia eristettävään kohteeseen. Nesteen L101-spesifikaatio määrittää eristemateriaalien materiaalien olevan, mineraalivillakouruja tai verkkomattoja seuraavin lisävaatimuksin. (L101 2023.)

- Eristeen sulamislämpötila > 1000 °C
- Materiaalin kloridipitoisuus ei saa olla yli 30 ppm
Puristusjännitys vähintään 10 kPa, putkistoissa. (L101 2023.)

Eristeiden päällysteeksi valitaan SFS 3914 mukainen päällyste, joka on PVC-pinnoitettu kuumasinkitty teräs. Teräksiset suoja pellit kuuluvat maalata vihreäksi. Putkistoissa venttiilit ja laipat eristetään esivalmistetuilla koteloilla. Liite 4

esitetään esivalmistettu eristekotelo, jota tullaan käyttämään putkiston uusinnassa. Liite 5 on esimerkki laippaeristykseen käytettävistä valmiskotelosta. (L101 2023.)

7 VALMISTUS

Putkiston uusinnassa on kaksi vaihetta. Esivalmistusvaihe, jossa tehdään konepajalla kaikki työt mitkä voidaan tehdä valmiiksi ennen kenttähitsauksen aloittamista. Esimerkkinä käyrien hitsaaminen valmiiksi suoriin putkiin ja venttiili yhdistelmät. Esivalmistuksen tarkoitus on minimoida kenttähitsauksien määrää, sillä konepaja hitsaaminen on aina turvallisempaa, luotettavampaa ja nopeampaa kuin kentällä hitsaaminen, myös NDT-tarkastusten tekeminen on helpompaa ja nopeampaa konepaja olosuhteissa.

Nesteen rooli valmistuksessa on toimittaa urakoitsijalle esivalmistusta ja asennusta varten työ- ja sijoituspiirustukset, kuten isometrit tai tasopiirustukset. Urakoitsija näiden mukaan määrittää esivalmistus- ja asennusmaun mää-
rät ja esittää nämä tilaajan edustajalle.

Tilaaja valvoo koko valmistuksen ajan että, urakoitsija noudattaa painelaitedirektiivissä, nesteen spesifikaatioissa ja muissa näihin liittyvissä standardeissa määriteltä teknillistä vaatimustasoa. Urakoitsijan vastuuhenkilö taas vastaa omasta puolestaan samoista teknillisistä vaatimuksista ja painelaitedirektiivin mukaisen dokumentaation kokoamisesta ja ylläpitämisestä koko uusinnan ajan, ja toimittaa sen tilaajan edustajalle, kun työ on valmis. (H100 2021.)

Putkiston hitsaamisessa noudatetaan Nesteen omien standardien lisäksi SFS-EN ISO 13480 osaa 4 ja 5. Hitsausurakoitsijalla on oltava standardin SFS-EN ISO 14731 mukainen hitsauskoordinoija. Hitsauksenkoordinointi on kokonaan valmistajan vastuulla.

Hitsauskoordinaattorin oleellisia tehtäviä ovat vaatimusten katselmus ja tekninen katselmus, näihin kuuluu muun muassa hitsattavien aineiden yhteensopivuudet, hitsattavuus, hitsausmaun sijainnit, hitsauksenlaatu, hyväksymisvaatimukset, noudatettavat standardit ja valmiiden hitsausmaun yksityis-

kohdat. Hitsaus henkilöstön pätevyyksien ylläpitäminen ja tarkastaminen kuuluu myös hitsauskoordinaattorin oleellisiin tehtäviin kuten myös hitsausohjeiden ylläpito ja niiden hyväksyminen. Jokaisella putkistojen asennus-, korjaus- ja muutostyössä on oltava jokaiselle hitsaustavalle olemassa hitsausohje, jonka mukaan hitsaukset suoritetaan. (SFS-EN 14731 2017.) Liite 2 on esimerkki hitsausohjeesta, hitsausohjeesta hitsaajalle käy ilmi kaikki tarvittava tieto mitä hitsaaja tarvitsee, jotta hitsistä tulee onnistunut ja vaatimustenmukainen.

Työ suoritetaan A2-moduulin mukaisesti, joka sallii sisäisen tuotannon valvonnan. Sisäisessä tuotannon valvonnassa täytyy olla jäljitettävyyttä tehtyyn työhön valvottuja painelaitetarkastuksia varten. Tätä varten laaditaan PED-kansio, josta on saatavilla kaikki vaaditut tarkastukset, käytetyt hitsausohjeet ja niiden menetelmäkokeet, hitsauslokit, hitsaajien ja tarkastajien pätevyystodistukset. Kun työ on tehty ja vaatimuksenmukaisuustodistus on annettu, Aineisto liitetään osaksi aluekohtaista CE-merkintää. (H100 2021.)

7.1 NDT-tarkastus

PED-luokitellulla hitsaustyöllä on laatu ja turvallisuus vaatimuksia, joiden mukaan hitsaustyön onnistuminen ja laatu varmistetaan. NDT, eli rikkomaton aineenkoestus (Non-Destructive Testing) on keino, jolla varmistetaan hitsauksen onnistuminen.

NDT-tarkastusmenetelmiä ovat,

- Silmämääräinen tarkastus. VT
- Magneettijauhetarkastus. MT
- Tunkeumanestetarkastus. PT
- Radiografiset tarkastukset. RT
- Ultraääni tarkastus. UT
- Pyörrevirtaustarkastus. ET
- Vuototarkastus. LT
- Materiaalitunnistus. PMI
- Akustinen emissiomittaus. (NDT-tarkastus... s.a.)

Näistä käytetyimpiä putkistotöissä, ovat silmämääräinen tarkastus, joka tehdään kaikille hitsausaumoille. Tunkeumaneste- tai magneettijauhetarkastus, joka tehdään yleensä uudelleen käytetyn putkiston hitsausrailoille, ja valmiille

hitsausaumoilte. Radiografiset tarkastukset tehdään valmiille hitsausaumoilte riippuen putkiluokasta ja materiaaleista.

Silmämääräinen tarkastus on visuaalista tarkastusta käyttäen silmiä, peilejä ja mittaustyökaluja. Useat hitsausvirheet ovat havaittavissa silmämääräisesti. Tunkeumanestetarkastus on materiaalintestaus menetelmä, jota käytetään muun muassa pintahalkeamien tai huokosten löytämiseen perusaineesta tai hitsausaumasta. (Tunkeumanestetarkastus s.a).

Magneettijauhetarkastus on materiaalintestausmenetelmä, jossa käytetään ferromagneettisten materiaalien pintavikojen havaitsemiseen. Ferromagneettisia materiaaleja ovat esimerkiksi rauta, nikkeli ja koboltti. Menetelmällä pystytään havaitsemaan hyvin kapeita ja pieniä vaurioita. Magneettijauhetarkastusta käytetään laajalti hitsausaumojen ja materiaalien valmistuksessa. (Magneettijauhetarkastus s.a.)

Radiografisella tarkastuksella tutkitaan materiaalin perusaineessa, hitsausaumassa tai muutosvyöhykkeellä olevia vaurioita. Tarkastusmenetelmässä tutkitaan kohdetta, joko röntgen- taikka gammasäteiden avulla, jolloin saadaan kohteesta röntgenkuva, jossa näkyy mahdolliset vauriot tai paksuuden muutokset. (Radiografinen tarkastus s.a.)

Uusittavan sekakaasulinjan tarkastuslaajuus esivalmistuksen osuudelta saadaan nesteen H103-spesifikaatiosta. Tässä määritetään matalapaineisten hiili-teräs ja kylmänkestävän hiiliteräksen tarkastuslaajuus. kuvassa 31 on osoi-

tettu, että esivalmistuksessa on suoritettava 100 % VT ja 5 % RT/UT hitsaus-
saumoille. Hitsausaumojen 5 % tarkastuslaajuus on hitsaaja kohtainen eli jo-
kaisen hitsaajan hitsausaumoista on tarkastettava 5 %. (H103 2024.)

Putkiluokka Pipe Class	Kaikki hitsit All Welds	Päittäisiitokset Butt joints		Yhteet (DN = yhteen halkaisija (mm)) Branches (DN = nominal diameter (mm))		Ontelohitsit ⁴⁾ ja pienat Socket welds and fillet welds	Hitsiluokka Quality level
	VT (%)	MT (%)	RT/UT ^{2) 3)} (%)	MT (%)	RT/UT (%) ³⁾	Pinta Surface MT (%)	
A1-6N(P)0 ¹⁾ U1-6D(C)0 ¹⁾ Q1C0	100	-	5	-	-	-	EN ISO 5817 hitsiluokka B quality level B

Kuva 31. Tarkastuslaajuus (H103 2024)

Kaikki NDT-tarkastuksia suorittavat täytyvät olla koulutettuja ja sertifioituja asi-
aankuuluvien standardien.

7.2 Kustannukset / budjetointi

Työn tavoitteista yksi oli putkistouusinnan budjetoinnin luonti. Budjetointi on
tehty osittain kausisopimusten pohjalta laskemalla ja osa konsultoitu ja arvioitu
suoraan asianomaisilta. Merkittävät kustannukset uusinnassa tulee olemaan
putkistomateriaalien, putkistourakoitsijan-, telineiden- ja eristeiden kustannuk-
sissa. Muita isoja kustannuksia ovat putkien pintakäsittelytyöt ja putkistoval-
mistuksen NDT-tarkastukset.

Suurin osuus putkistouusinnan kustannuksista on putkistourakoitsijan työ-
kustannuksessa. Kustannusarvio tähän työhön on kysytty suoraan urakoitsi-
jalta. Esivalmistustyöt tehdään yksikköhinnoilla ja kenttäasennukset tunti-
työnä. Yksikkö hinnat ja tuntihinnoittelut menevät tilaajan ja urakoitsijan välisen
kausisopimuksen mukaan. Urakoitsijan kustannusarvio työlle on 331 000 €,
josta esivalmistuksen osuus on 90 000 € ja itse asennustyölle on arvioitu
240 000 €. Työaika työlle olisi noin 11-viikkoa. (Speweld 2024.)

Teline- ja eristetöiden kustannukset on myös laskettu kausisopimusten poh-
jalta ja vertailemalla teline- ja eristevastaavan kanssa vastaaviin töihin men-
nyttä aikaa ja telinelaajuutta. Telineistöiden hinnasto koostuu tuntikustannuk-
sista ja telinevuokrasta. Telineistä maksetaan vuokraa palveluntoimittajalle

siltä ajalta, kun teline on valmis siihen asti, kunnes telineille annetaan purkulupa tilaajan toimesta. Telinevuokra tämän kokoisille telineille on kahden kuukauden ajalta 25 000 €. Telineiden tekoon ja purkuun on budjetoitu 85 000 € vastaavien töiden pohjalta. (Erkkilä 2024.) Kokonaisuudessaan telinetöiden kustannukset olisivat noin 110 000 €.

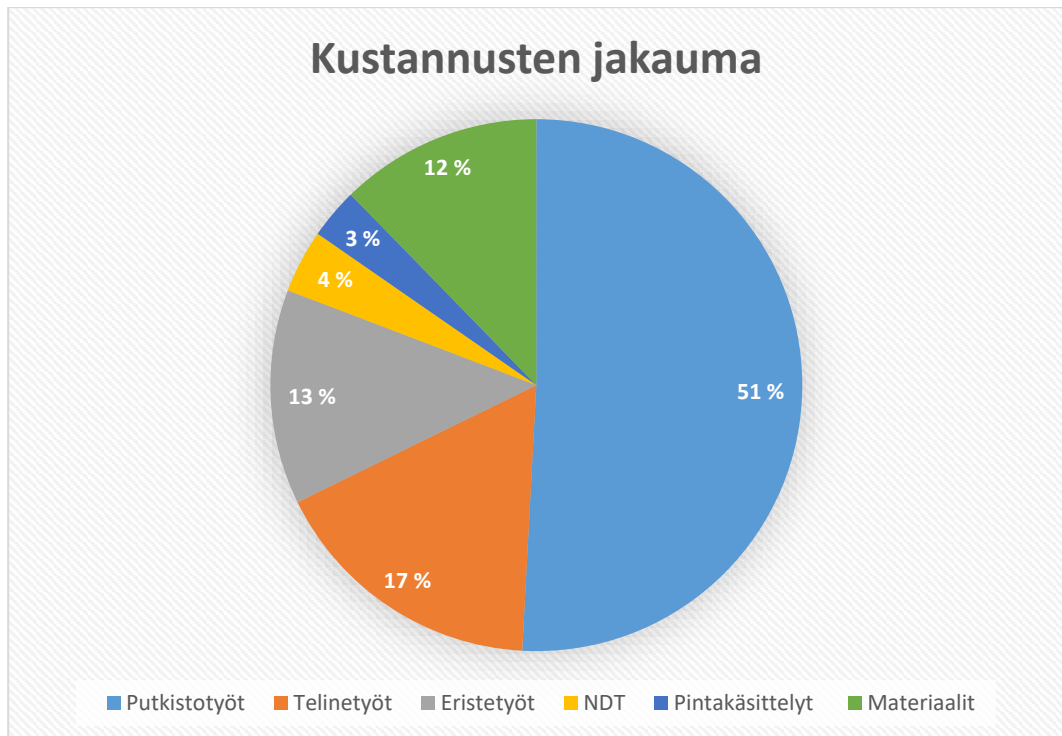
Eristeiden kustannukset koostuvat vanhan eristeiden purusta ja uusien eristeiden asennuksesta. Eristeet puretaan ja asennetaan tuntihinnoin, mutta uusien eristeiden materiaalit koostuvat metrihinnoista, kuten suoran putken eristeet ja yksikköhinnoista kuten käyrien tai venttiilien eristeet. Eristetyöt putkistouusinnassa on 85 000 €. (Erkkilä 2024.)

Pintakäsittelyiden kustannusarvio on laskettu putken halkaisijasta tulevan pinta-alan mukaan. Putket maalataan ennen kentälle tuontia maalausurakoitsijan hallissa ja kenttähitsausseamat maalataan jälkikäteen kentällä. Pintakäsittelyt kustantavat putkistouusinnassa 20 000 €, joka muodostuu pinta-alasta ja sopimushinnaston mukaisesta hinnoittelusta.

Linjaston valmistuksessa tarvittavat NDT-tarkastukset on budjetoitu myös aikaisempien töiden perusteella ja sopimushinnaston mukaisen tuntiveloituksen mukaan. NDT-tarkastuksiin on budjetoitu 25 000 €.

Putkistomateriaalit, joita tarvitaan putkisto uusintaan, on budjetoitu suoraan Nesteen toiminnanohjausjärjestelmän hinnoittelun mukaan. Nesteen toiminnanohjaus järjestelmään SAP:iin kerätyn materiaalistaan mukaan kustannus materiaaleista on 80 000 €. Materiaaleissa on huomioitu kaikki osat mitä putkisto uusintaan tarvitaan.

Kuvassa 32 on nähtävissä, miten kustannukset jakautuvat. Suurimpana kuluna on putkistourakoitsijan kustannukset. Kokonaisuudessaan tämän kokoluokan putkistouusinta kustantaa noin 651 000 €.



Kuva 32. Kustannusjakauma

8 YHTEENVETO

Tämän työn tavoitteena oli suunnitella uusi putkilinja sekakaasulinjalle vanhan linjan olleessa käyttöaikansa päässä. Putkisto on kärsinyt paljon eristeiden alaisesta korroosiosta ja putkiston elinikä oli jo valmiiksi heikko, sillä se on valmistettu alun perin normaalia ohuempiseinäisestä putkesta. Uutta putkilinjaa ei saada uusittua samalle kohdalle kuin vanhaa, joten uudelle putkilinjalle täytyi kartoittaa uusi reitti ja luoda kustannusarvio putkistouusinnalle.

Uuden putkilinjan sijoittelun suunnittelutyö tehtiin kokonaisuudessaan fyysisesti laitoksella ja hahmottelemalla putkisilloille mahtuvia linjauksia. Tässä työssä helpotti se, että purettavia putkia on paljon putkisilloilla, joita hyödyntämällä saadaan aikaiseksi hyvä ja toteutuskelpoinen reitti uudelle linjalle.

Kustannukset työlle muodostuvat suurilta osin putkistourakoitsijan työstä ja asennuksesta. Kustannukset ovat riippuvaisia myös aikataulusta, joka työlle asetetaan. Telineiden kustannuksien osuus nousee työn pitkittyessä, sillä telineistä joudutaan maksamaan vuokraa koko uusinnan ajalta. Aikataulutusta on haasteellinen luoda isolle putkistouusinnalle ja aikatauluarvio tulee suoraan putkistourakoitsijalta. Työssä käytetty telinevuokran kustannus on kahden kuukauden ajalta.

Työssä käytettiin monia eri standardeja, säädöksiä ja nesteen omia spesifikaatioita. Putkistosuunnittelu kuten myös korjaus- ja muutostyöt ovat hyvin standardeihin pohjautuvia. Nykyaikaiset standardit antavat hyvät ohjenuorat ja säännöt tämänkaltaisia putkistotöitä varten.

Haasteeksi teollisuuden putkisto- tai painelaitetoissa voi osoittautua monien eri standardien kanssa toimiminen. Monilla mailla on omia standardeja kuten myös yrityksillä saattaa olla omia spesifikaatioita, kuten nesteen omat spesifikaatiot.

Työn johdosta oli pakollista tutustua hyvin putkistoihin liittyviin standardeihin ja tämä avasi paljon näkemystä painelaitelain alaisista putkistotöistä. Tulevaisuudessa tämä helpottaa ymmärtämään paremmin putkistousintaan ja korjaukseen liittyvää lainsäädäntöä ja standardien vaatimuksia. Standardien kanssa työskentely myös kehitti niiden tulkitsemista, joka helpottaa myös muiden painelaitteiden kanssa työskentelyä.

LÄHDELUETTELO

Bedda, J. 2022. Neste Oyj. Sähköpostikeskustelu. 22.3.2022.

Change runs on renewables. 2023. Neste Oyj yritysesite. 2023. Neste Oyj. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.neste.fi/sites/neste.fi/files/FI_Yritysesite_2023.pdf [Viitattu 13.2.2024].

Dora, H. 2020. Standardien vertailu putkistosuunnittelussa. Metropolia ammattikorkeakoulu. Bio- ja kemiantekniikka. Opinnäytetyö. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2020111823145> [Viitattu 22.7.2024].

Erkkilä, V-M. 2024. Kunnossapitomestari. Neste Oyj. Keskustelu. 3.6.2024.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/68/EU.

H100. 2021. Putkistovalmistuksen yleisspesifikaatio. Neste intranet.

H101. 2024. Putkiston suunnitteluspesifikaatio. Neste intranet.

H102. 2024. Putkistomateriaalit laippaliitoksilla. Neste intranet.

H103. 2024. Hitsausliitokset, lisäaineet, NDT-tarkastukset, esilämmitys ja lämpökäsitellyt sekä eripariliitokset. Neste intranet.

H109. 2021. Putkikannakkeet. Neste intranet.

Hira, A. 2006. CUI: An in-depth analysis. Insulation outlook. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://insulation.org/io/articles/cui-an-in-depth-analysis/#:~:text=The%20problem%20of%20steel%20corrosion,the%20temperature%20continues%20to%20increase>. [Viitattu 27.5.2024].

HPi verification services. s.a. Pressure equipment PED category calculator. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.hpivs.ie/ce-certification-2/ped/pressure-vessel-calculator> [Viitattu 22.7.2024].

Korroosio. s.a. Nettinuotta. WWW-sivut. Saatavilla: <https://www.nettinuotta.com/opetus/9Ke/korroosio.html> [Viitattu 11.3.2024].

Korroosio. s.a. Teräsrakenneyhdistys. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/151/8ac778e/korroosio.pdf> [Viitattu 11.3.2024].

Laine, J. 2020. Eristeen alaisen korroosion hallinta jalostamolla. Turun ammattikorkeakoulu. Konetekniikka. Opinnäytetyö. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202004094825> [Viitattu 27.5.2024].

Liukkonen, J. 2021. Neste Oyj. Käyttömestari. Sähköpostikeskustelu. 20.8.2021.

Lindqvist, R. 2024. Neste Oyj. Laitetarkastaja. Keskustelu 4.3.2024.

L101. 2023. Lämpöeristysspesifikaatio Neste intranet.

L103. 2022. Korroosionestomaalusspesifikaatio. Neste intranet.

Magneettijauhetarkastus. s.a. Dekra. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.dekra.fi/fi/magneetti-jauhe-tarkastus-mp/> [Viitattu 2.7.2024].

Muutosmatkamme. 2023. Neste Oyj. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.neste.fi/konserni/tietoa-meista/strategia/muutosmatkamme>. [Viitattu 13.2.2024].

NDT-tarkastus eli rikkomaton aineenkoetus. s.a. Kiwa Inspecta. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.kiwa.com/fi/fi/palvelumme2/ndt-tarkastus-ja-teknologiapalvelut/ndt-tarkastus-eli-rikkomaton-aineenkoetus-ndt-non-destructive-testing/> [Viitattu 2.7.2024].

Neste Oyj. 1974. Patteriraja 1 tasokuva. Revisio 97. PDF-tiedosto. Neste intranet.

Neste Oyj. 2000. C7055 isometri. Revisio 2. PDF-tiedosto. Neste intranet.

Neste Oyj. 2004. Elinkaaren hallinta. Tarkastusraportti. Intranet. [Viitattu 28.2.2024].

Neste Oyj. 2012. Elinkaaren hallinta. Tarkastusraportti. Intranet. [Viitattu 12.2.2024].

Neste Oyj. 2019. Vuosikertomus. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.vuosikertomukset.net/resources/Neste/fin/vuosikertomukset/Neste_vuosikertomus_2019.pdf [Viitattu 20.2.2024].

Neste Oyj. 2021a. Prosessikuvaus KTO4. WWW-dokumentti. Intranet.

Neste Oyj. 2021b. Prosessikuvaus KTO5. WWW-dokumentti. Intranet.

Neste Oyj. 2021c. Prosessikuvaus REF3. WWW-dokumentti. Intranet.

Neste Oyj. 2023. Öljytuotteet. Docs-dokumentti. Intranet. [Viitattu 20.2.2024].

NOS 4102. 2023. ASME Teräsputket. Neste intranet.

Osakkeenomistajat. 2024. Neste Oyj. WWW-dokumentti Päivitetty 30.6.2024. Saatavissa: <https://www.neste.fi/konserni/sijoittajat/osakkeenomistajat>. [Viitattu 13.2.2024].

Painelaitteiden korjaus- ja muutostyöt. s.a. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/painelaitteet/painelaitteiden-korjaus-ja-muutostyot#Moduulin%20A2%20soveltaminen>. [Viitattu 26.5.2024].

Peng, L., & Peng, T. 2009. Pipe stress Engineering. 1st ed. Houston: ASME press.

Putkiluokat. PSK-käsikirja 7 – osa 2. 2022. PSF-standardisointi 2022:5. E-kirja. Saatavissa: <https://psk-standardisointi.fi/kasikirjat/> [Viitattu 22.7.2024].

Radiografinen tarkastus, korroosiokuvaus. s.a. Dekra. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.dekra.fi/fi/radiografinen-tarkastus-rt-korroosiokuvaus/> [Viitattu 2.7.2024].

SFS-EN 13480. 2017. Metallic industrial piping. Part 4: Fabrication and installation.

SFS-EN ISO 14731. 2019. Hitsauksen koordinointi. Tehtävät ja vastuut.

Speweld Service Oy. 2024. Urakkatarjous. Sähköpostikeskustelu. 13.8.2024.

Standardien asema vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa. 2024. Tukes. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/vaatimustenmukaisuus/standardien-asema-vaatimustenmukaisuuden-osoittamisessa#:~:text=Standardit%20ovat%20luonteellista%20suositusta%20ja,s%C3%A4%C3%A4d%C3%B6ksiss%C3%A4%20tuotteille%20asetetut%20vaatimukset%20t%C3%A4ytt%C3%A4v%C3%A4t>. [Viitattu 24.2.2024].

Tarhonen, K. 2018. Painelaitteet. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. PDF-dokumentti. Intranet.

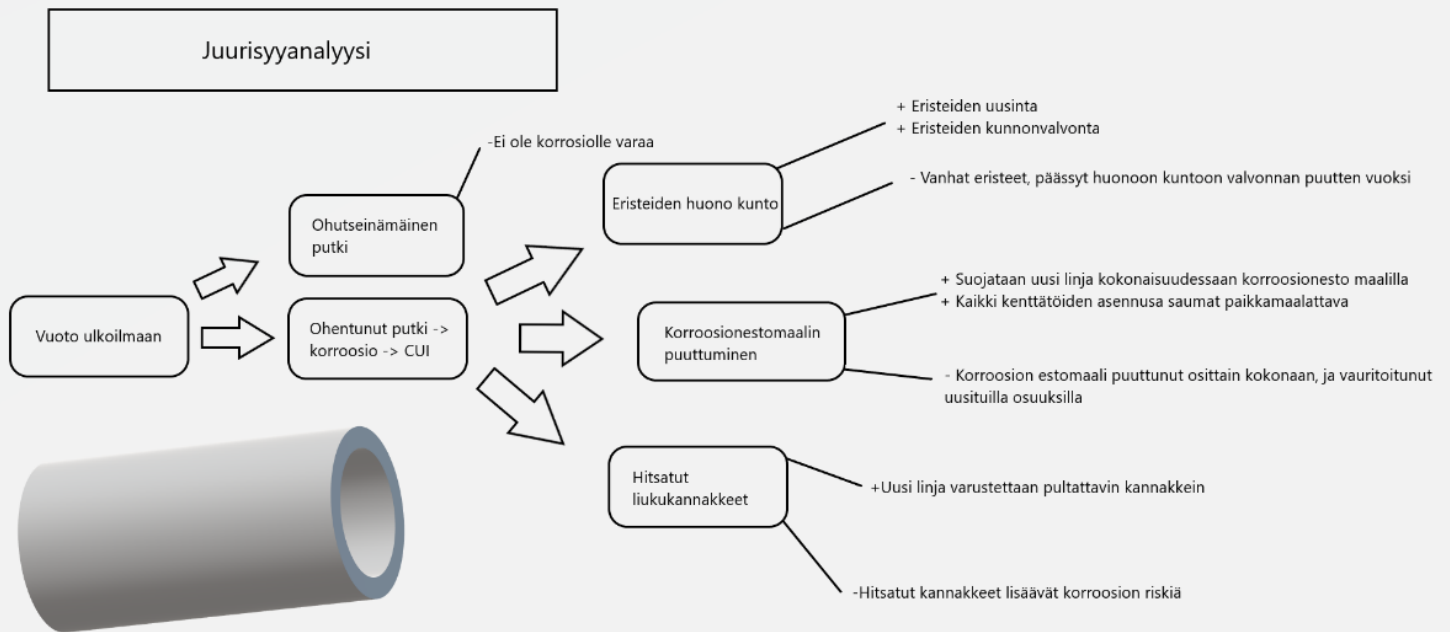
Tekniset asiakirjat ja EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus. 2023. Euroopa. WWW-dokumentti. Päivitetty 22.10.2023. Saatavissa: https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/compliance/technical-documentation-conformity/index_fi.htm. [Viitattu 26.5.2024].

Tunkeumanestetarkastus. s.a. Dekra. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.dekra.fi/fi/tunkeuma-neste-tarkastus-pt/> [Viitattu 2.7.2024].

KUVALUETTELO

- Kuva 1. Nesteen henkilöstöjako vuonna 2019
- Kuva 2. Raakaöljyn jalostuksen periaatekaavio.
- Kuva 3. Lopputuotejaukauma
- Kuva 4. Luokittelukuvan määrittäminen.
- Kuva 5. Taulukko 8.
- Kuva 6. Vaatimuksenmukaisuuden arviointimenettelyt.
- Kuva 7. Vaarallisuusluokan laskentaohjelmisto.
- Kuva 8. Sekakaasulinjan reitti.
- Kuva 9. 6"-putken NOS standardi.
- Kuva 10. Ruostuminen reaktioina.
- Kuva 11. Korroosiota putkessa.
- Kuva 12. L103 spesifikaation mukainen maalaus
- Kuva 13. Liukukannakeen periaatekuva
- Kuva 14. Liukukannake
- Kuva 15. Lämpötilan vaikutus korroosionopeuteen.
- Kuva 16. CI-ESCC 304 SS
- Kuva 17. Säiliölle tyypillisiä CUI riskikohteita.
- Kuva 18. Alkanutta eristeen alaista korroosiota.
- Kuva 19. Pitkälle edennyt eristeen alaista korroosiota.
- Kuva 20. Patteriraja 1 lähtö.
- Kuva 21. Nykyisen sekakaasulinjan muutos vanhalle amiinilinjalle.
- Kuva 22. vanhalta lauhdelinjalta siirto vanhalle amiinilinjalle.
- Kuva 23. Esimerkki paisuntalenkistä.
- Kuva 24. Tyypikuva tyhjennyksestä LPG linjassa.
- Kuva 25. Tyypikuva ilmausyhteestä.
- Kuva 26. Uuden putken liitäntä.
- Kuva 27. Kannakeluokat SFS-13480 mukaan.
- Kuva 28. Kannakemateriaalin valinta taulukko H109.
- Kuva 29. H109 ohjeellinen kannakeväli.
- Kuva 30. Eristepaksuuden määrittäminen.
- Kuva 31. Tarkastuslaajuus.
- Kuva 32. Kustannusjakauma.

Liite 1.



NESTE OIL

Neste Oil Oy
Porvoon jalostamo
PL 310, 06101
Porvoo

Hyväksyntä /
Approval by

HITSAUSOHJE
Manufacturer's Welding Procedure Specification
Nro/No: DA-10302

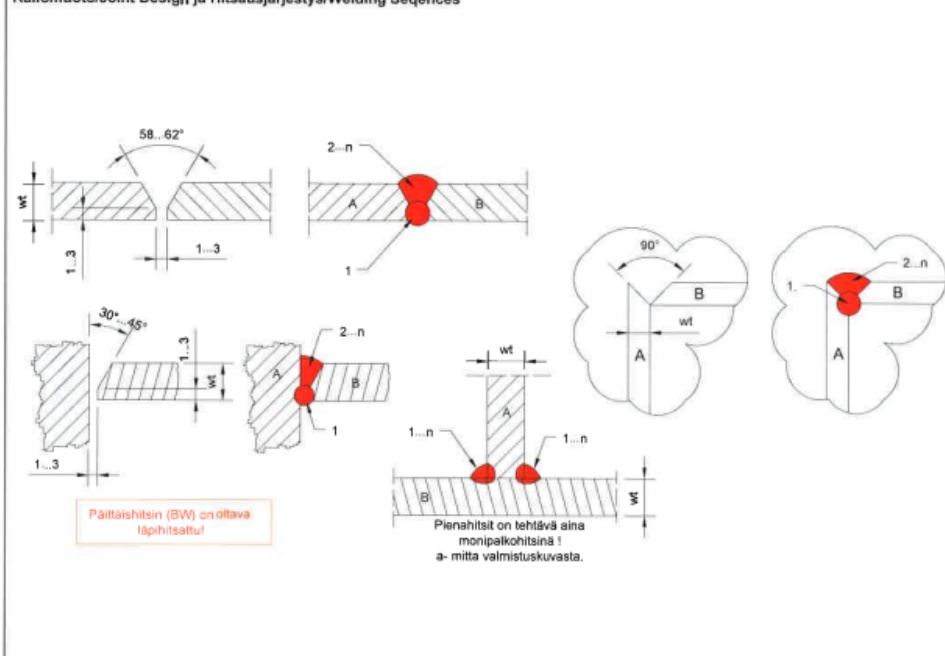
Manufacturer Neste Oil

Nro/No:

190420102

1(1)

Railomuoto/Joint Design ja Hitsausjärjestys/Welding Sequences



Perusaineryhmä / Parent material group CEN ISO/TR 15608 or ASME			Ulkohalkaisija Outside Diameter [Ø]	Paksuus/ Material Thickness [wt]
A	43	Hastelloy C276	-	-
B	43	Hastelloy C276	-	-
Lisäaineet/Kauppamerkintä/luokittelumerkintä Filler Material/Trade Name/Classification			Käsittely/Handling	
141	palot 1...n	OK Tigrod 19.81 tai vastaavat lisäaineet	Valmistajan ohje	
111	palot 1...n	OK 92.59 tai vastaavat lisäaineet	Valmistajan ohje	
Erityisolosuhteet/Special Conditions		Konepaja		
Hitsausprosessi/Welding Process		141 TIG-hitsaus ja 111 Puikkohitsaus		
Hitsausasento/Welding Position		kaikki paitsi PG		
Liitosmuoto/Joint Type		BW, FW		
Railon valmistus/Groove Preparation		Koneistus tai hionta		
Railon puhdistus/Groove Cleaning		Hionta		
Kappaleen kiinnitys/Jigging of work Piece		Käsin		
Silloitus/Track Welding		Tarvittaessa		
Suoritustekniikka/Welding Technique		lievästi vaaputtaen		
Välipalkojen puhdistus/Cleaning of Passes		Välipalkoja saa käyttää		
Juurituki/Gouging		ss/nb yhdeltäpuolelta hitsaus ilman juuritukea		
Juuren avaus/Backing		ng Ei juuren avausta eikä hiontaa		

HITSAUSOHJE
 Manufacturer's Welding Procedure Specification
 Nro/No: DA-10302

2(1)

Palko Weld Run	Hitsaus- prosessi Welding process	Lisäaineen Mitat Dimension [mm]	Virtalaji Current type Polarity	Virta Current [A]	Jännite Arc Voltage [V]	Kuljetus nopeus Travel Speed [mm/s]	Lämmöntuo nti Heat input [kJ/mm]	LOT nro:
1...n	141	1.0 / 2.4	DC-	50...150	10..12			
1...n	111	2.5 / 3.2	DC+	50...100	24...26			
Korotettu työlämpötila/Preheat temperature [°C]				ei	Jälkilämp. Kuumennusnopeus Heating Rate [°C /min]		-	
Palkojenvälinen lämpötila/Interpass Temperature [°C]				-	Poistolämpötila Withdrawal Cooling rate [°C]		-	
Esikuumennusmenetelmä/Preheat Method				-	Pitoaika/Soaking Time [min]		-	
Työlämpötilan mittaus/Method of measurement				-	Jäähdytysnopeus/Heating Cooling rate		- °C/h	
Jälkilämpökäsittely/Post Weld Heat Treatment [°C]				-	Puhdistus/Cleaning		Nylon- tai RST laikka	
Suojakaasu/Shielding Gas EN 439			Mison Argon	I1	Virtausnopeus/Range of Flow Rate		8...10	[l/min]
Juurikaasu/Backing gas EN 439			Mison Argon	I1	Virtausnopeus/Range of Flow Rate		4...6	[l/min]
Volframielektrodin halkaisija ja tunnus/Tig-elektrode				2.0		WT 20 (punainen)		

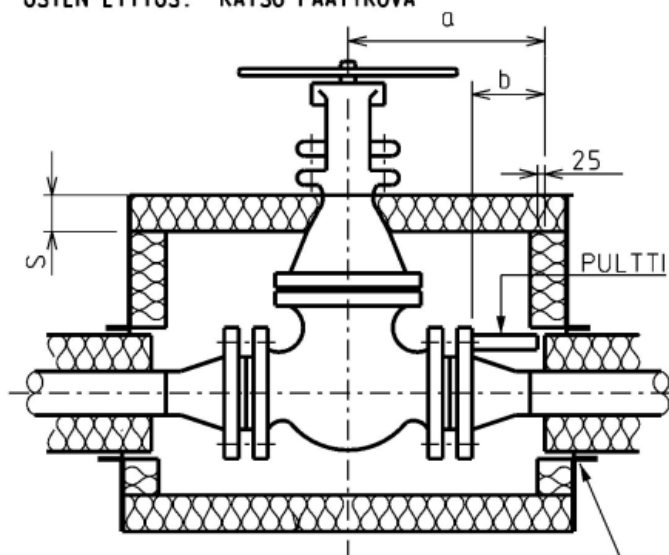
Muu informaatio ja lisävaatimukset/Remarks and additional requirements
Tämä ohje on korjaustyöhön laadittu yleishitsausohje Kaikki hitsit tulee tarkastaa Neste oil Oyj:n valmistusspesifikaatioiden mukaisesti sekä tuotestandardien vaatimusten mukaisesti.

Valmistaja/Laajitus/Contractor	Neste Oil Oyj Pääsuojakoodinjohtaja Pasi Parhamaa IWE FI 305	Tarkastuslaitos on hyväksynyt tämän ohjeen käytettäväksi työmäärityksessä nro: _____ Korjausohje hyväksytty / repair prosedur accepted
Neste Oil Oyj / Pasi Parhamaa IWE FI 305	19.4.2010 <i>P. Parhamaa</i>	

LUISTIVENTTIILIT A.N.S.I.

HUOM. 1

KOTELON ALIMMAN OSAN KESKIKOHDASSA ON OLTAVA PISIMMÄN SIVUN SUUNTAINEN LUKITUSSALVOILLA SULJETTAVA KOTELON OSIEN LIITOS. KATSO PÄÄTYKUVA



PSK 3707 TAILUKKO 6:N MUKAAN TAI
ILMAN KAULUSTA JA U-TIIVISTE SAND
Profiles GMBH A1013 TAI VASTAAVA.

HUOM. 2

KOTELOT No >6 TEHDÄÄN
VAHVISTETULLA SAUMALLA
"LOCKFORMER"

