



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

PSK-STANDARDIEN KÄYTTÄMI- NEN YARA SIILINJÄRVEN MEKAA- NISESSA SUUNNITTELUSSA

TEKIJÄ:

Kim Lohikainen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Kim Lohikainen	
Työn nimi PSK-standardien käyttäminen Yara Siilinjärven mekaanisessa suunnittelussa	
Päiväys 28.04.2021	Sivumäärä/Liitteet 33
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Yara Suomi Oy / Continuous Improvement Manager Management and Business Support (Nordics) Jari Kurikkala	
Tiivistelmä <p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Yara Suomi Oy:lle Siilinjärven toimipaikalle. Tehtävänä oli kehittää putkistosuunnitteluprosessin toimintamallia ja putkiston energiatehokkuutta. Kehittämisen tarkoituksena on saada luotua putkistosuunnitteluun vakioidut putkispekit dokumentoituina, jotta suunnittelu olisi helpompaa ja nopeampaa. Nykyisin putkilinjat suunnitellaan PSK:n standardien mukaan ja niihin saatetaan tehdä muutoksia tapauskohtaisesti.</p> <p>Tutkimuksessa perehdyttiin Yaran materiaaleihin, tilausprosessin suunnitteluun putkiston, sen varusteiden ja energiatehokkuuden näkökulmasta. Lähdeaineistona käytettiin aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, julkaisuja ja haastatteluita työn aiheeseen liittyvien ammattitaitoisten henkilöiden kanssa. Opinnäytetyössä luodaan ymmärrystä putkistosuunnittelua ohjaavista standardeista perustuen lakeihin, PSK standardeihin ja paikalliseen osaamiseen.</p> <p>Opinnäytetyön keskeiseksi tulokseksi saatiin putkistosuunnittelun toimintatavan rakenteellinen laajennus, joka parantaa tiedonkulkua ja edistää suunnittelua. Lisäksi laajennus sisältää huomioita putkiston ja sen varusteiden energiatehokkuudesta.</p>	
Avainsanat energiatehokkuus, putkistosuunnittelu, PSK	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering	
Author(s) Kim Lohikainen	
Title of Thesis Use of PSK Standards in the Mechanical Design of Yara Siilinjärvi	
Date 28 April 2021	Pages/Appendices 33
Client Organisation /Partners Yara Siilinjärvi Oy / Continuous Improvement Manager Management and Business Support (Nordics) Jari Kurikkala	
<p>Abstract</p> <p>This thesis was done for the mechanical design department of Yara Siilinjärvi Oy. The aim was to develop the piping design process and energy efficiency of piping. The meaning of this development work was to create standardized pipe specification documented for piping design, so that designing would be easier and faster. Nowadays pipelines are designed based on PSK standards which may be customized on a case-by-case basis.</p> <p>In the thesis the materials of Yara Oy and the design of the ordering process were studied from the perspective of the pipeline, its equipment and energy efficiency. Literature, publications and interviews with professionals were used as source material. The thesis creates an understanding of the standards guiding pipeline design based on laws, PSK standards and local expertise.</p> <p>The primary result of this thesis was structural extension of the mode of operation in piping. This extension improves information flow and promotes planning. In addition, the extension includes considerations for the energy efficiency of the pipeline and its equipment.</p>	
Keywords energy efficiency, piping design, PSK	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	YARA OY SIILINJÄRVEN ESITTELY	7
3	PUTKISTOSUUNNITTELU	9
3.1	PSK-Standardit	10
3.2	Putkistosuunnittelua ohjaavat Standardit	11
3.2.1	Ryhmä 24.....	11
3.2.2	Ryhmä 42.....	11
3.3	Projektin tilausprosessi	13
3.4	ISO 50001	15
4	ENERGIATEHOKKUUS.....	17
4.1	Putkistojen eristys.....	17
4.2	Venttiilit	21
4.3	Virtausmittaukset.....	23
4.4	Vesitykset.....	23
5	KORROOSIO	26
5.1.1	Eristeen alainen korroosio.....	27
5.1.2	Putkistojen seinämävahvuus	28
5.1.3	Putkiston käyttöaste	29
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	31
7	POHDINTA.....	31

LÄHTEET

SELITESIVU

Armattuuri	Kattilaan/putkistoon kuuluva kiinteä metallivaruste
As-built	asennuksen jälkeinen tilanne, joka esitetään projektin loppudokumentaatiovaiheessa laadituissa dokumenteissa
DN	Dimension Nominale. Putken halkaisijan nimelliskoko
HMP	Höyryn matalapaine
H&L	Höyry ja lauhdejärjestelmä
PED	Pressure Equipment Directive. Painelaitedirektiivi
PN	Paineluokka

1 JOHDANTO

Yara Siilinjärven laite- ja putkistosuunnittelussa käytetään PSK standardin putkiluokkia, mutta usein asiantuntijan tai projektipäällikön toimesta putkiluokkaan tehdään muutoksia kokemukseen perustuen, jolloin standardiin aiheutuu poikkeamia. Kaikkia putkistoon kuuluvia varusteita ei ole havainnoinnin perusteella standardoitu paikallisesti. Tietoja ei saada ylläpidettyä ja jaettua, minkä takia poikkeamat aiheuttavat nyky menetelmällä suunnittelutoimistossa lisätyötä. Nyky menetelmällä muutokset tehdään uutena putkiluokkana 3-d malliin tai käsin isometriin kuviin. Tässä opinnäytetyössä keskitytään projektin tilausprosessin suunnitteluun putkiston, sen varusteiden ja energiatehokkuuden näkökulmasta.

Opinnäytetyössä luodaan ymmärrystä putkistosuunnittelua ohjaavista standardeista perustuen lakeihin, PSK standardeihin ja paikalliseen osaamiseen. Putkistosuunnittelun projektivaiheessa suunnittelun tilaukseen luodaan matalapainehöyryn putkilinjojen sisäinen standardi, josta muutokset ja huomiot käyvät ilmi. Lisäksi muodostetaan tarkastelukohta seuraavia projekteja varten projektin toteutuksen jälkeen. Tavoitteena on selvittää projektipäälliköille ja asiantuntijoille millaisia asioita putkiston ja sen varusteiden energiatehokkuuden taustalla on, kun niitä suunnitellaan.

Pitkällä tähtäimellä työtä on tavoitteena käyttää pohjana putkistosuunnittelun standardien laajentamisessa muille väliaineille kuin matalapainehöyry. Opinnäytetyö toteutetaan pääsääntöisesti etätöinä, mutta työ sisältää haastatteluita ja palavereita, joita järjestetään toimeksiantajan kanssa.

2 YARA OY SIILINJÄRVEN ESITTELY

Yara on maailmanlaajuinen ympäristönsuojelutuotteiden, teollisuuskemikaalien ja kivennäislannoitteiden toimittaja. Yara työllistää yli 16 000 henkilöä yli 60 maassa ja myy tuotteita yli 160 maahan. Yara tarjoaa asiantuntijapalveluita, tuotteita ja ratkaisuja viljelijöille, jakelijoille ja teollisuusasiakkaille, jotta he voivat kasvattaa liiketoimintaansa vastuullisesti ja kannattavasti luonnonvarojen, kestävän ruoantuotannon ja ympäristön huomioon ottaen. (Yara julkaisuaika tuntematon.)

Yara myy 30,55 miljoonaa tonnia lannoitteita sekä teollisuustuotteita 6,6 miljoonaa tonnia. Yrityksen missio on maailman väestön ruokkiminen vastuullisesti ja planeettamme suojeleminen. Visio on yhteiskunta, jossa tehdään yhteistyötä; maailma ilman nälänhätää; planeetta, jota kunnioitetaan. Yaran päivittäisessä toiminnassa näkyvät arvot ovat kunnianhimo, uteliaisuus, yhteistyö ja vastuunotto. (Yara julkaisuaika tuntematon.)

Yara Siilinjärven tehtailla (Kuva 1) ja kaivoksella (Kuva 2) työskentelee noin 400 työntekijää. Organisaation päätuotteet ovat lannoitteet, fosforihappo apatiitti ja AN-liuos. Lisäksi Siilinjärvellä on Länsi-Euroopan ainoa toimiva fosfaattikaivos. Siilinjärvellä tuotanto on alkanut 1969 ja kaivostoiminta 1979. Investoinnit vuosina 2008–2019 noin 600 miljoonaa euroa. Tärkeimmät asiakkaat ovat viljelijät (lannoitteet 75 % teollisuustuotteet 25 %). (Yara julkaisuaika tuntematon.)



KUVA 1. Yara Siilinjärvi (Yara-intranet 2020)



KUVA 2. Yara Siilinjärvi kaivosalue (Yara-intranet 2020)

3 PUTKISTOSUUNNITTELU

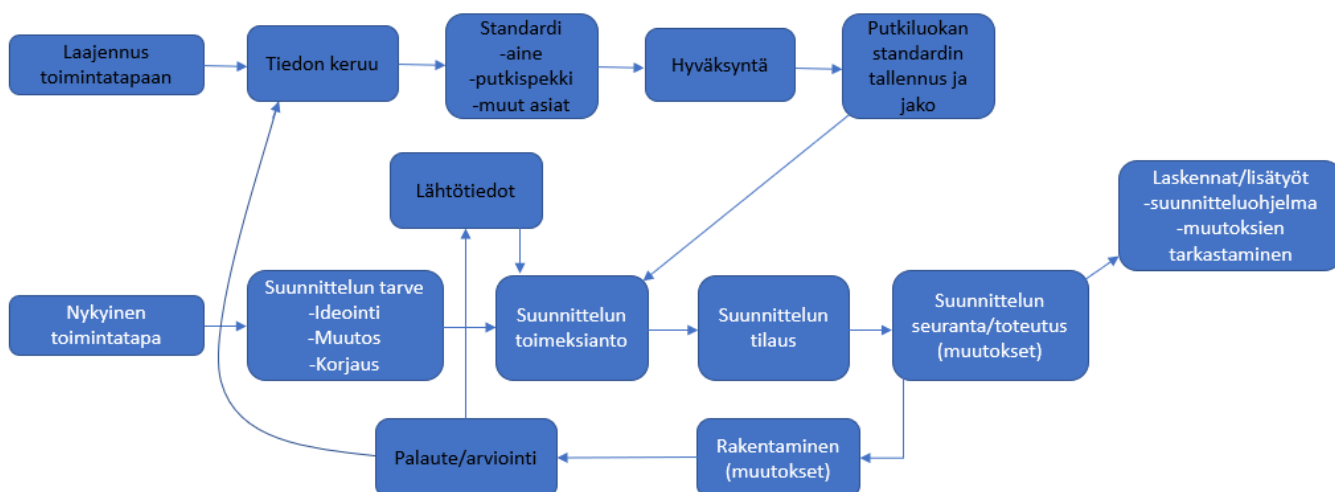
Putkistosuunnittelu on merkittävä osa laitossuunnittelua, koska putkistot yhdistävät laitoksen paineellisen järjestelmän osia, kuten säiliöitä, pumppuja ja kattiloita. Teollisuusputkistoilla siirretään virtaavia aineita eroiltaan suurissa lämpötiloissa ja paineissa höyrynä, ilmaa ja vetenä säiliöiden ja prosessiyksiköiden välillä prosessissa. Putkistolle on tärkeää olla hyvä suunnitelma, jotta dokumentit olisivat riittävän kattavat suunnittelijoille ja välttyttäisiin aikaa vieviltä muutoksilta. Kattilalaitoksen putkistosuunnittelua koskevat tiukat viranomaisvaatimukset, sekä suuret lämpötilan, paineen ja putkiston materiaalin vaihtelut. Rajoituksia putkistosuunnittelijalle asettavat viranomaisten lisäksi asiakas ja laitos. Putkistot valmistetaan standardiosista, joten valmiita komponentteja suunnittelijalle löytyy. Putkistosuunnittelija toimii asiakkaan edustajien, tarkastajien, laitetoimittajien, viranomaisten ja käyttö- ja huoltohenkilökunnan kanssa, joten laajaa asiantuntemusta vaaditaan. Suunnittelijan on tarkoitus luoda prosessin kannalta toimiva laitos, sekä taloudellinen asennus. (Hämäläinen 2005a, 1.)

Putkistosuunnittelu toteutetaan 2D- tai 3D-mallinnusohjelmien avulla. Mallinnukset voidaan myös piirtää sekä hahmotella käsin paperille. Rissanen (2021) mukaan suunnittelijan ja tilaajan kesken suunnitteluympäristössä tullaan ongelmakohtaan, jossa suunnittelija on määrittänyt putkiluokat, mutta niitä muutetaan tai niistä tehdään erilainen. Nykyisellä toimintatavalla kuluu ylimääräistä aikaa ja rahaa, koska suunnittelijan täytyy muokata putkilinjan jokaisessa osassa muutokset erikseen (Rissanen 2021). Tämä johtuu siitä, että muutokset eivät ilmene suunnittelun toimeksiannossa.

Putkistosuunnittelun toteutettavuussuunnitteluun sisältyviä lähtötietoja:

- pi-kaavio ja putkilinjaluettelo (paineluokat, nimelliskoot, virtaavat aineet, linjatunnukset, virtaus-suunnat ja putkiston vietot, eristettävät putket, prosessin toimitusrajat)
- käyttö- ja suunnittelulämpötilat (putkilinjaluettelo)
- putkilinjaluettelon muutokset ja lisäykset
- putkisillat
- venttiililuettelo.

Nykyhetken ongelma liittyy suunnittelun toimeksiannon kohtaan, jossa ei ole riittävää määrää tarvittavia tietoja. Suunnittelutoimeksiannotlomake Yaralla on olemassa, mutta sen käyttöä ei ole standardoitu kaikkiin suunnittelutilauksiin liittyen. Yaran nykyinen putkistosuunnittelun toimintatapa on kuvattu Kurikkalan (2021) mukaan valkoisella tekstillä ja lisäykset toimintatapaan mustalla tekstillä kuvan (3) mukaisesti.



KUVA 3. Yara Siilinjärven putkistosuunnittelun toimintatapa (Lohikainen 2021).

Virtaavalle aineelle olisi tarkoitus valita/hyväksyttää paikakohtaisesti yksi modifioitu perus- putkispekki (Rissanen 2021). Tällöin suunnittelu pysyisi ajantasaisena, suunnittelu olisi riippumaton tekijästä ja toteutus noudattaisi kaavaa. Alla kuva esimerkistä, mitä tietoja suunnittelija tarvitsee, sekä huomioita putkiston varusteiden energiatehokkuuteen.

Paine (g)	Lämpötila		Putkilinjaluettelo	Putkiluokka	Virtaava aine	Huomioita putkiston energiatehokkuuteen					
	Min C	Max C				eristys	venttiilit	vesitykset	tiivisteet	mittaukset	sokeinnit
1,5	120	144	1702	16C100	Matalapainehöyry						

KUVA 4. Hahmotelmakuva vaadittavan putkispekin muodostamiseen (Lohikainen 2021).

Energiatehokkuus voi heikentyä korroosiovaran lisäämisen johdosta, koska sisämitta muuttuu ja se vaikuttaa virtaukseen (Rissanen 2021). Putkistoilla ja sen varusteilla voi olla pitkät toimitusajat, jotka voivat vaikuttaa projektiin ja sen johdosta valinnat voivat kohdistua saatavilla oleviin osiin. Kyseinen valinta voi johtaa merkittäviin kustannuksiin esimerkiksi vuotaviin venttiileihin, mikä tarkoittaa, että valitut venttiilit ovat käyttökeltottomia kyseiseen projektiin (Katainen 2021). On tärkeää huomioida putkistojen ja varusteiden toimitusajat, jotta suunnitelma toteutuisi ilman muutoksia.

3.1 PSK-Standardit

PSK- Standardisointi on teollisuuden puolueeton kehitysyksikkö. PSK-standardeja voidaan käyttää omina yritysstandardeina, mikä tuo säästöjä vähentämällä työtä ja yhtenäistämällä toimintoja. PSK:n laatimat standardit ovat käytännöllisiä ja menetelmätyyppisiä työkaluja, joiden kehyksinä käytetään eurooppalaisia ja kansainvälisiä standardeja. PSK-standardeja on 420, jotka sisältävät 47 ryhmää/ 7 teknistä alaa ja 8 käsikirjaa. PSK-standardeja käytetään yrityksen operatiivisen liiketoiminnan tukena ja pohjana suunnittelussa, hankinnoissa, projektinhallinnassa, kunnossapidossa ja tuotekehityksessä. Asiakkaat voivat määrittellä oman liiketoiminnan kannalta standardit tarjouskyselyssä, projekteissa ja tehtailla. Standardit toimivat uusien tuotteiden tukena ja pohjana kehitystyölle ja ovat tehokas tapa hakea perustietoa ja perehdyttää uusia työntekijöitä (PSK Standardisointi julkaisu aika tuntematon).

3.2 Putkistosuunnittelua ohjaavat Standardit

Tässä työssä keskitytään putkistosuunnittelua ohjaaviin PSK- standardien ryhmiin 24, 37 ja 42. Ryhmässä 24 putkiston suunnitteluohjeet ja hankinta osiossa kerrotaan putkistolle muun muassa ohjeelliset virtausnopeudet, suunnittelun perusteet, hankinnat ja putkistosuunnittelun tarjouspyyntömallit sekä teknisen erittelyn mallit (PSK Ryhmä 24). Ryhmässä 37, teollisuuden putki- ja säiliöeristyksissä kerrotaan laajasti putki, säiliö- ja laite eristykseen liittyvää tietoa (PSK Ryhmä 37). Kohdassa 4.1 kerrotaan lämpöeristyksen mitoituksesta ja taloudellisesta eristepaksuudesta. Ryhmässä 42 putkiluokista kerrotaan kohdassa 3.2.2, mitä osia putkiluokkaan kuuluu, kuinka putkiluokka määritetään ja merkitään sekä, kuinka putkiluokat auttavat suunnittelijan työtä (PSK Ryhmä 42).

3.2.1 Ryhmä 24

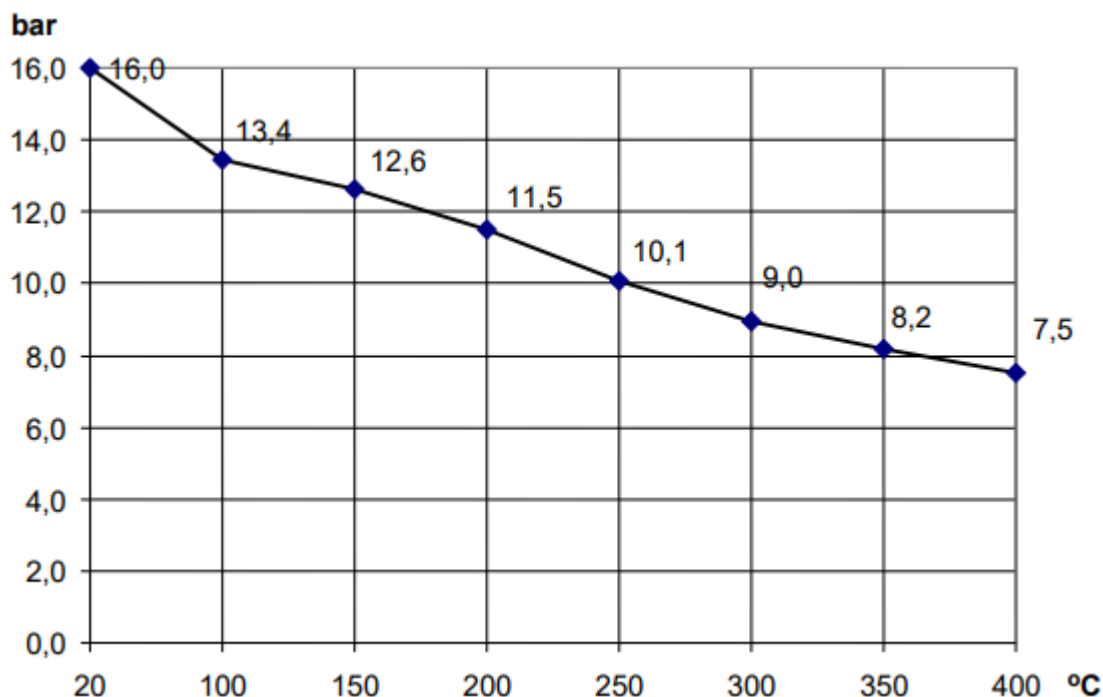
Työn osalta kerrotaan ryhmä 24 putkistosuunnittelun perusteet ja sieltä esille nostetut osiot ja niiden vaatimukset. Esille nostettuihin osioihin kuuluvat tiedonvaihto, putkiluokka, eristys ja lämmitys, putkiston reititys ja 3d-malli (PSK 2402 2021, 1).

Tiedonvaihdon vaatimuksiin kuuluu suunnittelijan ja yhteyshenkilön välinen tiedonvaihto, joka on määritelty projektiohjeistuksessa. Putkiluokkaan kuuluvia vaatimuksia ovat: putkiluokkaan tehtävien muutoksien johdosta putkiluokan uusi nimeäminen täydennettynä, esimerkiksi PSK:n suosituksen mukaan yritys tai projektikohtainen nimi. Eristys ja lämmitys osiossa putkistosuunnittelua varten on huomioitava eristyksen vaatima tilantarve putkistossa sen varusteissa ja instrumenteissa. Putkikanakkeet valmistetaan eristyspaksuuden mukaan, jotta välttyään loveamisilta. Putkiston reitityksessä energiatehokkuus huomioidaan toimivalla ja kustannustehokkaalla reitityksellä. Osion 3d-malli vaatimuksiin kuuluu, että ennen suunnittelun aloitusta on sovittava mallinnusperiaatteet ja mitä putkiluokkia ja sen varusteita käytetään, sekä niiden yksityiskohdat. (PSK 2402 2021, 7–21.)

3.2.2 Ryhmä 42

Putkiluokilla yhdenmukaistetaan putkiston eri osien materiaali ja mitat. Putkiluokkaan kuuluvia putkenosia ovat putkikäyrät, suorat putket, putkikartiot, T-haarat, putkikaulukset, päädyt, laipat, kierteelliset putken osat, tiivisteet, aluslaatat, mutterit ja ruuvit. Käytettävä putkiluokka valitaan korrosio-olosuhteiden, virtaavan aineen, paineen ja lämpötilan perusteella. Putkiluokkia käytetään putkistosuunnittelun, putkiston hankinnan, rakentamisen ja kunnossapidon apuvälineenä. (PSK 4201 2013, 1.)

Putkiluokka määritetään valitsemalla sopiva perusmateriaali ja paineluokka ja mitoittamalla kaikki komponentit kestäväseen valittu ylipaine huoneen lämpötilassa (+20 °C). Liitteeksi lisätään taulukko (kuva 5) sallitut ylipaineet korkeimmissa lämpötiloissa.



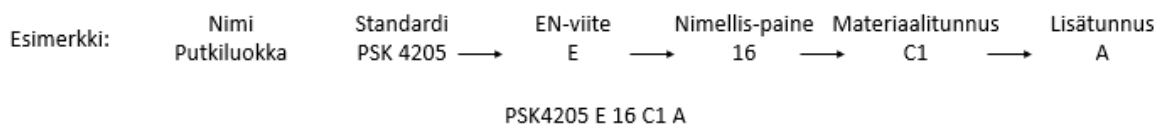
KUVA 5. Sallitut paineet lämpötilan funktiona (PSK 4205 2017, 13)

Putkiluokan yleiselle laskentaperusteelle on käytetty arvoja (PSK 4205 2017, 15):

- suunnittelujännitys $f = 140 \text{ MPa}$
- korroosiovara $c_0 = 1,0 \text{ mm}$
- hitsausliitoksen lujuuskerroin $z = 1,0$
- ylipaine $1,6 \text{ MPa}$
- lämpötila 20 °C
- mitoitus SFS-EN 13480-3 mukaan

Putkiluokastandardeista on suunnittelijalle merkittävä apu ja työ helpottuu, koska mitat ja materiaalit standardissa ovat yhdenmukaiset ja usein määriteltyinä valmiiksi mallinnusohjelmaan. Kun samoja osia käytetään eri projekteissa, toimitusvarmuus lisääntyy ja komponenttien valmistus on helpompaa. Yritykset spesifioivat monesti omat putkiluokastandardit, koska putkiluokat eivät ota kantaa virtaavaan aineeseen. Siilinjärven voimalaitoksella on käytössä matalapainehöyryn putkilinjoissa putkiluokat 4205, 4206 ja 4207. Rissasen (2021) mukaan Siilinjärven alueella on käytetty muun muassa matalapainehöyrylle suunniteltua Kemira standardin mukaista putkiluokkaa, jossa virtaava aine on huomioitu. Kemiran spesifioimat standardit voisivat olla yksi vaihtoehto putkispekkien muodostamiseen.

Kuvassa 6 on havainnointu putkiluokan esittäminen täydellisellä merkinnällä. Luetteloissa, kaavioissa ja vastaavissa voidaan käyttää tunnusta lyhennettynä, esim. E16C1A. (PSK 4201 2017, 2.)



KUVA 6. Putkiluokan täydellinen merkintä (Lohikainen 2021).

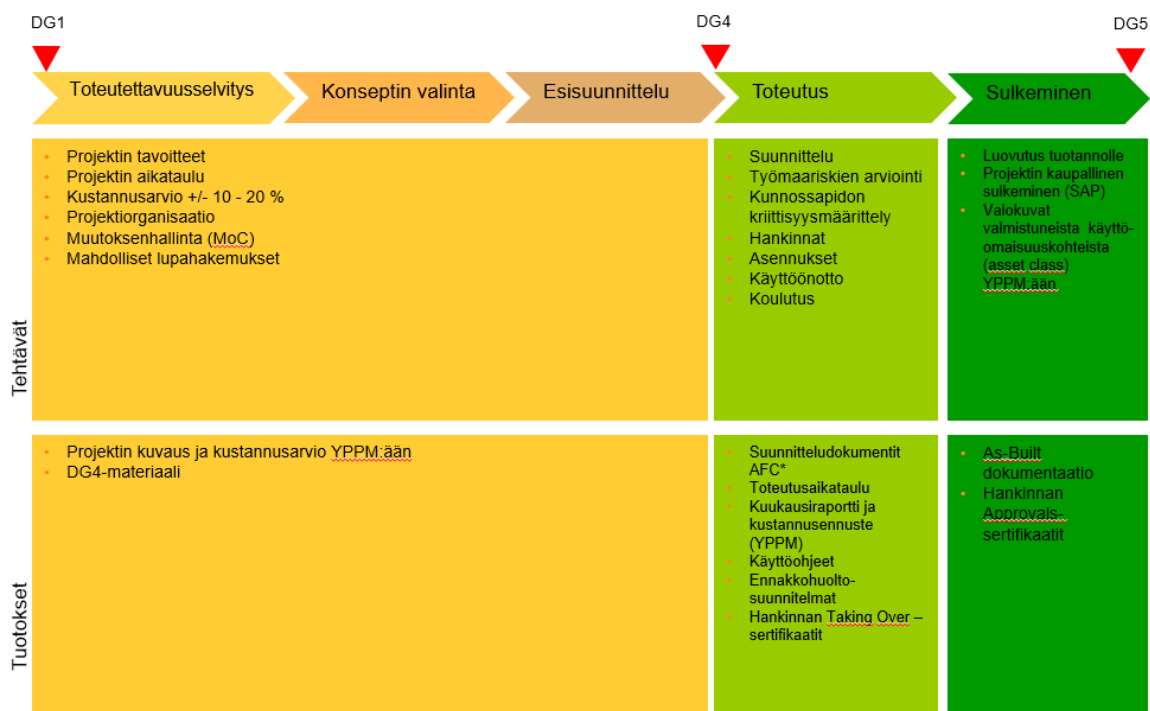
Kyseessä oleva standardi on PSK4205, jonka putkiluokka E16C1A on painelaitekäyttöön tarkoitettu kuumaluja seostamaton ja hitsattu teräsputki. Merkintä e osoittaa, että putkiluokka perustuu EN standardeihin (PSK 4205 2021, 17). Nimellispaine (16) kertoo että putkiluokan suurin sallittu käyttö-paine on 16 bar 20 °C:n lämpötilassa ja suurin sallittu lämpötila 400 °C (PSK 4205 2021, 11). Putken materiaalin ja sen kanssa kosketuksissa olevan virtaavan aineen mukaan määräytyy materiaalitun-nus. Materiaaliluokka C tarkoittaa kuumalujaa terästä ja 1, että se on seostamatonta. Materiaalitun-nuksen C1 materiaalina on kuumaluja seostamaton teräs. Jos putkiluokka eroaa jollakin tavoin toi-sistaan samalle nimellispaineelle ja materiaalille esimerkiksi mitoiltaan, tai valmistustekniikaltaan erotetaan se lisätunnuksella. Lisätunnus A kertoo, että materiaali on valurautaa. (PSK 4201 2013, 2–3.)

3.3 Projektin tilausprosessi

Projektin tilausprosessissa Yara käyttää suunnittelutilauskaavaketta ja ulkopuolisia suunnittelijoita. Suunnittelutilauskaavakkeessa on määritelty 5 eri päätöksentekoporrasta (DG1-DG5), riippuen pro-jektin kustannuksista ja laajuudesta. Päätöksentekoportaatt projektin eri vaiheille ovat

- DG1, Toteutettavuusselvitys
- DG2, Konseptin valinta
- DG3, Esisuunnittelu
- DG4, Toteutus
- DG5, Sulkeminen.

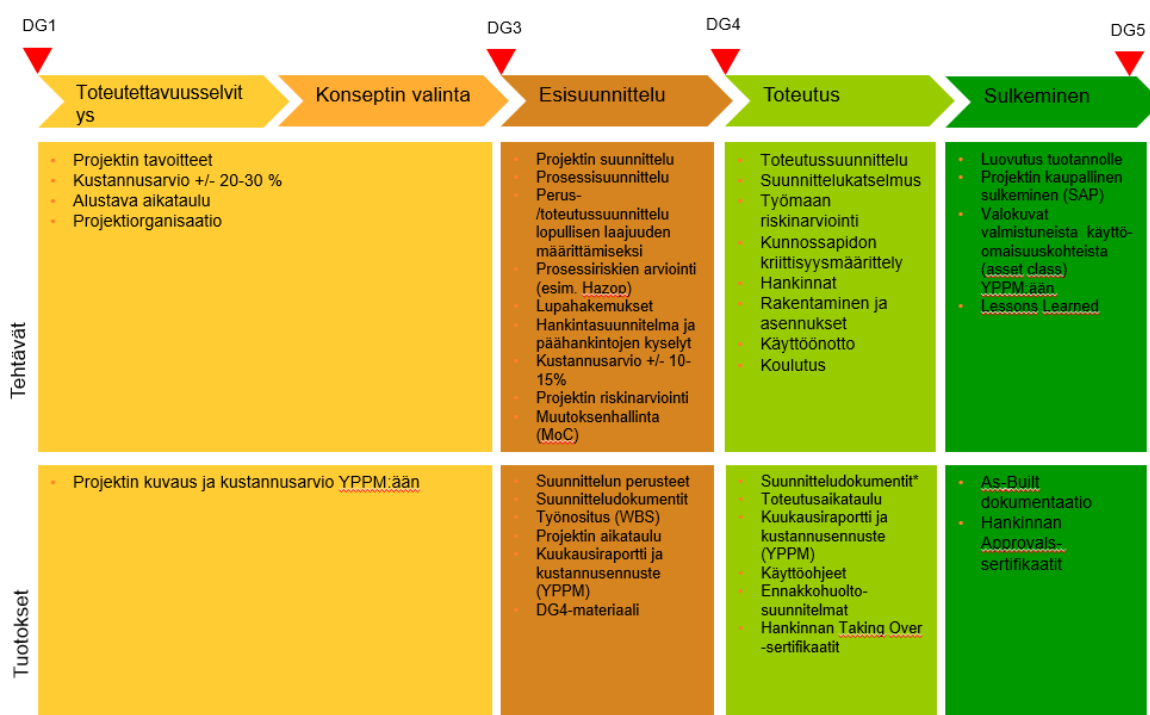
Putkistosuunnittelun tilausprosessi sisältyy projektiin, joka luokitellaan laajuusluokittelulla small, me-dium ja large. Pieni (small) laajuusluokittelu sisältää yksinkertaiset investoinnit eikä esisuunnittelua tarvita ja kustannukset ovat alle 500 000 € esitetään kuvassa 7.



KUVA 7. Pienen (small) laajuuden tehtävät ja tuotokset projektin eri vaiheissa (Torvinen 2020).

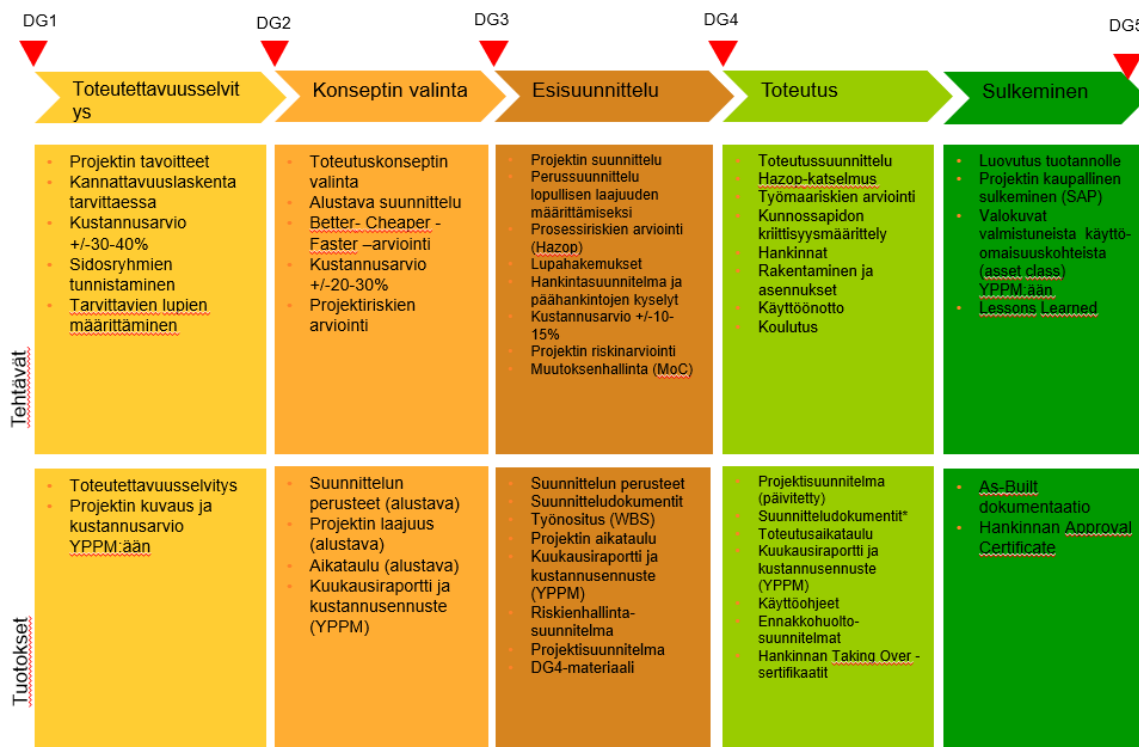
Kuvan 7 kohdassa tuotokset sisältävät DG-4 materiaalin, joka pitää sisällään muun muassa kohdan energiatehokkuuden, jossa energiatehokkuutta verrataan arvioimalla nykyiseen tilanteeseen. DG-4 materiaali sisältää myös arviot/laskelmat sähköstä, polttoaineesta ja/tai lämmöstä (MWh/a). DG4 materiaalissa kerrotaan myös, jos investoinnilla ei ole vaikutusta energiatehokkuuteen.

Laajuudeltaan keskisuuressa (medium) investoinnissa tarvitaan esisuunnittelua laajuuden ja kustannusarvion selvittämiseksi. Kustannukset asettuvat 500 000–3,5 miljoonan € väliin.



KUVA 8. Keski-suuren (medium) laajuuden tehtävät ja tuotokset projektin eri vaiheissa (Torvinen 2020).

Laajuudeltaan suuressa (large) investoinnissa tehdään toteutettavuus selvitys tai kannattavuuslaskenta. Investoinnille on monia toteutusvaihtoehtoja ja sisältö on monimutkainen. Kustannukset suurimmassa (large) luokassa ovat suuremmat kuin 3,5 miljoonaa €.



KUVA 9. Suuren (large) laajuuden tehtävät ja tuotokset projektin eri vaiheissa (Torvinen 2020).

Yleensä projekteihin liittyy lähes aina riskejä. Riskit ovat oleellista tunnistaa ajoissa, jotta niihin voi varautua, jolloin riskien todennäköisyys pienenee. Projekti todetaan onnistuneeksi, kun aikataulussa ja budjetissa on pysytty, sekä määritelty hyötytavoite toteutuu. Huomiona että, kriittistä aikataululle on seisokin aikana tehdyt asennukset. Putkistosuunnittelun tilausprosessi edellyttää, että tavoite ja mitä halutaan, on määritelty selvästi.

3.4 ISO 50001

International Organization for Standardization on kehittänyt kansainvälisen standardin ISO 50001. Se sisältää vaatimukset energiankulutuksen ja tehokkuuden suunnittelulle, hallinnalle ja kehittämiselle ja soveltuu kaiken kokoisille organisaatioille. (SFS 2018.)

Tämän energianhallintajärjestelmän ollessa käytössä, yritys on vapautettu pakollisesta energiakatselmuksesta. Suomessa suurten yritysten on tehtävä energiakatselmus neljän vuoden välein, koska energiatehokkuuslaki näin velvoittaa. ISO 50001 etuja ovat muun muassa

- energian käytölle tehokkaampien periaatteiden kehittäminen
- saavutettujen tuloksien mittaaminen
- jatkuva energianhallinnan parantaminen

- tiedon kerääminen päätöksen tueksi.

Organisaatio voi itse päättää tavoitteet ja aikataulut energiatehokkuuden parantamiseksi, koska standardissa ei näitä anneta täsmällisesti. On kuitenkin otettava huomioon lakisääteiset raja-arvot. (SFS 2018.)

4 ENERGIATEHOKKUUS

Energiatehokkuudella tarkoitetaan energian säästämistä niin tehokkaasti kuin se on mahdollista. Säästöä kertyy yleensä pitkällä aikavälillä, jos kokonaisuudet ovat optimoituja energiatehokkuuden näkökulmasta. Optimoinnista aiheutunut kustannus saattaa olla huomattavasti kalliimpi lyhyellä aikavälillä tarkasteltuna, mutta lopputuloksena investoinnille saadaan energian tehokkaampi käyttäminen. Se tarkoittaa, että putkisto ja sen varusteet kestävät pitempään tuoden halvemmat kustannukset niiden elinkaarelle ja samalla turvallisuus paranee. Matalapainehöyryputkien energiatehokkuudesta Yaralla ei ole tällä hetkellä tallessa olevaa tietoa (Kurikkala 2021). Energiatehokkuutta tullaan huomioimaan ja tuomaan tietoja mahdollisista säästöistä putkistosuunnittelussa. Putkilinjoissa tulee vastaan monia tekijöitä, joilla on vaikutusta energiatehokkuuteen. Näihin paneudutaan tarkemmin kohdissa 4.1–4.6. Työn laajuus ei kata virtaus- ja suunnitteluteknisiä asioita.

4.1 Putkistojen eristys

Pääasiassa eristeitä käytetään prosessiputkistoissa lämpöhäviön, kondensaation, paloturvallisuuden, äänieristyksen, sekä lämpömuuttujien kontrollointiprosessissa. Työturvallisuuden kannalta eristys on välttämätön koska putkistojen ja laitteiden pintalämpötilaa on mahdollista laskea haluttuun tasoon eristämisen avulla. Eristämisellä vähennetään putkistosta ympäristöön siirtyvää lämpöhäviötä, jolloin energian käyttö pienenee. Eristämätön putkisto lisää termisiä jännityksiä, korroosiota ja nopeuttaa kulumista. Ulkona olevat putkistot voidaan eristyksen avulla suojata jäätymiseltä, jolloin ilmassa oleva kosteus ei myöskään pääse siirtymään eristettävään kohteeseen. (Motiva julkaisuaika tuntematon, 3–7.)

Mineraalivilla on käytetyimpiä rakennusten ja teollisuuden eristemateriaaleja. Kuvassa (10) esiintyvä mineraalivilla, yleensä kivi- eli vuorivilla, tai lasivilla on lahoamatonta ja epäorgaanista materiaalia. Lasivilla on väriltään keltaista sen sideaineen bakeliittiliiman takia ja se on kevyempää kuin kivivilla. Kivivillassa bakeliittiliima peittyy kiviaineksen värillä ja kestää huomattavasti enemmän lämpöä kuin lasivilla. Nykyään edellä mainituista on olemassa uusi kuitu, joka yhdistää kivivillan lämmönkeston ja lasivillan kevyemmän painon, jonka ansiosta eristeestä saadaan ohuempi ja kevyempi. (Motiva julkaisuaika tuntematon, 16–17.)

Eristys-kategoria	Eristemateriaali	Minimi Lämpötila		Maksimi Lämpötila	
		°F	°C	°F	°C
Rakeinen	Kalsiumsilikaatti	0	-18	1200	650
	Perliitti			600	315
	Silika aerogeeli	-460	-270	1200	650
Kuitu	Mineraalivilla	32	0	1800	1000
	Lasikuitu	-20	-30	1000	540
Huokoinen	Huokoinen lasi	-450	-260	900	480
	Polyuretaani	-350	-210	250	120
	Elastomeerivaahto	-70	-55	250	120
	Polystyreenivaahto	-60	-50	165	75
	Fenolivaahto			300	150

KUVA 10. Yleiset eristemateriaalit ja niiden käyttölämpötilat (Vainionpään käänös 2016, 17)

Putkiston eristysten ohjeistus ja toteuttaminen on määritetty eristysstandardeissa erikseen lämpöeristykselle, suojaeristykselle ja kondenssieristykselle. Höyry- ja lauhdeputkistoissa (H&L) siirretään lämpöenergiaa laitoksen kulutuskohteiden käyttöön, joten energiataloudellisin perustein mitoitettu putkiston lämpöeristys on lähes aina perusteltua (Motiva 2011, 21). Eristeiden minimivaatimukset, esimerkiksi vaadittu pintalämpötila ei ole eristeen elinkaarelle kustannustehokkain valinta. Eristyspaksuus valitaan käyttölämpötilan mukaisesti eri putkikoolle säästetyn lämmön hinnan perusteella eristystandardissa taulukosta (PSK 3704). Eristyksen pääomakustannukset ja lämpöhäviöstä aiheutuvat energiakustannukset huomioon ottaen, eristyspaksuus saadaan määritettyä investoinnin suunnitteluvaiheessa. Optimoimalla edellä mainitut kokonaiskustannukset investoinnin pitoajalla, saadaan määritettyä taloudellinen eristepaksuus. Kokonaiskustannuksiin on huomioitava vaihtelevat kunnossapitokustannukset eristyksen elinkaarelle vuositasolla. Elinkaariaikaisella ajattelulla saadaan investoinnille taloudellinen lopputulos. (PSK 3704 2021, 9.)

Putkieristyksen vuotuiset kokonaiskustannukset/pituusyksikkö lasketaan kaavalla

$$K_p = a_{n/i} * k * H_p + E_p(1)$$

missä $a_{n/i}$ on annuiteettitekijä, k muotokappaleiden aiheuttama eristyskustannusten lisäys, H_p on putkieristyksen yksikköhinta, E_p on putkieristyksen vuotuinen energiakustannus ja K_p putkieristyksen vuotuinen kokonaiskustannus/pituusyksikkö (PSK 3704 2021, 27).

K_p saavuttaessa vähimmäisarvonsa saadaan putkelle optimi ja taloudellinen eristepaksuus.

Taulukossa 1 on havainnointu kolmen eri tason eristepaksuuksia putkikoolle DN15–400, kun putken pintalämpötila on 50–100°C. Laskenta-arvoina on käytetty sisätiloja, jossa ympäröivän ilman lämpötila on +20 °C, ilman virtausnopeus 0 m/s ja pinnan emissiivisyys 0,8 (PSK 3704. 2021, 5–8.)

TAULUKKO. 1 Lämpötekkinen eristepaksuus s, mm (PSK 3704. 2021)

Putkikoko	Perustaso	Hyvä taso	Erinomainen taso
DN	50-100°C	50-100°C	50-100°C
15	40	50	50
20	40	50	50
25	40	50	60
32	40	50	60
40	40	50	60
50	50	60	80
65	50	60	80
80	50	60	80
100	60	80	80
125	60	80	80
150	60	80	80
200	60	80	80
250	80	100	100
300	80	100	100
350	80	100	100
400	80	100	100
Taso	100	120	120

Yleisimmin käytetty eristys taso Suomessa on perustaso. Eristyskohteille, jotka ovat ulkona valitaan vähintään taulukon 1 mukaan seuraava korkeampi vakioeristepaksuus. Lämpötekkinelle kylmäeristykselle ja kondenssieristykselle tehdään mitoitus tapauskohtaisesti (PSK 3704. 2021, 3). Eristyspaksuuden valinnassa usein edullisinta on valita paksuus, joka peittää putkisangat kalliin loiveamistyön vuoksi (Motiva 2011, 21).

Taulukossa 2 on havainnointu energiankulutus eristämättömän ja kolmen eri luokan eristetyn putken/tason arvoja. Laskenta-arvoina on käytetty sisätiloja, jossa ympäröivän ilman lämpötila on +20 °C, ilman virtausnopeus 0 m/s ja pinnan emissiivisyys 0,8 (PSK 3704. 2021, 5–8).

TAULUKKO. 2 Lämpöhäviöt w/m, W/m² (PSK 3704. 2021)

Putki (W/m)	Eristämätön		Perustaso	Hyvä taso	Erinomainen taso
	50 °C	100 °C			
DN	50 °C	100 °C	50 - 100°C	50 - 100°C	50 -100°C
15	30	90	14	13	13
20	35	110	16	15	15
25	40	135	18	16	15
32	50	165	21	18	17
40	55	185	22	20	18
50	70	220	23	21	18
65	80	270	26	24	20
80	90	310	29	26	22
100	110	390	31	26	26
125	140	470	36	30	30
150	160	550	41	34	34
200	200	690	51	41	41
250	250	840	49	41	41
300	290	980	56	47	47
350	310	1070	60	51	51
400	350	1200	67	56	56
Taso(W/m ²)	340	1150	36	30	30

Hyvä taso vastaa vähintään 6 % ja erinomainen taso vähintään 12 % lämpöhäviön säästöä perustason verrattuna.

Höyry- ja lauhdeputkistoon liitettyjen pienten laitteiden eristäminen ei ole aina energiataloudellisesti perusteltua. Toiminnallisista syistä eristämättä jätetään vesitys- ja ilmanpoistohaarat, joissa on tarvetta tehostaa alijäähdytystä. Kuumat pinnat suojataan turvallisuussyistä suojaeristyksellä mieluiten helposti avattavalla ja edullisella tavalla. Usein suuremmat laitteet ja armatuurit on kannattavaa eristää, mutta kunnossapitoa ja tarkastuksia varten niiden pintasuojaus on syytä toteuttaa avattavilla koteloilla. (Motiva 2011, 21.)

Todelliset lämpöhäviöt normaalisti eristetyille H&L-siirtoputkistoille ovat yleensä yli 0,5 % siirrettävän lämmön määrästä, joten eristystä parantamalla prosentuaalinen energiasäästöpotentiaali ei ole yleensä kovin suuri. Kuitenkin eristämättömän H&L-putkiston lämpöhäviöt ovat tasoa 3–5 %, joten pitkä käynti- ja pitoaika tuo eristämiseksi kannattavuutta. Tapauskohtaisesti lämpöhäviöiden määrä voi olla suurempi esimerkiksi silloin, ”kun voimalaitoksen ja kulutuskohteen etäisyys on kilometreissä ja putkireitti kulkee ulkona avoimella putkisillalla, jossa tuulen nopeus nousee merkittäväksi tekijäksi”. (Motiva 2011, 21.)



KUVA 11. Putkisillalla kulkeva matalapainehöyrylinja (Lohikainen 2021).

Kuvassa 11 on putkisillalla kulkeva matalapainehöyrylinja fosforihappotehtaan ja voimalaitoksen välillä Yaralla Siilinjärven tehtailla

4.2 Venttiilit

Energiatehokkuusmielessä venttiilien valinnassa tulee huomioida niiden aiheuttama vuotoherkkyys ja painehäviö, sekä soveltuuko venttiilityyppi käytettäväksi kyseisellä painetasolla liian nopeaa avautumista välttämällä. Täysiaukkoisia venttiilejä suositellaan käytettäväksi höyryn siirtolinjoissa, jotta painehäviö ei huononna järjestelmän energiataloutta. DN80 kokoa suuremmat höyrylinjan käsiventtiilit ovat kannattavaa varustaa ruuvi tai vaihdekäytöllä, jotta niitä ei voida avata liian nopeasti. DN350 kokoa suuremmilla sulkuventtiileillä on syytä olla moottorikäyttö avaamistyön helpottamiseksi ja lisäksi ne ovat edullista varustaa pienellä käsiohituksella putkiston seisokin jälkeistä lämmittämistä varten. (Motiva 2011, 22.)

Kuvassa 12 on Yaran fosforihappotehtaalla sijaitseva eristämätön matalapainehöyryn sulkuventtiili.



KUVA 12. Eristämätön matalapainehöyryn sulkuventtiili (Lohikainen 2021).

Kuvassa 13 on Yaran voimalaitoksella sijaitseva eristetty, mutta suojaamaton matalapainehöyryn sulkuventtiili.



KUVA 13. Eristetty matalapainehöyrylinjan sulkuventtiili (Lohikainen 2021).

Huomioitavaa venttiiliä valittaessa on sen kestävyys paineen ja lämpötilan (p , T) yhdistelmän suhteen, että ne ovat vähintään putkiston suunnitteluarvojen mukaiset. Venttiilien tiivisteiden kesto rajoittaa yleensä lämpötilan kesto, jolloin venttiileissä käytetään metallitiivisteitä, koska ne kestävät korkeita lämpötiloja (+700 °C). Höyryn runkoputkien käsiventtiilit ovat yleensä pitkiä aikoja auki, joten venttiilin sulkeminen saattaa aiheuttaa poksitiivistevuodon. Vuodon riskiä voi vähentää käyttämällä paljettiivisteisiä pokseja. (Motiva 2011, 22.)

Varaosien minimoimiseksi venttiilien valinnassa noudatetaan usein laitospohjaisia ohjeita ja venttiilin valinta on tapauskohtainen kokonaistaloudellinen ratkaisu. Höyryn matalapaine (HMP) puolelle +8 bar linjoille venttiilin valintasuositukset ovat DN10-DN100 kokoisille pallo/istukka venttiilit ja DN125 koolle kiilaluisti/ läppäventtiili. (Motiva 2011, 22–23.)

4.3 Virtausmittaukset

Useimmiten höyryn virtausmäärän mittausalueesta on tavoitteena saada laaja, heikentämättä painehäviötä suuresti. Virtausmäärän mittaaminen luotettavasti ilman kuristusta suoraan dynaamisesta paineesta on haasteellista, sillä se vaatii pitkät suorat putkiston osuudet ja stabiilin nopeusjakauman. Mittausalue laajasti on mahdollista saavuttaa muuttuva-aukkoisilla mittaustavoilla, mutta suurissa putkissa niiden kustannukset muodostuvat merkittäviksi. (Motiva 2011, 21.)

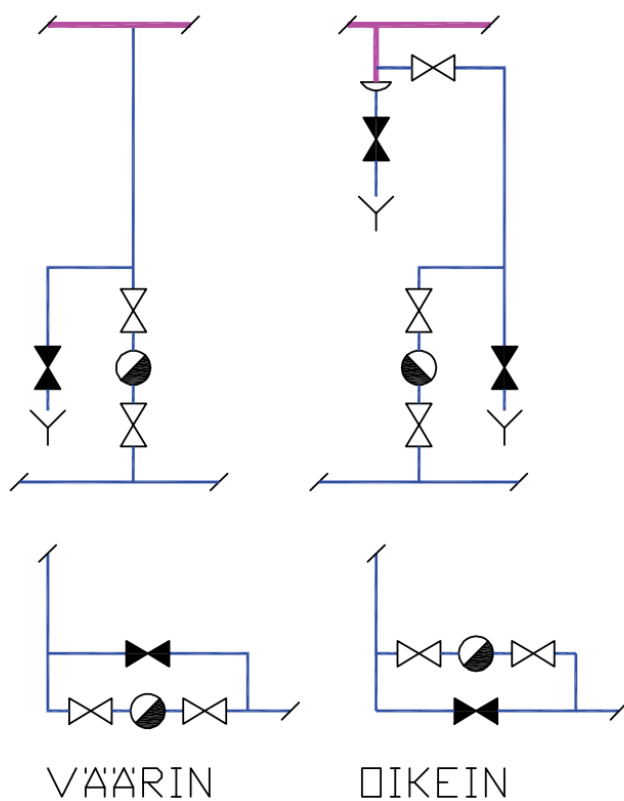
Höyryn virtausmittaukseen liittyen tulee yleisesti tietää höyryn paine ja lämpötila ja lauhteen virtausmittaukseen lauhteen lämpötila. Näin saadaan kompensoitua mittaussivesti vastaamaan sen vallitsevia olosuhteita. Höyryn lämpötilaa mitattaessa on huomioitava erityisesti anturin sijoitus yläviistoon, jotta kondenssi ei pääse vääristämään mittaussivestiä. Korkeiden lämpötilojen vuoksi painemittaukset toteutetaan impulssiputkien välityksellä, mutta niiden lauhdetäyttö tulee huomioida mittauksen kalibroinnissa. Energiatehokkuuden seuranta edellyttää hyvää mittaustarkkuutta, joten mittareiden kunnossapito on tärkeää ja on syytä sisällyttää ennakoivan huollon piiriin. (Motiva 2011, 21–22.)

4.4 Vesitykset

Vesitykset höyryn siirtoputkistolle toimivat normaaliajossa höyryn siirron ollessa kuivaa, lähinnä lauhtumattomien kaasujen (ilma) poistona H&L-kierrosta. Käyttö- ja kunnossapitokustannuksissa säästöä saadaan tehokkaalla linjavesityksen toteutuksella. Tällä estetään höyryvirtausten vesi-iskut lauhteen patoutumistilanteessa ja saadaan pidettyä höyryvirtaus kuivana ja ilmavapaana. (Motiva 2011, 23.)

Höyryn siirtoputkiston vesityksillä poistetaan putkistoon kertyvä lauhde seisokki- ja ylösajotilanteissa. Vesityksiä tarvitaan myös, kun virtaus on seisahtanut putkihaarassa ja käyttökohteen prosessi on pysähdyksissä, tai höyryllä varmistetaan vain prosessin lämmitys. Lisääntyvää vesitystarvetta ja automaattista tyhjennystä käynnistys- ja seisokkitilanteissa voidaan helpottaa pressostaattisilla poistimilla, jotka ovat auki paineettomassa tilassa ja sulkeutuvat automaattisesti paineen nousua tiettyyn arvoon. Pressostaattiset poistimet ovat hyödyllisiä miehittämättömissä ja vaikeakulkuisissa kohteissa. Höyryn siirtoputkiston vesitysten toteutuksen ja mitoituksen lähtökohtana on sijoittaa vesityksiä kaikkiin putkistokohtiin, joihin lauhde pyrkii kertymään kaikki ajotilanteet huomioon ottaen. (Motiva 2011, 23.)

Kuvassa (14) on esitetty väärin/oikein kytketyn lauhteenpoiston periaatteelliset kaaviot sekä kuvassa (15) esimerkkivalokuva vastaavasti oikein toteutetusta lauhteenpoistosta (Motiva 2011, 25).



KUVA 14. Sekä väärin että oikein kytketyn lauhteenpoiston ja putkilinjavesityksen kytkentäkaavio (Motiva, 2011, 25)



KUVA 15. Matalapainehöyrylinjan vesitys (Lohikainen 2021).

Kohtiin, joihin ilma pyrkii luonnostaan kertymään höyrynsiirtoputkistossa, suositellaan asennettavan erillisiä ilmanpoistohaaroja. Tällaisia paikkoja ovat esimerkiksi runkoputkistojen päät, lämmönsiirtimet ja niiden jälkeinen lauhdeputki, lauhteen keräyssäiliöt ja niiden hönkälauhduttimet, sekä putki-osuudet, joissa normaaliajoissa on seisova virtaus (höyryvarmistus). Runkojen päissä ilmanpoistot ovat välttämättömiä, jotta saadaan lämmitettyä putkisto-osuus tehokkaasti. Muutoin ilmapussi kehittyy kylmän seisokin tyhjiötilanteessa ja tällöin höyry ei pääse lämmittämään putkistoa. (Motiva 2011, 25.)

Höyry ja lauhdejärjestelmässä ilma on haitallista koska se huonontaa lämmönsiirtoa jopa 30 % kertyessään lämmönsiirtopinnoille eristeen tavoin, höyryn lauhtuessa pois ja ilman jäädessä jäljelle. Lisäksi kattiloiden ja putkistojen korroosiota aiheuttaa ilman happi, joten sen tehokas poistaminen vesitysten ja ilmanpoistinten avulla vähentää hapenottokemikaalien kulutusta. Tehokkaalla ilmanpoistolla voidaan parantaa merkittävästi höyrylaitteiden lämmönsiirtoa ja H&L- järjestelmän käyttökustannuksia. (Motiva 2011, 26.)

5 KORROOSIO

Korroosio eli syöpyminen on fysikaalis- kemiallinen reaktio, joka vaatii kahden eri potentiaalisen metallipinnan osan, tai metallin välille. Korkeamman potentiaalisen omaavasta, tai jalommasta metallista tulee katodi (pelkistys reaktio) ja epäjalommasta metallista anodi (hapetus reaktio), tällä välillä metallin syöpyminen ilmenee painon vähentymisenä ja metallin häviämisenä. Korroosioparin syntyminen edellyttää myös elektrolyytin (johtimen), joka kuljettaa virtaa anodin ja katodin välillä sähköä johtavassa liuoksessa. Anodisessa eli hapetusreaktiossa vapautuneet elektronit siirtyvät metallista johdinta pitkin katodipinnalle, jossa jokin liuoksessa oleva ioni tai liuennut happi reagoi elektronien kanssa. Katodireaktio kuluttaa anodireaktiossa vapautuneet elektronit. (Kunnossapitoyhdistys ry 2004, 22.)

Metallin pintaan muodostuva kiinteä korroosiotuote (ruoste), eli rautaoksidi vaikuttaa heikkenevästi metallin laatuun ja lujuusominaisuuksiin. Korroosio aiheuttaa kustannuksia sekä turvallisuusriskejä, mutta riittävän kestävällä materiaalilla, tai suojaamalla materiaali jollakin keinoin, voidaan estää tai hidastaa korroosiota.

H&I- piirin perusedellytys on saada muodostumaan suojaava ja vaurioituttuaan uusiutuva magneettiikkalvo epäjalon teräksen pinnalle. Tämä saadaan aikaan, kun seuraavat vaatimukset täyttyvät. (Kunnossapitoyhdistys ry 2004, 272.):

- Kerrostumia kattilan eri osiin ei saa muodostua kattilavedestä, vesi ei saa syövyttää kattilamateriaalia, aiheuttaa vesi-iskuja, tai kuohumisvaaraa.
- Putkistoon ei saa syntyä haittaa aiheuttavia kerrostumia, joten höyryn on oltava riittävän puhdasta, tai sen sisältämien suolojen koostumusten oikeanlaista. Lämpöpinnat eivät saa syöpyä höyryn tiivistyessä.
- Lauhverkko ja siihen liittyvät varusteet ja laitteet eivät saa syöpyä lauhteesta. Lauhteeseen liittyy monenlaisia epäpuhtauksia esimerkiksi:
 - o kovuutta, suoloja, happea ja hiilidioksidia raakavesivuodoissa
 - o öljyä, ilmaa ja glykolia lämmönvaihdinvuodoissa
 - o irralliset tai irtoavat korroosiotuotteet h&I- kierrosta
 - o laitoskohtaiset vuodot prosessista
- Kattilassa, syöttöpumpuissa, esilämmittimessä ja putkistoissa syöttövesi ei saa aiheuttaa saostumaa, kerrostumia eikä syöpymiä.
- Vedenkäsittelyn jälkeen lisäveden tulee täyttää syöttöveden laatuvaatimukset.

Lisäveden valmistukseen käytetään etupäässä pintavettä, joka on Suomessa vähäsuolaista ja pehmeää, mutta niiden sisältämien orgaanisten aineiden, enimmäkseen humusaineiden määrä on melko korkea. Humusaineet kuuluvat kolloidisiin epäpuhtauksiin, joiden hiukkaskoko on 10^{-4} – 10^{-6} mm, ja niiden puhdistus vaatii kemiallisten ja mekaanisten yhdistelmien käsittelyä. (Kunnossapitoyhdistys ry 2004, 272.)

Liukoiset suolat, liuennut happi ja suspendoituneet aineet ovat yleisimmät veden epäpuhtaudet, jotka vaikuttavat magneettiikkalvon säilyvyyteen. Magneettiikkalvon pysyvyyteen vaikuttaa myös veden

pH-arvo. Nesteen alkalisuus ja happamuus eli pH-luku ilmaistaan asteikolla 0–14 lämpötilan ollessa +25°C, jolloin 0–7 on hapan, 7 neutraali ja 7–14 emäksinen vesi. (Kunnossapitoyhdistys ry 2004, 272.)

5.1.1 Eristeen alainen korrosio

Korroosiota voi muodostua eristeen ja putkiston väliin. Tätä kutsutaan eristeen alaiseksi korroosioksi (corrosion under insulation). Se on ulkoista korroosiota hiiliteräspankistossa, säiliössä, tai rakenteellisissa komponenteissa ja se johtuu eristeen alle päässeestä ja sinne jääneestä kosteudesta, höyrylämmitysvuodosta, vedestä, tai rikkoutuneesta eristeestä. Kosteutta putkistoon voi päästä sadevedenä rikkoutuneen eristeen johdosta, tai kondensoitua metallin pinnalle prosessiputkistosta/ laitteistosta ilman kosteusprosentin ollessa suuri. Virtauksen ollessa jostain syystä häiriintynyt metallin pinnalle syntyy lämpötilagradientteja -12–175 °C:n alueella, jolloin siitä aiheutuu eristeen alaista korroosiota. Hiili- ja matalaseosteisille teräksille korroosiota aiheuttaa happi ja sen korroosionmuotoja ovat yleinen, tasainen tai pistekorrosio. (Vainionpään käänös 2016, 4–5.)

Yaran kokemukset ovat osoittaneet kaikkein aggressiivisimman korroosion muodostuvan hiili- ja matalaseosteisille teräksille 65 °C:n–100 °C:n ja austeniittisille ruostumattomille teräksille 60 °C:n–175 °C:n lämpötilassa. Ruostumattomalle teräkselle korrosio aiheutuu, kun siihen vaikuttaa korrodoiva ympäristö, sekä korkea vetojännitys. Klorideja sisältävä kosteus aiheuttaa jännityskorroosiomurtumisen imeytyessään eristykseen tai kertymällä eristyksen alle. Korroosion voi estää suojaamalla metallin pinnan pinnoitteella. (Vainionpään käänös 2016, 6–7.) Kuvassa 16 on esitelty tyypillisimmät sijainnit putkiston eristeen alaiselle korroosiolle.

1	Ulkonevat alueet, kuten lämmönmittausanturien suoajat, varoventtiilien suuttimet, instrumentoinnin liittimet ym.
2	Pienen halkaisijan putket ja sovittimet, DN<50 jotka on eristettyjä ja erityisesti jos valmistettu hiili- tai matalaseosteisesta teräksestä ja haarautuvat tai risteävät suurempien halkaisijoiden kanssa
3	Haarautuvat alueet vaipoituksen läpi, kylmäkäytössä tai ulkoilmassa
4	Alueet, joissa eristys on vahingoittunut, puuttuu tai on irti
5	Alueet, joissa eristyksessä on painaumia, pullistumia tai havaittavia vesijälkiä
6	Alueet, missä eristelitokset ovat vahingoittuneet, tiivisteet ovat murtuneet tai irti ja eristyksen sinetti puuttuu
7	Alueet, missä putkisto jatkuttuaan pitkään vaakasuoraan, tulee mutka ja putki menee lyhyen matkaa pystysuoraan
8	Alueet, jotka altistuvat prosessihöyryille, varmuusventtiilit ulkoilmalle
9	Alueet, jotka altistuvat vuodoille ja läikkymiselle
10	Alueet, jotka on eristetty pelkästään äänen takia ja käyttöolosuhteet ovat ympäröivän ilman kanssa suunnilleen samat tai vaihtoehtoisesti käyttölämpötila-alue on CUI-alueella (Kohdat §5.2 ja §5.3)
11	Alueet, joissa pinnoitusta/maalausta ei ole arvioitu viiteen vuoteen
12	Alueet, missä on höyrylämmitysputkia eristeen alla
13	Prosessi joka toimii jaksoittaisissa olosuhteissa CUI-lämpötilan sisällä ja sen yläpuolella
14	Maaperän ja ilman rajapinnat
15	Eristettyjen ja eristämättömien osien rajapinnat
16	Jään ja ilman rajapinnat, jotka välillä sulavat ja välillä jäätyvät
17	Systeemit, mitä operoidaan ilman kastepisteen alla tai kohdalla
18	Dead-legit , tyhjennysputket, ilmareiät
19	Erlaiset kiinnikkeet ja hitsatut tuet
20	Putket, jotka ovat vesiväylien läheisyydessä, alueet joissa tulvii helposti, lähellä jätevesiä tai sisäänottokanavaa, upotettavat putket
21	Osittain eristetyt kylmät venttiilit missä osa pulttauksesta on ilman eristeen suojaa, erityisesti venttiilinkannet ja tiivistysholkin laippa
22	Hiiliteräksen ja ruostumattoman teräksen rajapinnat
23	Puuttuvat TML (Thickness Measurement Location, paksuusmittaussijainti) portit
24	Eristetyt ruostumattomien terästen hitsit kiinnikkeissä, haaraliittymissä ja muualla missä kloridit voivat päästä konsentroitumaan ja siten aiheuttamaan CI-CSS-korroosiota

KUVA 16. Tyypillisimmät sijainnit eristeen alaiselle korroosiolle putkistossa (Vainionpään käänös 2016, 11).

5.1.2 Putkistojen seinämävahvuus

Korroosio voi olla sisäistä, ulkoista tai molempia samaan aikaan. Valmistaja määrittää putkille ja putkenosille korroosiovaran c_0 suuruuden, jos ostaja on antanut riittävän informaation, (lämpötila, paine nopeus ja kosketuksissa olevan aineen luonne, jne.) Jos asiakas ei ilmoita korroosiovaraa, on valmistajan ehdotettava järkevät arvot, jotka on merkittävä dokumentaatioon. (SFS-EN 13480-3 2017, 16.)

Jos putkistolla on ulkoisesti korrodoivia vaikutteita ja sitä ei ole valmistettu riittävän korroosionkestävästä materiaalista, täytyy se suojata korroosiota vastaan, mikäli riittävästä korroosiovarasta ei ole huolehdittu (SFS-EN 13480-3 2017, 16).

5.1.3 Putkiston käyttöaste

Putkiston käyttöasteella tarkoitetaan putkiston virtauksen suhdetta virtaamattomuuteen, esimerkiksi putkisto on käytössä 80 % ja keskeytynyt 20 % vuoden aikana. Keskeytyneen prosessin aikaan putkisto joutuu alttiiksi korroosiolle, ensisijaisesti happikorroosion vaikutuksesta, mutta hiilidioksidi voi myös aiheuttaa korroosiota. Putkiston veteen tai kosteuteen pääsee tunkeutumaan ja liukenemaan ilmaa, koska paine laskee ulkoilman tasolle tai sen alle, jolloin hapen vaikutus aiheuttaa korroosiota. Suojaus korroosiota vastaan keskeytyneen prosessin aikana voidaan toteuttaa märkä- tai kuivasäilöntänä. Märkäsäilönnässä pH-alueen ollessa neutraali, pinnat suojataan kemiallisin reaktioin täyttämällä putkisto happea sitovalla kemikaalilla esimerkiksi hydratsiinilla tai korroosioninhibiittia sisältävällä vedellä. Kuivasäilönnässä suhteellinen kosteus pidetään alle 50 %, jolloin pinnoille ei pääse kondensoitumaan kosteutta ja sitä myötä happi liukenemaan pinnoille. (Kunnossapitoyhdistys ry 2004, 301.)

Hydratsiini ja sulfiitit kuuluvat tunnetuimpiin hapenpoistokemikaaleihin, jotka reagoivat liuokseen estäen liuennutta happea osallistumasta korroosioreaktion katodiseen osaprosessiin. Korroosioninhibiitti on aine, joka pienentää jo alhaisina pitoisuuksina metallin korroosionopeutta kaasui- tai neste-
mäisessä ympäristössä. Kuvassa 17 on esitelty inhibiittien tehon vaikutuksia eri metalleille. (Kunnossapitoyhdistys ry 2004, 788.)

Metalli	Inhibiitti						
	kromaatit	nitriitit	bentsoaatit	boraatit	fosfaatit	silikaatit	tanniinit
hiiliteräs	tehokas	tehokas	tehokas	tehokas	tehokas	kohtalaisen tehokas	kohtalaisen tehokas
valurauta	tehokas	tehokas	tehokas	vaihteleva	tehokas	kohtalaisen tehokas	kohtalaisen tehokas
sinkki ja sinkkiseokset	tehokas	tehoton	tehoton	tehokas	---	kohtalaisen tehokas	kohtalaisen tehokas
kupari ja kupariseokset	tehokas	osittain tehokas	osittain tehokas	tehokas	tehokas	kohtalaisen tehokas	kohtalaisen tehokas
alumiini ja alumiiniseokset	tehokas	osittain tehokas	osittain tehokas	vaihteleva	vaihteleva	kohtalaisen tehokas	kohtalaisen tehokas
lyijy-tina juotokset	---	aggressiivinen	tehokas	---	---	kohtalaisen tehokas	kohtalaisen tehokas

KUVA 17. Yleinen luettelo neutraalin pH-alueen inhibiittien tehokkuuksista (Kunnossapitoyhdistys ry 2004, 789)

Korroosioninhibiittia käytettäessä vesijärjestelmässä on tiedettävä tarkoin jäähdytysveden koostumus, aggressiivisten ionien läsnäolo, veden lämpötila ja veden biologinen toiminta. Tietoja tarvitaan myös käyttömetallien koostumuksesta ja pinnan laadusta. Jos pakokaasuja pääsee vuotamaan moottorin jäähdytysnesteeseen, korroosio voi edetä inhibiitin läsnäolosta huolimatta (Kunnossapitoyhdistys ry 2004, 788–791.)

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyöhön valikoituneelle matalapainehöyrylle muutoksia ei juurikaan huomata putkistosuunnittelussa. Eri virtaaville aineille PSK:sta poikkeavia muutoksia on enemmän ja tärkeintä on saada standardoitua putkispekit. Alkuperäisen ongelman kannalta putkistosuunnittelusta puuttuu tarvittavia lähtötietoja ja valittu sisäinen standardi putkistoille. Toimintamalliin kerättäisiin kuvan (3) lisättyjen kohtien mukaan tarvittavaa tietoa, jolloin putkispekit saisi määriteltäviä eri virtaaville aineille. Putkispekit hyväksyttäisiin ja niistä tehtäisiin tallenteet. Suunnitteluprosessin lopputuloksesta kerättäisiin palaute/arviointi, joka liitettäisiin seuraavia putkistosuunnitteluita varten lähtötietoihin. Toimintamalliin kuvan (3) lisättyjen kohtien käyttöönotettaessa ja päivitettyä toimintatapaa jonkun sitä ohjattaessa opinnäytetyö selkeyttää ja helpottaa putkistosuunnitteluprosessia.

Haastatteluissa käytiin keskustelua mm: siitä että ovatko PSK:n standardit kaikkien työntekijöiden tiedossa ja osataanko niitä etsiä ja käyttää oikein. Haastatteluissa ilmenneiden kommenttien osalta olisi järkevää pitää koulutuksia esimerkiksi PSK standardien käytöstä. Myös valintoihin perustuvista tietoisista ylimerkityksistä käytiin keskustelua ovatko ne olleet tarpeellisia.

Energiätehokkuuden parantamisessa huomio kiinnittyi eristeiden ja niiden suojeiden tarkastamiseen. Tarkastukset ilmenevät suurimmaksi osaksi ulkoisten työntekijöiden kautta, mutta eristeiden ja niiden suojeiden tarkastukseen olisi hyvä valita tehtaalta myös sisäiset tarkastajat. Sisäisten tarkastajien avulla olisi mahdollista välttää pitkään eristämättömänä/ suojaamattomana olleita kohteita, jolloin todennäköiset vauriot saataisiin nopeasti korjattua, niin ettei vaurioita ennättäisi muodostua. Myös putkiston mahdollisia lämpövuotoja olisi syytä tarkkailla.

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoite oli kehittää putkistosuunnitteluprosessin toimintamallia, sekä putkiston energiatehokkuutta. Tavoite toteutui teoria tasolla, mutta uuden toimintamallin osia ei ole vielä otettu käyttöön. Päätelmieni perusteella tämän työn tuloksia kuuluu tehtävään valitun työntekijän ohjeistaa tulevia suunnitteluita varten, jotta opittaisiin uuteen käytäntöön. Aihe oli hankala sisäistää ja rajata koskemaan vain työtä koskevia oleellisia asioita, koska kokonaisuus oli laaja. Opinnäytetyön tekeminen oli haasteellinen tehdä kotoa käsin etäpalavereiden muodossa, mutta jo yksi käynti kohteissa avasi tekemistä ja lisää pohdiskelua käsiteltävien asioiden suhteen. Muutama käynti lisää Yara OY Siilinjärvellä olisi voinut helpottaa opinnäytetyön tekoa, koska Yaralaisilta olisi saanut enemmän ja laajempia näkemyksiä.

Työ oli kokonaisuutena opettavainen ja ymmärryksen putkistosuunnittelusta, sekä putkiston energiatehokkuudesta kasvoi. Työssä on pohdittu mitä asioita selvityksen perusteella olisi syytä lisätä tai ottaa huomioon suunnittelutoimeksiantolomakkeessa jatkoa varten? Jatkoa ajatellen olisi suotavaa määrittää ja toteuttaa uudet putkispekit huomioiden putkiston energiatehokkuus. Lisäksi pitäisi tehdä toteutuksista tallenteet putkistosuunnittelun toimintamalliin.

LÄHTEET

- Hämäläinen, J 2005a. Putkistosuunnittelu pähkinänkuoressa. Luentokansio. Teollisuusputkistojen suunnittelu 2005. Helsinki: AEL.
- Kunnossapitoyhdistys ry 2004. Korroosio käsikirja 2008. 4. painos. Helsinki: KP-media OY.
- Kurikkala, Jari 2021. Teams palaveri. Yara Siilinjärvi Oy 8.3.2021.
- Lohikainen, Kim. Eristetty matalapainehöyryn sulkuventtiili. Valokuva. 13.2021. Siilinjärvi: kuva-arkisto.
- Lohikainen, Kim. Eristämätön matalapainehöyryn sulkuventtiili. Valokuva. 13.2021. Siilinjärvi: kuva-arkisto.
- Lohikainen, Kim. Hahmotelmakuva vaadittavan putkispekin muodostamiseen. Valokuva. 22.2021. Varkaus: Kuva-arkisto
- Lohikainen, Kim. Matalapainehöyrylinjan vesitys. Valokuva. 13.2021. Siilinjärvi: kuva-arkisto.
- Lohikainen, Kim. Putkiluokan täydellinen merkintä. Valokuva. 24.2021. Varkaus: Kuva-arkisto.
- Lohikainen, Kim. Putkisillalla kulkeva matalapainehöyrylinja. Valokuva. 13.2021. Siilinjärvi: kuva-arkisto.
- Lohikainen, Kim. Yara Siilinjärven putkistosuunnittelun toimintatapa. Valokuva. 5.2021. Varkaus: kuva-arkisto
- Motiva. Höyry-lauhde-siirtojärjestelmä. Käyttö- ja kunnossapitohenkilökunnan ohjeistus. Pdf-tiedosto. Julkaistu 11/2011. https://www.motiva.fi/files/4893/HOLA_kaytto-kunnossapito_ohjeistus_2011.pdf. Viitattu 05.02.2021.
- Motiva julkaisuaika tuntematon. Teollisuuden tekninen eristys & energiatehokkuus. Pdf-tiedosto. Toteutettu 2015–2016. https://www.motiva.fi/files/12253/Teollisuuden_tekninen_eristys_energiatehokkuus.pdf
- PSK Standardisointi julkaisuaika tuntematon. Yleistä. Verkojulkaisu. <https://psk-standardisointi-fi.ezproxy.savonia.fi/psk/yleista/>. Viitattu 9.2.2021.
- PSK Ryhmä 24. Ryhmähakemisto. Verkojulkaisu. <https://psk-standardisointi-fi.ezproxy.savonia.fi/psk/yleista/>. Viitattu 7.5.2021.
- PSK Ryhmä 37. Ryhmähakemisto. Verkojulkaisu. <https://psk-standardisointi-fi.ezproxy.savonia.fi/psk/yleista/>. Viitattu 7.5.2021.
- PSK Ryhmä 42. Ryhmähakemisto. Verkojulkaisu. <https://psk-standardisointi-fi.ezproxy.savonia.fi/psk/yleista/>. Viitattu 7.5.2021.
- PSK 2402. TEOLLISUUDEN PUTKISTOT. PUTKISTOSUUNNITTELUN PERUSTEET. 2021. PSK Standardisointiyhdistys ry. Viitattu 16.3.2021. <https://psk-standardisointi-fi.ezproxy.savonia.fi/wp-content/uploads/PSK2402.pdf>

PSK 4201. PUTKILUOKAT. MÄÄRITTELY. 2017. PSK Standardisointiyhdistys ry. Viitattu 16.03.2021. https://psk-standardisointi-fi.ezproxy.savonia.fi/Standard/Ryhma42/PSK4201-4290/PSK4201_4p_liitteinen.pdf

PSK 4205. PUTKILUOKKA E16C1A PAINELAITEKÄYTTÖÖN. KUUMALUJA SEOSTAMATON TERÄS. HITSATTU TERÄSPUTKI. 2017. PSK Standardisointiyhdistys ry. Viitattu 16.3.2021. https://psk-standardisointi-fi.ezproxy.savonia.fi/Standard/Ryhma42/PSK4201-4290/PSK4205_3p.pdf

PSK 4206. PUTKILUOKKA E16C1B PAINELAITEKÄYTTÖÖN. KUUMALUJA SEOSTAMATON TERÄS. SAUMATON TERÄSPUTKI. 2017. PSK Standardisointiyhdistys ry. Viitattu 10.02.2021. https://psk-standardisointi-fi.ezproxy.savonia.fi/Standard/Ryhma42/PSK4201-4290/PSK4206_3p.pdf

PSK 3704. PUTKI-, SÄILIÖ- JA LAITE-ERISTYKSET. MITOITUS. 2021. PSK Standardisointiyhdistys ry. Viitattu 1.3.2021. https://psk-standardisointi-fi.ezproxy.savonia.fi/wp-content/uploads/PSK3704_k.pdf

Rissanen, Juho 2021. Suunnitteluinsinööri. Sweco Industry Oy. Haastattelu 14.4.2021

Rissanen, Juho 2021. Suunnitteluinsinööri. Sweco Industry Oy. Haastattelu 25.3.2021

SFS-EN 13480-3 2017. Metalliset teollisuusputkistot. Osa 3: Suunnittelu ja laskenta. 2017. Suomen Standardisointiliitto. Viitattu 11.02.2021. <https://online-sfs-fi.ezproxy.savonia.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/950546.html.stx>

SFS 2018. ISO 50001 Energianhallinta. Verkkojulkaisu. Viitattu 26.02.2021. <https://sfs.fi/standardeista/tutustu-standardeihin/suositut-standardit/iso-50001-energianhallinta/>.

Torvinen, Jaakko 2020. Tehtävät ja tuotokset projektin eri vaiheissa. Kuvakaappaus. 3.2020. Varkaus: Yaran kokoelmat

Vainionpään käänös 2016. Järjestelmällinen lähestymistapa eristeen alaiseen korroosioon. Putkiston ja laitteiston hallinta. Yara

Yara julkaisuaika tuntematon. Tehtaat ja kaivos. Verkkojulkaisu. <https://www.yara.fi/tietoa-yarasta/yara-suomi/toimipaikat/siilinjärvi/tuotantolaitos/>. Viitattu 15.02.2021.

Yara julkaisuaika tuntematon. Yara lyhyesti. Verkkojulkaisu. [yara.fi/tietoa-yarasta/yara-lyhyesti](https://www.yara.fi/tietoa-yarasta/yara-lyhyesti/). Viitattu 15.02.2021.

Yara julkaisuaika tuntematon. Yara Siilinjärvi. Verkkojulkaisu. <https://www.yara.fi/tietoa-yarasta/yara-suomi/toimipaikat/siilinjärvi/>. Viitattu 15.02.2021