



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

JUKKA LAHTINEN

Painelaitelain mukaisen jäljitettävyyden kehittäminen teollisuusputkistoyrityksessä

RAKENNUS JA YHTEISKUNTA TEKNIIKAN TUTKINTO-
OHJELMA
2022

Tekijä Jukka Lahtinen	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Lokakuu 2022
	Sivumäärä 57 kpl	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Painelaitelain mukaisen jäljitettävyyden kehittäminen teollisuusputkistoyrityksessä.		
Tutkinto-ohjelma Rakennus ja yhteiskunta tekniikan tutkinto-ohjelma 2022		
Tiivistelmä Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Porin teollisuusputki Oy:n käyttöön hitsausloki, jonka avulla yritys voi huolehtia laadukkaasta dokumentaatiosta projektin alusta loppuun sekä perehdyttää opinnäytetyön tekijä painelaite valmistajan osalta painelaitelain vaatimuksiin ja asetuksiin. Työn teoriaosuudessa pureuduttiin painelaitevalmistamisen määäämiin asetuksiin ja standardeihin, joiden sisällön pohjalta pystyttiin rakentamaan toimiva hitsausloki, jonka avulla pystyy huolehtimaan jäljitettävyydestä painelaiteputkiston valmistuksen alusta aina loppudokumentaation luovutukseen. Työn lopputuloksena syntyi hitsausloki, jonka avulla saadaan pidettyä jäljitettävyyss ajantasaisena koko projektin läpi, se käsittää kaikki hitsaukseen liittyvät asiakirjat kuten materiaalitodistukset, NDT-pöytäkirjat, hitsaustiedot ja NDT-satunnaistarkastuslaajuuden täyttymisen.		
Avainsanat painelaite, dokumentaatio, jäljitettävyyss, PED, teräsputkistot		

Author(s) Lahtinen, Jukka	Type of Publication Bachelor's thesis / Master's thesis	Date October 2022
	Number of pages 57 kpl	Language of publication: Finnish
Title of publication Development of traceability in accordance with the Pressure Equipment Act in an industrial piping company		
Degree programme Construction and civil engineering, HVAC engineering		
<p>The aim of thesis was to develop a welding log for use by Porin Teollisuusputki Oy, which allows the company to maintain high-quality documentation from the beginning to the end of the project and familiarize the author of the thesis with the pressure equipment manufacturer's requirements and regulations of the Pressure Equipment Act.</p> <p>In the theoretical part of the work, the pressure equipment regulations and standards determined by pressure equipment manufacturing were discussed, based on the content of which it was possible to build a functional welding log, which can be used to ensure the traceability from the beginning of the production of the pressure equipment piping to the delivery of the final documentation</p> <p>As a result of the work, a welding log was created, which allows traceability to be kept up to date throughout the entire project, which includes all welding-related documents such as material certificates, NDT inspection certificates, welding data and fulfillment of the NDT inspection scope.</p>		
Keywords Pressure equipment, documentation, traceability, PED, steel pipelines		

ALKUSANAT

Haluan kiittää Porin teollisuusputki Oy:tä mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyö ja työllistyä yritykseen. Opinnäytetyön tekeminen oli pitkä prosessi ja työstä tulikin tekijälle oppimisprosessi painelaitevalmistuksen maailmaan.

Haluan myös osoittaa kiitokseni perheelleni, joka on tukenut minua koko opintojen ajan. Myös kurssitoverit, opettajat ja työkaverit ansaitsevat kiitokseni.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	7
2 PORIN TEOLLISUUSPUTKI OY	8
2.1 Yritys ja toiminta.....	8
2.2 Laatujärjestelmä	8
2.3 Metsä Fibren kattilalaitoksen ja haihduttamon putkistus	9
3 PAINELAITTEEN MÄÄRITYS	10
4 DOKUMENTAATIO	11
4.1 Vaatimustenmukaisuus	11
4.2 Suunnittelu	13
4.3 Vaatimuksenmukaisuuden arviointitaulukon valitseminen ja luokan määrittäminen	15
4.4 Moduulin valinta putkiston luokan perusteella	16
4.5 Piirustukset.....	17
4.6 Materiaalit	18
4.7 Hitsaus.....	20
4.7.1 Hitsaajan pätevyys	20
4.7.2 Liitostyyppi.....	22
4.7.3 Hitsausprosessi	24
4.7.4 Hitsauslisäaine	25
4.7.5 WPQR.....	26
4.7.6 WPS	26
4.8 Lämpökäsittely	29
4.9 NDT-tarkastukset	29
4.9.1 VT-tarkastus	31
4.9.2 PT ja MT- tarkastus	32
4.9.3 RT- tarkastus.....	36
4.9.4 UT-tarkastus	38
4.10 Venttiilit, varolaitteet ja varusteet	40
4.11 Loppuarviointi.....	40
4.12 Lopputarkastus	41
4.13 Käyttö- ja huolto-ohjeet	43
5 JÄLJITETTÄVYYDEN KEHITTÄMINEN	44
5.1 Hitsauslokin toiminta	44
5.2 Edistymän seuranta	47
5.3 Projektin tarkastuslaajuuden täyttyminen ja seuranta	48
5.4 NDT-laajuuden seuranta	49

6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	50
7 LÄHTEET.....	51
8 LIITTEET	54
8.1 LIITE 1.....	55
8.2 LIITE 2.....	56
8.3 LIITE 3.....	57

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli perehdyttää tekijä painelaitedirektiivin mukaisen painelaiteputkiston valmistamisessa syntyvän ja tilaajalle luovutettavan dokumentaation pariin, sekä kehittää tilaajayrityksen käyttöön hitsausloki, jonka tarkoituksena on toimia työkaluna painelaiteputkiston valmistuksessa ja laadukkaan dokumentaation luomisessa.

Työn tilaajana oli Porin teollisuusputki Oy ja työ laaditaan painelaiteputkiston valmistajan näkökulmasta.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa keskitytään painelaitteen määritelmään, painelaitedirektiiviin ja painelaitteen valmistamista määääviin säädöksiin. Painelaitteen valmistaminen on tarkkaan säädeltyä ja valmistamista ohjataan lainsäädännön ja standardien avulla.

Kehitysosuudessa luodaan hitsausloki, jota voidaan käyttää esivalmistuksesta loppudokumentaation luovutukseen ja osana projektinhallintaa.

Painelaitelakiin kirjatut olennaiset turvallisuusvaatimukset ja vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyt kertovat oleellisimmat asiat, jotka tulee huomioida, kun valmistetaan painelaiteputkistoja. Arviointimenettelyjä noudattamalla varmistetaan, että painelaiteputkisto täyttää säädökset.

Painelaiteputkiston valmistamisessa syntyy valtava määrä teknisiä asiakirjoja, joita ovat esimerkiksi valmistuspiirustukset, testauspöytäkirjat sekä käyttö- ja huolto-ohjeet. Näitä teknisiä asiakirjoja tulkitsemalla ja arvioimalla voi arviointilaitos määritellä painelaiteputkistolle vaatimustenmukaisuuden.

2 PORIN TEOLLISUUSPUTKI OY

2.1 Yritys ja toiminta

Porin Teollisuusputki on perustettu vuonna 1993. Yritys tunnetaan painelaitedirektiivin mukaisten putkistojen tekemisestä, joissa esimerkiksi yhdistyvät painelaitedirektiivin edellyttämät korkeat viranomaisvaatimukset putkiston tarkastusten ja dokumentaation osalta, laiteasennuksista, teräsrakenteista ja kunnossapitopalveluista. Yrityksen palveluksessa on noin 80 henkilöä, lisäksi noin sadan hengen alihankkijaverkosto. Liikevaihto oli vuonna 2021 noin 30 miljoonaa euroa. Toimipaikka sijaitsee Porissa, jossa konttorin lisäksi tuotantotilat esivalmistukseen ja varastointitilat.

Yrityksen ydinliiketoiminta ovat erikokoiset teollisuusprojektit. Toimialana energia, puunjalostus, prosessi ja kemianteollisuus. Yrityksen liikevaihdosta 95 % tulee suomesta ja 5 % ulkomailta. PTP:n asiakkaita ovat suuret teollisuusyritykset kuten Fortum, Adven, Terrafame, Stora Enso, Boliden, Valmet ja Neste. Esimerkkinä yrityksen tämän hetken isoin projekti, joka on putkistourakointi Kemiin rakennettavaan Metsä Fibren biotuotetehtaaseen. Projekti sisältää haihduttamon ja kattilalaitoksen putkiston valmistamisen ja asentamisen.

2.2 Laatujärjestelmä

Porin Teollisuusputki käyttää laadunhallintaan seuraavia standardeja: ISO 9001 ja metallien sulahitsauksen laatuvaatimuksiin ISO 3834-2. Kaikki yrityksen hitsaajat pätevoidetään standardin ISO 9606-1 mukaisesti eri hitsausmenetelmille ja lisäaineryhmille painelaitteputkistohitsaukseen. Hitsaajat pätevoidetään lisäaineryhmille FM1-3/4 ja FM5, jolloin pätevyys kattaa lähes kaikki putkistojen teräsmateriaalit. Hitsauksen laatua ja koordinointia johtaa yrityksessä kansainvälinen hitsausinsinööri (IWE), kansainvälinen hitsaustarkastaja (IWI) ja kansainvälinen hitsausneuvoja (IWS).

Hitsauksen omavalvonta koostuu yrityksen omavalvonnasta ja menetelmäkokeista. PTP:llä on noin 40 menetelmäkoeetta erilaisille teräksille ja titaanille, sekä eri hitsausprosesseille.

2.3 Metsä Fibren kattilalaitoksen ja haihduttamon putkistus

Yrityksen isoin työmaa tällä hetkellä on Metsä Fibren biotuotetehtaan haihduttamon ja kattilalaitoksen putkistojen valmistus ja asennus. Kemiin rakennettava biotuotetehdas on valmistuessaan Pohjoismaiden tehokkain puunjalostuslaitos. Investointina tehdas on 1,85 miljardin arvoinen ja tulee lisäämään Suomen viennin arvoa puolella miljardilla eurolla vuosittain. Kuvassa 1 esitetty tehdas tulee toimimaan täysin ilman fossiilisia polttoaineita.



Kuva 1. MetsäFibre biotuotetehdas

Porin Teollisuusputken osuus on soodakattilan ja haihduttamon painelaitteputkiston valmistaminen ja asennus. Pintapuolisesti työ käsittää putkiston suunnitelmien mukaisen esivalmistamisen yrityksen ja alihankkijoiden tuotantotiloissa ja itse asennustyö tehdään Kemissä. Lopputuloksena syntyy kokonaisuus, joka sisältää esivalmistetut putkistot, kannakkeet ja tilaajan toimittamat venttiilit sekä instrumentit. Valmis kokonaisuus on tarkastettu ja testattu painelaitelain mukaisesti ja asiakkaan on turvallinen ottaa kokonaisuus käyttöön.

3 PAINELAITTEEN MÄÄRITYS

Painelaitteella tarkoitetaan paineenalaista säiliötä, putkistoa, varolaitetta tai paineenalaista lisälaitetta. Painelaitteiden osiksi voidaan myös määrittää paineenalaisiin osiin kiinnitetyt osat kuten laipat, yhteen, liittimet ja nostokorvakkeet.

Säiliö on paineenalaista sisältöä varten suunniteltu ja valmistettu kuori, mukaan lukien kiinteät liitoskappaleet aina siihen liitoskohtaan asti, jolla se liitetään muihin laitteisiin. Säiliössä voi olla yksi tai useampia kammioita.

Putkistolla tarkoitetaan sisällön siirtoon tarkoitettuja osia, jotka on liitetty tai yhdistetty toisiinsa paineenalaisen järjestelmän yhdistämistä varten. Putkistoon kuuluvia osia ovat putki, putkistoverkko, putkijohto, putkiston lisäosat, tasaimet, letkut ja muut siihen liittyvät paineelliset osat. Ilman jäähdyttämiseen tai lämmittämiseen tehty putkista koottu lämmönvaihdin vastaa putkistoa.

Varolaitteella tarkoitetaan laitetta, jolla suojataan painelaitetta sille määritettyjen raja-arvojen ylittymiseltä. Varolaitteiksi luetaan painetta suoraan rajoittavat laitteet, kuten varoventtiilit, murtokalvot, nurjahdustangot ja ohjatut varolaitteet. Rajoitinlaitteet, jotka suoraan käynnistävät toimenpiteen, jolla saadaan aikaan joko katkaisu tai lukitus, eli toimenpide, joka vastaa samaa, kuin mitä paine- lämpötila tai pintakytkimillä saadaan aikaan

Painelaitteen käyttöön liittyy aina merkittävä vaara sitä käyttävään henkilöön, ympäristöön ja ympärillä olevaan omaisuuteen. Painelaitelaki säätelee Suomessa painelaitteiden suunnittelua, valmistusta ja käyttöä. Laki takaa sen, että painelaitteen käyttö on turvallista koko sen ajan, jonka laite tai kokonaisuus on suunniteltu kestävänsä. (Painelaitteiden suunnittelu, hankinta ja valmistus, 2020, s.13-15.)

4 DOKUMENTAATIO

Painelaitevalmistajan on ennen painelaitteen tuomista markkinoille tai painelaitteen käyttämistä omiin tarkoituksiinsa varmistuttava siitä, että painelaite vastaa (Painelaitelaki 1144/2016, 3 luku 14§) olennaisia turvallisuusvaatimuksia. Valmistajan tulee suorittaa painelaitteelle soveltuvat vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyt. Vaatimustenmukaisuuden arviointiin tulee käyttää ilmoitettua laitosta, mikäli painelaitteeseen sovellettava vaatimustenmukaisuuden arviointimenettely sitä edellyttää. Valmistajan tulee myös laatia painelaitteen vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi tekniset asiakirjat ja laatia EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus. Tekniset asiakirjat ja EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus tulee säilyttää vähintään 10 vuoden ajan siitä hetkestä kun painelaite on saatettu markkinoille (Painelaitelaki 1144/2016, 3 luku 16§). Seuraavissa otsikoissa avataan kohta kohdalta, mitä tietoja ja dokumentteja vaaditaan että aineisto on PED: n mukainen.

4.1 Vaatimustenmukaisuus

EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus on virallinen asiakirja, jossa valmistaja vakuuttaa valmistamansa painelaitteen olevan vaatimustenmukainen. EU-vaatimustenmukaisuus on osa EU:n tuotelainsäädännön vaatimustenmukaisuutta koskevaa arviointimenettelyä.

Valmistajan tulee laatia ja allekirjoittaa vaatimustenvakuutus ja tuoda toteen, että valmistamansa painelaite täyttää kaikki ne vaatimukset, jotka on asetettu direktiivien tai standardien kautta painelaitteen valmistamiseen.

Kuvassa 2 EU-vaatimustenmukaisuudenvakuutus asiakirja.

**VAATIMUSTENMUKAISUUSVAKUUTUS
DECLARATION OF CONFORMITY**

PED 2014 / 68 / EU. Tämä vaatimustenmukaisuusvakuutus on annettu valmistajan yksinomaisella vastuulla
This declaration of conformity is issued under sole responsibility of the manufacturer

Pvm / date

Pöytäkirjan nro.

1. Yleistiedot / General information

Valmistaja / Manufacturer	Osoite / Address		
Tilaja / Client	Projekti / Project	Kohde / Subject	
Vakuutuksen laajuus / Scope of Declaration			
Putkiston valmistus ja asennus			
Lisätietoja / Additional information			

2. Kuvaus painelaitteesta / Description of the pressure equipment

Painelaitteen tyyppi / Type of the pressure equipment				
Putkisto / Piping <input type="text"/> Painesäiliö / Pressure vessel <input type="text"/>				
Suurin käyttöpain Max working pressure	Korkein/alin käyttölämpötila Max / min working temperature	Sisäitä Fluid	Sisäitöryhmä Fluid group	Riskiluokka Risk category
bar	°C			
Putkiston koko Piping size	Säiliön tilavuus Vessel volume	Painerunon rakenneaineet Pressure shell materials	Valmistuspiirustukset Manufacturing drawings	

3. Sovellettu vaatimustenmukaisuuden arviointimenettely / Conformity assessment procedure followed

A <input type="text"/>	
Ilmoitettu laitos / Notified body	Osoite / Address

4. Viittaukset

Standardit, joita on käytetty / Harmonized standards applied	
Muut liitteet / Other attachments	
Muut sovelletut säädökset / Other directives applied	PED 2014/68/EU

5. Allekirjoitukset

Paikka / Place	Päivämäärä / Date	Allekirjoitus / Signature	Nimi / Name	Asema / Position

Kuva 2. Vaatimustenmukaisuusvakuutus

4.2 Suunnittelu

Painelaitteet tulee luokitella kasvavan vaaran mukaisesti luokkiin I-IV. Luokittelulla saadaan selville, minkälaisia vaatimuksia painelaitteen valmistukselle, suunnittelulle ja tarkastuksille tulee asettaa.

Painelaitedirektiivin liitteessä II esitetään 9 erilaista taulukkoa erilaisille painelaitteille, joista voidaan määrittää painelaitteen luokka. Luokkien I-IV painelaitteiden tulee täyttää direktiivin liitteen I olennaiset turvallisuusvaatimukset. Luokituksella saadaan taas määritettyä vaatimustenmukaisuuden arviointimenettely eli moduuli tai moduulipari, jolla saadaan arvioitua painelaitteen vaatimustenmukaisuus.

Painelaitteen luokittelua määräävät neljä eri kohtaa. Ensimmäisenä tulee painelaitteen tyyppi, onko kyseessä säiliö, putkisto, höyryn tai ylikuumennetun veden tuotannon painelaite, paineenalainen lisälaite tai varolaite. Toisena tulee sisällön luokittaminen joko kaasuksi tai nesteeksi. Kolmantena sisällön vaarallisuuden määrittäminen joko ryhmä 1 tai ryhmä 2 sisällöille. Neljäntenä tulee painelaitedirektiivin liitteen II taulukko 6, 7, 8 ja 9.

Suunnittelusta tulee antaa SFS-EN 13480-3:2017 mukainen suunnittelua koskeva vaatimustenmukaisuusvakuutus.

Taulukosta 1 voidaan lukea esimerkiksi kohdan putkistot mukaan edellämainitut asiat.

Taulukko 1.

PAINELAITTEIDEN LUOKITTELU									
Painelaitedirektiivi (2014/68/EU), liitteen II taulukot 1– 9									
1. Painelaitteen tyyppi	Säiliöt				Höyryn tai ylikuumennetun veden tuotannon painelaitteet	Putkistot			
2. Sisältö	Kaasu		Neste		–	Kaasu		Neste	
3. Sisällön ryhmä	1	2	1	2	–	1	2	1	2
4. Taulukko (PED liite II)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5. Luokitusuureet	PS, V				PS, V	PS, DN			
6. Luokka	SEP tai luokka I - IV				SEP tai luokka I - IV	SEP tai luokka I - III			

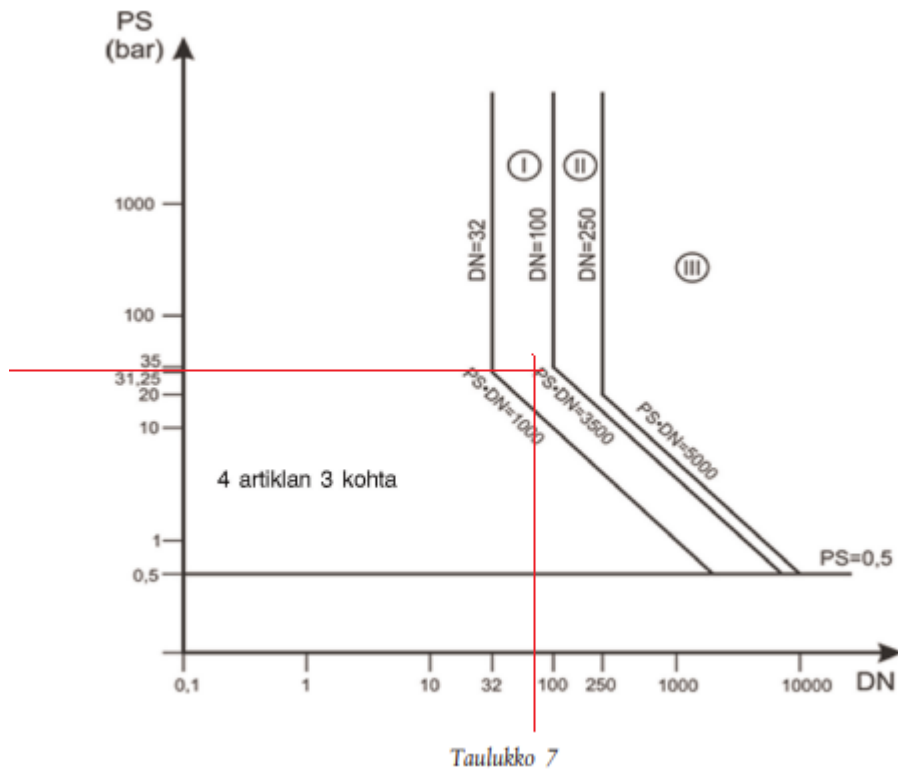
Taulukossa 2 on esitetty ryhmään 1 kuuluvat CLP asetus (EY) N:o 1272/2008 määritellyistä fysikaalisista ja terveydelle vaarallisista aineista ja seoksista, jotka on esitelty painelaiteasetuksen 6§:ssä (PED: n artikla 13). Sisällön ryhmä 2 käsittää kaikki muut sisällöt, jotka ei kuulu ryhmään 1 (ympäristölle vaaralliset).

Taulukko 2. CLP-asetuksen mukaiset vaaralliset aineet ja seokset

CLP-vaaraluokat ja kategoriat (PED, artikla 13)	CLP-asetuksen vaaralausekkeet (H-lausekkeet)
1) Epästabiilit räjähteet tai vaarallisuusluokkiin 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 ja 1.5 kuuluvat räjähteet	H200, H201, H202, H203, H204, H205
2) Syttyvät kaasut, kategoria 1 ja 2 (huom. tämä sisältää myös kemiallisesti epästabiilit kaasut)	H220, H221, H230, H231
3) Hapettavat kaasut, kategoria 1	H270
4) Syttyvät nesteet, kategoria 1 ja 2	H224, H225
5) Syttyvät nesteet, kategoria 3, jos suurin sallittu lämpötila on korkeampi kuin leimahduspiste	H226
6) Syttyvät kiinteät aineet, kategoria 1 ja 2	H228
7) Itsereaktiivinen aine tai seos, tyypit A–F	H240, H241, H242
8) Pyroforiset nesteet, kategoria 1	H250
9) Pyroforiset kiinteät aineet, kategoria 1	H250
10) Aineet ja seokset, jotka veden kanssa kosketuksiin joutuessaan kehittävät syttyviä kaasuja, kategoria 1, 2 ja 3	H260, H261
11) Hapettavat nesteet, kategoria 1, 2 ja 3	H271, H272
12) Hapettavat kiinteät aineet, kategoria 1, 2 ja 3	H271, H272
13) Orgaaniset peroksidit, tyypit A–F	H240, H241, H242
14) Välitön myrkyllisyys suun kautta: kategoria 1 ja 2	H300
15) Välitön myrkyllisyys ihon kautta: kategoria 1 ja 2	H310
16) Välitön myrkyllisyys hengitysteiden kautta: kategoria 1, 2 ja 3	H330, H331
17) Elinkohtainen myrkyllisyys – kerta-altistuminen, kategoria 1	H370

4.3 Vaatimuksenmukaisuuden arviointitaulukon valitseminen ja luokan määrittäminen

Edellä olevan tekstin ja taulukon 1 perusteella voidaan selvittää oikea vaatimustenmukaisuuden valintataulukko. Esimerkiksi Putkisto→Kaasu→Sisältö ryhmä 2 →saadaan valintataulukko 7. Kuvassa 3 painelaitedirektiivin liitteen II taulukko 7.



Kuva 3. Pinalaitedirektiivin liitteen II taulukko 7.

Luokka määritetään taulukosta niin, että X-akselilta luetaan DN-koko ja Y-akselilta käyttöpaine PS. Oikeiden suureiden kohdalta vedetyt kohtisuorat viivat kohtaavat ja siitä voidaan lukea putkiston luokka.

4.4 Moduulin valinta putkiston luokan perusteella

Vaatimustenmukaisuuden arviointimenettely tulee tehdä painetta kantavan putkiston luokan mukaisesti. Esimerkiksi taulukosta 3 luokka IV ja Moduuli G, joka on yksikkökohtaiseen tarkastukseen perustuva vaatimustenmukaisuus. Moduuli G on luokan IV arviointimenettely ja sillä voidaan tehdä kaikkein vaativimpien painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien arviointi. Moduulin G mukaisesti ilmoitettu laitos hyväksyttää kaikki tekniset asiakirjat suunnittelun ja valmistusmenetelmien osalta, suorittaa arvion painelaitemateriaaleihin, hyväksyy hitsausmenetelmät sekä tarkistaa hitsausta tekevän henkilöstön pätevyydet ja koeponnistukset painelaitteelle. Moduuli G:n mahdollistaa myös muiden CE-merkittävien painelaitteiden arvioinnin.

Taulukko 3. Vaatimustenmukaisuuden arviointitaulukko

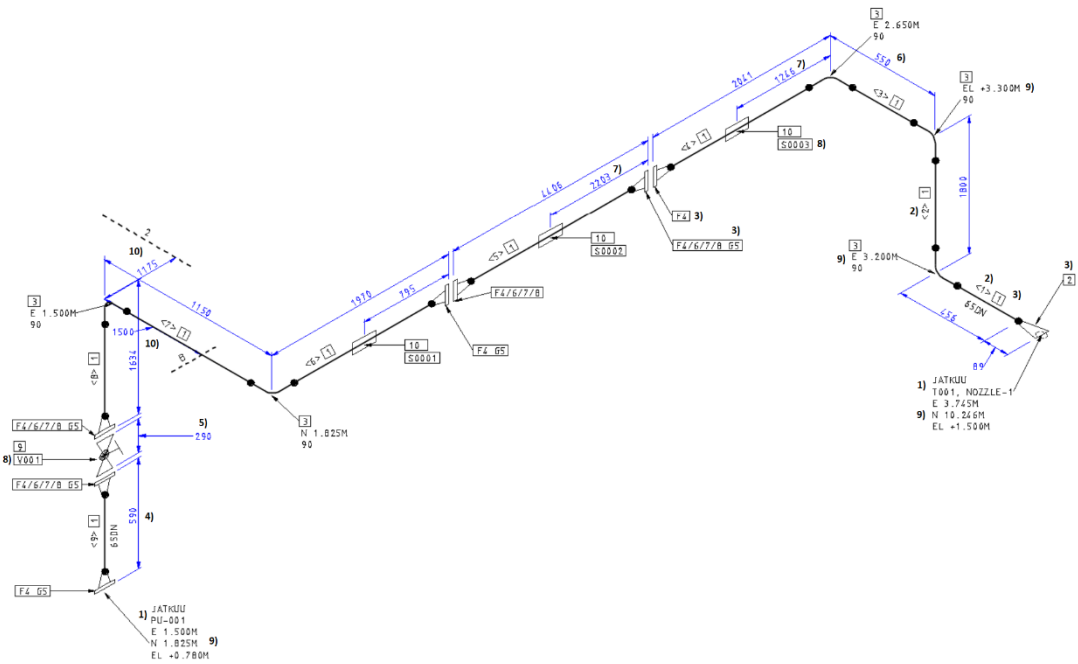
Luokka I:	Moduuli A	Sisäinen tuotannonvalvonta
Luokka II:	Moduuli A2	Sisäinen tuotannonvalvonta ja valvotut painelaitetarkastukset satunnaisin väliajoin
	Moduuli D1	Tuotantoprosessin laadunvarmistus
	Moduuli E1	Painelaitteiden lopputarkastuksen ja testauksen laadunvarmistus
Luokka III:	Moduulit B + D	EU-tyyppitarkastus – suunnittelutyyppi + Tuotantoprosessin laadunvarmistukseen perustuva tyypinmukaisuus
	Moduulit B + F	EU-tyyppitarkastus – suunnittelutyyppi + Painelaitteen tarkastukseen perustuva tyypinmukaisuus
	Moduulit B + E	EU-tyyppitarkastus – tuotantotyyppi + Painelaitteen laadunvarmistukseen perustuva tyypinmukaisuus
	Moduulit B + C2	EU-tyyppitarkastus – tuotantotyyppi + Sisäiseen tuotannonvalvontaan perustuva tyypinmukaisuus ja satunnaisin väliajoin suoritettavat valvotut painelaitetarkastukset
	Moduuli H	Täydelliseen laadunvarmistukseen perustuva vaatimustenmukaisuus
Luokka IV:	Moduulit B + D	EU-tyyppitarkastus – tuotantotyyppi + Tuotantoprosessin laadunvarmistukseen perustuva tyypinmukaisuus
	Moduulit B + F	EU-tyyppitarkastus – tuotantotyyppi + Painelaitteen tarkastukseen perustuva tyypinmukaisuus
	Moduuli G	Yksikkökohtaiseen tarkastukseen perustuva vaatimustenmukaisuus
	Moduuli H1	Täydelliseen laadunvarmistukseen ja suunnittelun tarkastukseen perustuva vaatimustenmukaisuus

4.5 Piirustukset

Suunniteltu putkisto jaetaan valmistuksen kannalta järkeviin kokonaisuuksiin. Näitä työkuvia kutsutaan isometreiksi.

Isometri sisältää kaiken mahdollisen tiedon mitä tarvitaan, että putkisto saadaan esivalmistettua ja myöhemmin työmaalla koottua yhdeksi isoksi kokonaisuudeksi.

Kuvassa 4 on tyypillinen isometri.



Kuva 4. Isometri

Isometristä löytää kaikki seuraavat oleelliset asiat työn tekemiseen:

- Piirustusnumeron
- Virtaavan aineen, PED- luokituksen ja suunnittelupaineen
- Tehtävän putkiston mitat
- Hitsinumeroinnin
- Materiaalilistan ja komponentit

4.6 Materiaalit

Suunnittelu määrittää materiaalit niin, että niiden tulee soveltua putkiston tai laitteen sisältöön ja kestää ulkopuoliset olosuhteet. (SFS-EN 13480-2:2017, 2017, s.9)

Painelaiteteräket on jaettu 10 eri ryhmään, joista jokaisella ryhmällä on omat alaryhmänsä. Esimerkiksi materiaali 1.4307 kuuluu ryhmään 8 ja alaryhmään 8.1 joka käsittää austeniittiset ruostumattomat teräket, joissa Cr- pitoisuus on 19% tai alle. (SFS-EN 13480-2:2017 taulukko A.1 terästen luokittelujärjestelmä)

Painelaitedirektiivin olennaiset turvallisuusvaatimukset esittää teräksen sitkeydestä seuraavia vaatimuksia, joilla estetään haurasmurtumat teräksessä: teräs on riittävän sitkeää, jos murtovenymä standardimenetelmällä suoritettussa vetokokeessa on vähintään 14% ja iskusitkeysenergia ISO V-koesauvalla tehtynä minimissään 27 J lämpötilassa, joka on korkeintaan 20 °C mutta ei korkeampi mitä alin suunniteltu käyttölämpötila. (Tukes, 2022, kohta Painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien suunnittelu ja valmistus sekä vaatimustenmukaisuuden arviointi).

Valmistajan tulee varmistaa, että painelaitteessa käytettävä materiaali vastaa spesifikaatiossa edellytetyjä vaatimuksia. Kaikista käytössä olevista materiaaleista tulee olla materiaalivalmistajan antama ainestodistus, josta tulee ilmetä tuotteen olevan tilauksessa esitetyn vaatimuksen mukainen. Kuvassa 5 on tyypillinen materiaalitodistus, joka tulee säilyttää loppudokumentaatiota varten (SFS-EN 13480-5:2017, 2017 s.24-26) ohjeen mukaisesti.

Certificate number 412-274623								
Certificate consignee Onninen Oy PL 1 00016 Kesko Finland	Purchaser's reference 4500928825 OSTP Sales order no CO149425 Additional information	Date 11-03-2022 Manufacturers mark OSTP	Shipment SH11090822					
PRODUCT Product description Welded Pipe 168,3x2 EN 1.4307/304L OT100 EN 10217-7 TC1 EN ISO 1127 D3/T3 In random lengths of ca. 6 m, Not Heat Treated, Pickled		Delivery condition W2						
Specification EN 10217-7 TC1		Tolerances EN ISO 1127 D3/T3						
Material Steel grade 1.4307/1.4301/304/304L		Raw material ASTM A240/EN 10028-7	Melting process E/AOD					
Extent of delivery Batch number 7024377		Dimension 168,30 x 2,00	Quantity 108 m					
Product marking <div style="background-color: black; height: 20px; width: 100%;"></div>								
Heat No	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	N
473271	0,019	0,38	1,48	0,029	0,000	18,20	8,10	0,06
TEST RESULTS								
Tensile Test								
	Ref	Pos	Rp0.2	Rp1	Rm	A		
Unit			MPa	MPa	MPa	%		
Min			180	215	485	35		
Max					740			
Result	1	LB	333	375	678	58,8		
Result	2	TB	368	428	656	58,2		

Kuva 5. Materiaalitodistus

Materiaalitodistuksesta käy ilmi sulatenumero, materiaalin koko ja seinämävahvuus, sertifiointinumero ja materiaali.

Painelaitteissa käytettävät materiaalit tulee merkitä niin, että tunnistus on mahdollista ja merkintä kestää olosuhteet niin, että kohdennus on mahdollista myöhemminkin. (SFS-EN 10253-4:2008, 2008, s.64)

4.7 Hitsaus

Hitsaus on prosessi, jossa kaksi erillistä osaa liitetään toisiinsa joko lämmön avulla tai puristamalla niin, että yhteen liitetyt osat muodostavat jatkuvan yhteyden. Lämpö tuodaan hitsauskohtaan yleensä hitsausvirtalähteen avulla, joka tuottaa valokaaren sähköllä. Tätä edellä mainittua hitsaustapahtumaa kutsutaan kaarihitsaukseksi.

Yleisesti hitsiin sulatetaan lisäainetta, joko lisäainetta syöttävällä hitsauspistoolilla tai sitten käsin syöttämällä. Syötettävällä lisäaineella tulee olla miltei sama sulamispiste kuin hitsattavalla materiaalilla. (Kemppi Oy, n.d.)

4.7.1 Hitsaajan pätevyys

Hitsaajan pätevyys käsin tehtävään sulahitsaukseen todennetaan standardin SFS-EN ISO 9606-1:2017 mukaisesti.

Hitsausprosessit sisältävät paljon erilaisia muuttujia, joista kullekin muuttujalle on määritetty pätevyysalue.

Nämä oleelliset muuttujat ovat seuraavat:

- hitsausprosessi
- tuotemuoto
- hitsilaji
- lisäaineryhmä
- lisäainetyyppi
- hitsattavan kappaleen mitat
- hitsausasento
- hitsin yksityiskohdat (SFS-EN ISO 9606-1 2017, s.11 – 12.)

Suoritettu hitsaajan pätevyyskoe pätevoittää kokeen suorittaneen henkilön pätevyysalueeseen edellä mainittujen muuttujien suhteen. Jos hitsausta suorittavan henkilön täytyy suorittaa pätevyysalueiden rajojen ulkopuolella, tulee henkilön suorittaa uusi pätevyyskoe. (SFS-EN ISO 9606-1:2017, s.11 – 12.) Kuvassa 6 on tyypillinen hitsaajan pätevyystodistus

HITSAAJAN PÄTEVYYSTODISTUS		WELDER APPROVAL TEST CERTIFICATE		SFS-EN ISO 9606-1 (2017)		PED 2014/68/EU	
				Pöytäkirjan nro. Report No.			
Työnantaja Employer				Toimipaikka ja yhdyshenkilö Office and contact person			
Osoite Address				Puhelin Phone			
Hittaja (suku- ja etunimi) Welder				Tunnus ID			
Syntymäaika ja -paikka Date and place of birth				Valokuva (vaadittaessa) Photo (if required)			
Tunnistamistapa Means of identification				Tietopuolinen osaaminen Job knowledge			
Ajokortti Driving licence				Ei testattu Not tested			
Kokeen merkintä Designation							
SFS-EN ISO 9606-1 (2017) 141 T BW/FW FM3 S t8 D60,3 H-L045 ss nb ml							
VALVONTA SUPERVISION							
MUUTTUJAT PARAMETERS		HITSAUSKOKKEEN MERKINTÄ / YKSITYSKOHTA WELD TEST DESIGNATION / DETAIL		PÄTEVYYSLUOKA RANGE OF APPROVAL			
Hittausprosessi Welding process		141 TIG (S)		141, 142, 143, 145 Ks. Ref. 5.2			
Kaari muoto Transfer mode		-		- Ks. Ref. 5.2			
Levy tai putki Plate or pipe		T Putki Tube		T, P, T(B) haarakulma $\geq 60^\circ$, T(B) branch angle $\geq 60^\circ$ Ks. Ref. 5.3			
Liitosmuoto Type of weld		BW/FW BW+FW Lisäkoee Suppl. test		BW, FW Ks. Ref. 5.4			
Perusaineryhmä Parent material group		5 13CrMo44		1-11 (paitsi/except 142: 5) Ks. Ref. 5.6			
Lisäaineryhmä Filler material group		FM3 OK13.12		FM1, FM2, FM3 Ks. Ref. 5.5			
Lisäainetyyppi Filler material type		S		S, M, nm, Juuri Root: S Ks. Ref. 5.6			
Suojakaasu Shielding gas		Inertti Inert Argon		-			
Apuvälineet Auxiliaries				-			
Virtatyyppi ja polarisuus Type of current and polarity		DC-		-			
Aineen paksuus / Hittausalumiinisyys (mm) Material / Deposited thickness (mm)		8		3 ... 16 Ks. Ref. 5.7			
Putken ulkohalk. (mm) Outside pipe diam. (mm)		60,3		≥ 30 Ks. Ref. 5.7			
Hittausasento Welding position		H-L045		PA, PB, PC, PD, PE, PF, (PH, H-L045) Ks. Ref. 5.8			
Hittausyksityiskohtat Weld details		ss nb		ss nb, ss mb, bs, ss gb, ss fb Ks. Ref. 5.9			
Yksi-/monipaiko Single/multi layer		ml Monipaiko Multi layer		FW: sl, ml Ks. Ref. 5.9			
Hittauspvm. Weld date		Kokeen valvoja Examiner		WPS nro. WPS No.			

Kuva 6. Hitsaajan pätevyystodistus

4.7.2 Liitostyyppi

Päittäishitsi (BW) on liitos jossa yhdistetään esimerkiksi kaksi putkea yhteen.

Kuvassa 7 on putken päittäisliitos.



Kuva 7. Päittäisliitos (BW)

Istutushitsi (BWCO) on hitsausliitos, jossa esimerkiksi isompaan putkeen istutetaan pienempi putki. Kuvassa 8 on tyypillinen istutushitsi.



Kuva 8. Istutushitsi (BCWO)

Pienahitsi (FW) kuvassa 9 on putken päälle hitsattu vakuumirengas, hitsi on pienahitsi.



Kuva 9. Pienahitsi (FW)

4.7.3 Hitsausprosessi

Hitsausprosessi 141 eli TIG (Tungsten inert Gas welding). Prosessissa valokaari palaa sulamattoman volframielektrodin ja hitsattavan kappaleen välissä. Suojakaasuna käytettävä aina inerttiä kaasua, jonka tehtävä ei ole vaikuttaa itse hitsausprosessiin, vaan suojata hitsisulaa ja estää volframielektrodia hapettumiselta. (Kemppi Oy, n.d.)

Hitsausprosessi 111 eli puikkohitsaus. Tässä prosessissa puikon pitimeen laitettu lisäainepuikko toimii hitsauselektrodina. Valokaari palaa puikon ja hitsattavan kappaleen välissä. (Kemppi Oy, n.d.)

Hitsausprosessit 131/135 eli MIG (Metal Inert Gas welding) ja MAG (Metal Active Gas welding). Tässä prosessissa valokaari sulattaa hitsauslisäaineen ja hitsattavan kappaleen materiaalin yhteen ja siitä muodostuu hitsisula. (Kemppi Oy, n.d.)

4.7.4 Hitsauslisäaine

Hitsauslisäaineen valinta perustuu jo aiemmin tehtyyn hitsausohjeeseen (WPS). Pysyviä liitoksia tekevät hitsaushenkilöt saavat lisäainevalinnan WPS:stä, johon valinta on taas tehty liitettävien materiaalien ja käytettävän hitsausprosessin mukaan. Kuvassa 10 on tyypillinen lisäaineen materiaalitodistus. Todistus tulee säilyttää ja dokumentoida loppudokumentaatiota varten, sekä olla merkitty hitsauslokiin, jolloin jäljitettävyys on mahdollista (SFS-EN 13480-5:2017, 2017, s.282).

VASTAANOTTOTODISTUS (3.1) - Kemiallinen koostumus KOESTUSTODISTUS (2.2) - Mekaaniset ominaisuudet/ INSPECTION CERTIFICATE (3.1) - Chemical analysis TEST REPORT (2.2) - Mechanical properties	
<div>Vastaanottaja/Cert receiver</div> <div>Valmistusnumero/Lot no: PVV492111380</div>	
TUOTE/PRODUCT Tuotemerkki/Brand: Tuote/Desc: OK Tigrod 308LSi 2.0x1000 5kg Tuotenumero/Item no: 161220R150	KEMIALLINEN KOOSTUMUS/ CHEMICAL COMPOSITION Actual results: acc to EN 10204 - 3.1 <u>Wire/strip</u> Muu/Auxiliary: C 0.01% Si 0.76% Mn 1.8% P 0.02% S 0.01% Cr 19.7% Ni 10.5% Mo 0.03% Cu 0.04% N 0.05% Ferrite FN 8
LUOKITTELU/CLASSIFICATIONS EN ISO 14343-A: W 19 9 L Si SFA/AWS A5.9: ER308LSi Werkstoffnummer: 1.4316	
MEKAANISET OMINAISUUDET/MECHANICAL PROPS Typical data: acc to EN 10204 - 2.2 Standardi/Standard: Muu/Auxiliary: Tila/Condition: LUJUUSARVOT/TENSILE Rp0.2 Rm A4-A5 450 MPa 620 MPa 36 % ISKUSITKEYS/IMPACT Temp -60 °C -196 °C KV 150 J 75 J	

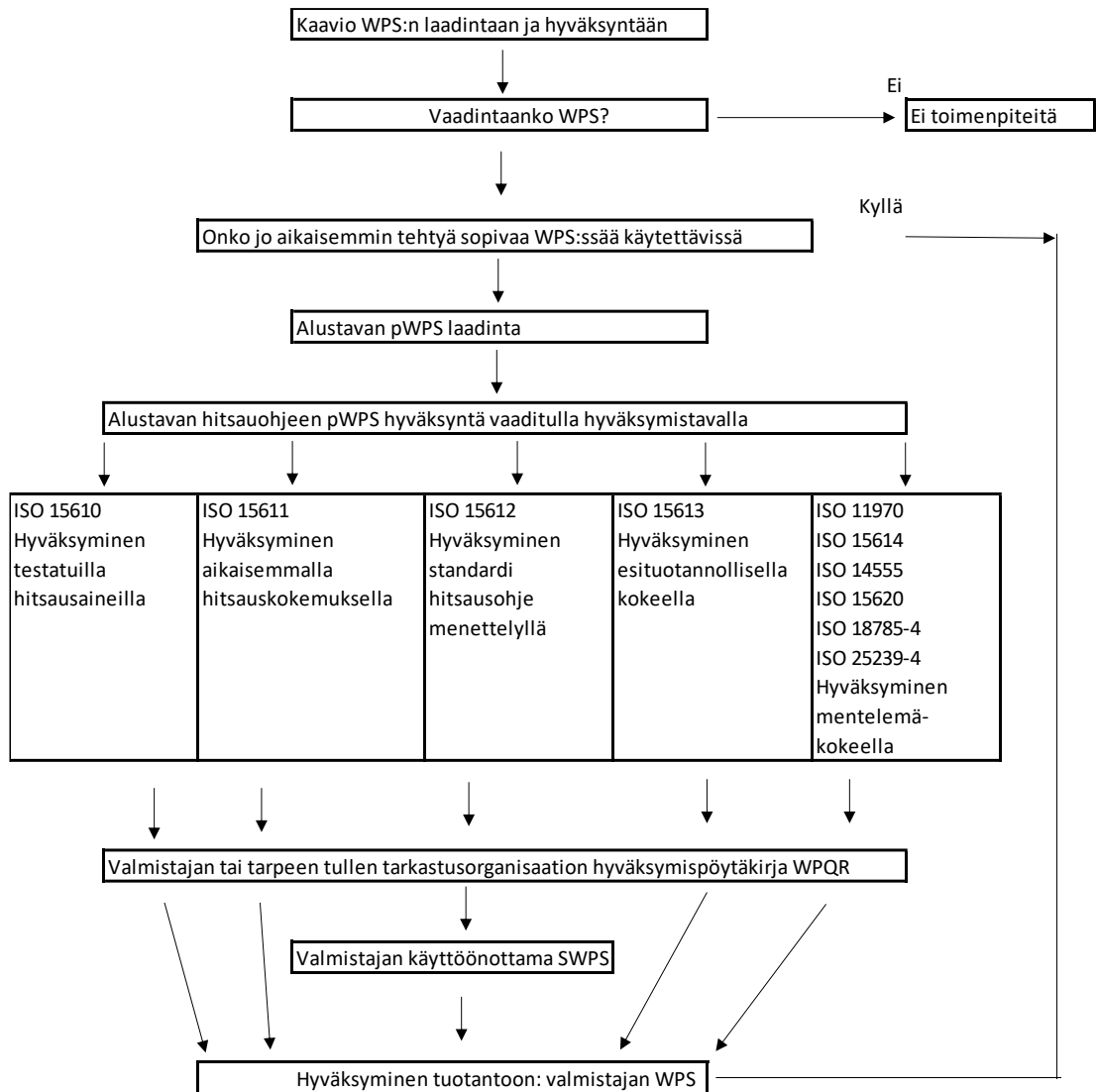
Kuva 10. Hitsauslisäaineen materiaalitodistus

4.7.5 WPQR

Hyväksymispöytäkirja WPQR sisältää kaikki muuttujat ja myös tarkoituksenmukaisessa standardissa määritetyt pätevyysalueet. Hyväksymispöytäkirjan WPQR pohjalta laaditaan valmistajan vastuulla, ellei toisin mainita, hitsausta varten hitsausohje WPS. (SFS-EN ISO 15607:2019, 2019, kohta 5.1 sivu 8.)

4.7.6 WPS

Hitsausohje (WPS) tarkoittaa dokumenttia, joka on tehty toimimaan hitsauksen perustana ja osana laadunvalvontaa. WPS:n laadinta luo perustan sille, että kyseiset hitsit täyttävät niille asetetut vaatimukset, mutta ei sinänsä vielä anna täyttä takuuta sille. Alla olevasta kuvasta 11 näkee selkeästi ohjeet WPS:n laadintaan ja hyväksyntään. Kuvassa 12 esitetään voimassa oleva WPS.



Kuva 11. WPS Laadintaohje

WPS 141

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION
SFS-EN ISO 15609-1

Työnro Work no.	Sivu Sheet
	1 (1)

				Projekti Project				
Paikka Place				Menetelmäkoepöytäkirjan nro WPQR no.				
Hitsausasento Welding position				Muut ohje Other procedure				
Kaikki paitsi PG ja J-L045				Railon valmistusmenetelmä ja puhdistus Method of preparation and cleaning				
Aineensuutymismuoto Mode of metal transfer				Hionta / Harjaus				
Liitosmuoto Joint type				Perusaine Parent material		Materiaaliryhmä Material group		
Hitsilaji Weld type				Paksuus Thickness [mm]		Ulkohalkaisija Outside diameter [mm]		
BW=päittäishitsi				141-Tig		1,4 - 24 mm		> 25 mm
Pulko Run	Hitsausprosessi Welding process	Lisäläineen koko Size of filler metal [mm]	Hitsausvirta Current [A]	Kaarijännite Voltage [V]	Virtalaji Current type [AC, DC+, DC-]	Langansyöttö Wire feed speed [m/min]	Kuljetusnopeus* Travel speed [mm/min]	Lämmöntuotto* Heat input [kJ/mm]
1	141	1,6-2		13	DC-			
2	141	2-2,4			DC-			
3 + n	141	2,4-3,2			DC-			
Lisäaine Filler metal		Käsittely Baking or drying		Korotettu työllämpötila Preheat temperature				HITSIN DIMENSIOT WELD DIMENSIONS
Sandvik 316 LSi		Valmistajan ohjeen muk						
Jauhe Flux		Välipalkolämpötila Interpass temperature				a		60°
		160°C				b		0-3 mm
Suojakaasu Shielding gas		Virtausnopeus Flow rate		Ylläpitolämpötila Pre-heat maintenance temperature				c
Argon		8-12 l/min						t
Juurikaasu Gas backing		Virtausnopeus Flow rate		Vedynpoistohehkus Post-heating				
Formier		8-12 l/min						
Vollframielektrodin tyyppi Tungsten electrode type		Koko Size		Liitospiirros ja hitsausjärjestys Joint drawing and welding sequence *				
WT 2%, 2,4mm								
Jauheen avaus/juurinuki Details of back gouging/backing								
Hitsauksen jälkeinen lämpökäsittely ja/tai vanhentaminen Post-weld heat treatment and/or ageing								
Menetelmä Method								
Lämpötila Temperature		Aika Time						
Kuumenusnopeus Heating rate *		Jäähdytysnopeus Cooling rate *						
Muut informaatio Other information *								
Sivutussliike Weaving		Vapaalankapitus Stand off distance						
Vaaputus Oscillation								
Pulsahitsaus Pulse welding		Plasmahitsaus Plasma welding						
Hitsauspistoolin/hitsaimen kulma Torch angle								
Suutinetsäisy Distance contact tube/work piece								

* Jos vaadittu If required

Kuva 12. WPS

4.8 Lämpökäsittely

Hitsauksen lämpökäsittely tehdään, mikäli käytetään materiaalina esimerkiksi kuuma-lujia teräksiä, kuten esimerkiksi seostetut teräkset 13CrMo4-5 ja 10CrMo9-10. SFS-EN ISO 17663 Hitsauksen ja lämpökäsittelyn laatuvaatimukset -standardi antaa ohjeen oikeaan lämpökäsittelyyn. Lämpökäsittely ostetaan alihankinta. Alihankinnan tekevä yritys on velvollinen toimittamaan kaikki lämpökäsittelyyn liittyvät todistukset ja lämpökäsittelyssä käytettyjen laitteiden kalibrintitodistukset.

4.9 NDT-tarkastukset

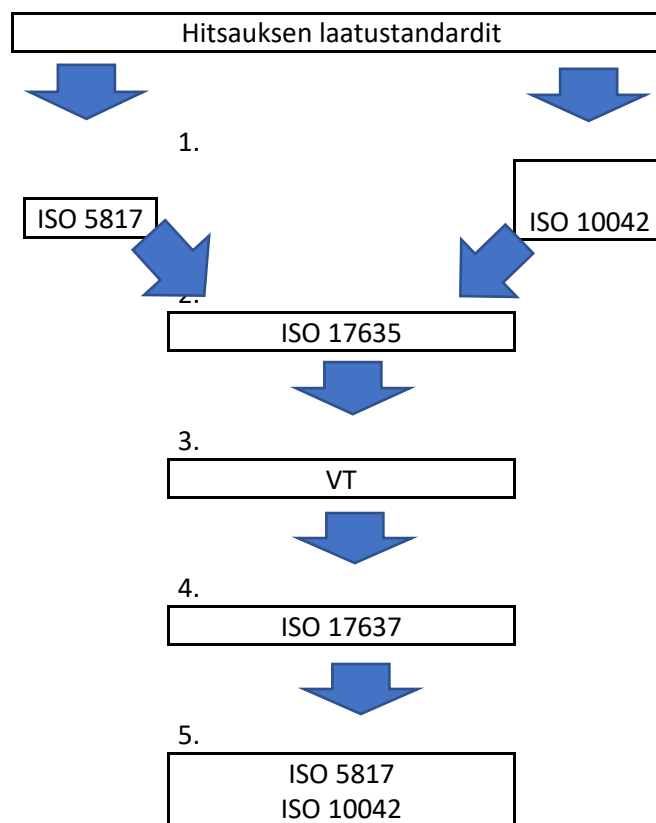
Rikkomaton aineenkoetus eli NDT-testaus (Non-Destructive Testing). Näillä tarkastusmenetelmällä voidaan selvittää hitsauksessa tulleet virheet niin, että hitsausliitosta ei tarvitse rikkoa. NDT-testaus on osa laadunvarmistusta. Käytössä olevia NDT-testaus menetelmiä ovat silmämääräinen tarkastus (VT), pintatarkastusmenetelmiin kuuluvat tunkeumanestetarkastus (PT) ja magneettijauhetarkastus (MT) ja volumetriset tarkastusmenetelmät radiografinen tarkastus (RT) sekä ultraäänitarkastus (UT). Esimerkkinä tarkastuslaajuudesta taulukko 4 joka on laadittu SFS-EN 13480-5:2017 Taulukon 8.2-1 Kehä-, yhde-, piena- ja tiivistehitsientestauslaajuus mukaisesti.

Taulukko 4. Tarkastusohje

PED I						
Mikäli painekoe tehdään kaasulla, käytetään suluisia "()" olevaa tarkastuslaajuutta						
Materiaaliluokka	1.1/1.2	Liitos		RT	RT/UT	MT
P235GH		BW	Seinämävahvuus alle 8mm	5%(10%)	-	(5%)
P245GH		BW	Seinämävahvuus 8mm tai yli	-	5%(10%)	(5%)
P265GH		BWCO	Istutus	-	-	(5%)
16Mo3		FW	Pienahitsi	-	-	-
Materiaaliluokka	8.1	Liitos		RT	RT/UT	PT
1.4307		BW	Seinämävahvuus alle 15mm	5%(10%)	-	(5%)
1.4404		BW	Seinämävahvuus 15mm tai yli	-	5%(10%)	(5%)
1.4432		BWCO	Istutus	-	-	(5%)
		FW	Pienahitsi	-	-	-
Materiaaliluokka	10.1	Liitos		RT	RT/UT	PT
1.4462		BW	Seinämävahvuus alle 8mm	10 %	-	5 %
		BW	Seinämävahvuus 8mm tai yli	-	10 %	5 %
		BWCO	Istutus	-	-	10%(25%)
		FW	Pienahitsi	-	-	10 %

4.9.1 VT-tarkastus

Visual Testing eli silmämääräisessä tarkastuksessa katsotaan silmämääräisesti, asetaako hitsi sille asetetut vaatimukset ja se tehdään aina ennen muita tarkastuksia. Tarkastuksen voi suorittaa henkilö, jolla on tarvittava tieto ja kokemus tarkastusten tekemisestä. Kuva 13 kertoo mitkä laatustandardit ohjaavat tarkastuksia ja niiden hyväksyntää.



Kuva 13. laatustandardit VT-tarkastuksessa

Kuvan 13 numeroiden merkitykset:

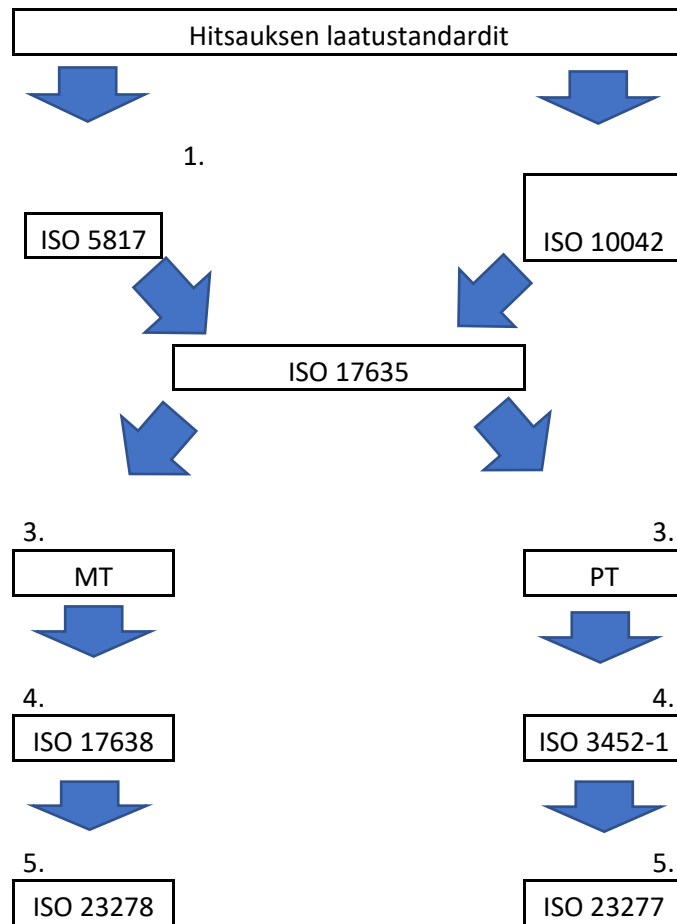
- 1. Hitsausluokat perustuen hitsausvirheiden todelliseen kokoon.
- 2. Yhteys hitsiluokkien ja näyttämien hyväksymisrajojen välillä.
- 3. NDT-menetelmä.
- 4. Tarkastustekniikka
- 5. Ominaisuudet ja hyväksymisrajat.

4.9.2 PT ja MT- tarkastus

Tunkeumaneste (PT)- ja magneettijauhetarkastus (MT) ovat molemmat pintatarkastusmenetelmiä. Tunkeumanestetarkastuksen periaate on levittää kohteen pinnalle tähän tarkoitukseen kehitettyä nestettä, joka tunkeutuu hitsistä pintaan asti auki oleviin, avonaisiin virheisiin. Edellä mainittua tarkastusmenetelmää käytetään austeniittisiin teräksiin tehtyjen hitsaussaumojen virheiden tarkastuksiin.

Magneettijauhetarkastuksella pyritään saamaan hitsaussaumojen pinnassa ja pinnan läheisyydessä olevat viat esille. Menetelmällä saadaan epäjatkuvuuskohtien synnyttämät vuotokentät havaittua magnetisoidussa kappaleessa. Magneettijauhetarkastus -menetelmää käytetään ferromagneettisten terästen tarkastuksiin.

Kuvissa 15 ja 16 PT ja MT- tarkastuspöytäkirjat. Kuva 14 kertoo mitkä laatustandardit ohjaavat tarkastuksia ja niiden hyväksyntää. Tarkastajan tulee olla standardin ISO 9712 mukaan hyväksytty NDT-tarkastaja.



Kuva 14. Laatustandardit PT- ja MT -tarkastuksissa

Kuvan 14 numeroiden merkitykset:

- 1. Hitsausluokat perustuen hitsausvirheiden todelliseen kokoon.
- 2. Yhteys hitsiluokkien ja näyttämien hyväksymisrajojen välillä.
- 3. NDT-menetelmä.
- 4. Tarkastustekniikka
- 5. Ominaisuudet ja hyväksymisrajat.

Tunkeumanestetarkastuspöytäkirja Liquid Penetrant Inspection Report			
		Pöytäkirjan nro. Report No. D188016	
Tilaaaja Contractor	Työnro. Work No.	Asiakas Customer	Työnro. Work No.
Lahjos Station		Valmistaja, asentaja Manufacturer, installed by	Työnro. Work No.
Tarkastuskohde Inspection object		Piirustus nro. Drawing No.	351082
Hittin tunnus / Hitsaaja Weld identification / Welder 17 ja 19 / TM-92, 22A / PT-74		Perusaine Base material 1.4307	
Pinnan laatu Surface condition Harjattu	Lämpötila Temperature 20°C	Lämpökäsittely Heat treatment Ei lämpökäsittelyä	
Tekniikka Technique Värillinen / Colour	Espuhdistin Cleaner Bycotest C10	Eräno. Batch No. 200306	
Tunkeuma-aika Penetration time 15min	Tunkeumaneste Penetrant Bycotest RP 20	Eräno. Batch No. 200513	
Tunkeumanesteen poisto Penetrant removal Liutoin	Puhdistin Cleaner Bycotest C10	Eräno. Batch No. 200306	
Kehitysaika Developing time 15min	Kehite Developer Bycotest D30 Plus	Eräno. Batch No. 201005	
Tarkastuspvm Insp. date 28.-29.3.2022	Tarkastuspaikka Inspection place	Valaistus Light Kohdevalo	Tunnus ID Ettäisyys Distance <800mm
Tarkastusohje Inspection procedure SFS-EN ISO 3452-1		Tarkastuslaajuus Extent of inspection 100%	
Laadunmäärityspöytäkirja Quality document SFS-EN 13480-5, taulukko 8.4.2-1		Laatuvaatimus Quality requirement SFS-EN ISO 23277 2X	
Tulokset Results			
<div style="text-align: right;"> Liitteet Appendix 0 sivua pages </div>			
Tarkastustulokset Results of inspection		<input checked="" type="checkbox"/> Täyttävät vaatimukset Comply with the requirements <input type="checkbox"/> Eivät täytä vaatimuksia Do not comply with the requirements	

Kuva 15. Tunkeumanestetarkastuspöytäkirja

Pöytäkirjan nro Report No.
D187423

Tähtaia Contractor	Työno Work No.	Asentaja Customer	Työno Work No.
Leveys Station		Valmistaja, asentaja Manufacturer, installed by	Työno Work No.
Tarkastuskohde Inspection object	Päätös nro Drawing No.		
MF00327258_141_1430033-HMP-1200-10C1C-III_1 1(4) 0113	350848		

Hitsin tunnus / Hitsaaja Weld identification / Welder		Perusaine Base material
Hitsi: 8.1 / AJ-95		P235 GH
Pinnan laatu Surface condition	Lämpötila Temperature	Lämpökäsittely Heat treatment
Harjattu	20°C	Ei lämpökäsittelyä

Magnetointiteknikka Magnetizing technique	Näpätäisyys [mm] Pole spacing	Huomautus Remark	Tarkastuslaite Equipment	Tunnus ID
les	150mm	-		
Virtalaji Current			Valaistus Light	Tunnus ID
AC			Yleisvalo	Etsäisyys Distance
[-] Kenttävoimakkuus mitattu Magnetic field strength measured			Kontrastiväri Contrast color	Eräno Batch No.
			Bycotest 104 Plus	210808
[-] Jäännöskenttävoimakkuus mitattu Residual magnetism measured			Magneettijauhe Magnetic powder	Eräno Batch No.
			Bycotest 103	210206
[-] Demagnetointi Demagnetization			Jauheen tyyppi Powder type	
			Märkä menetelmä, musta / Wet method, black	
Tarkastuspvm Insp. date	Tarkastuspaikka Inspection place		Puhdistin Cleaner	Eräno Batch No.
21.03.2022	Pori		Bycotest C10	210809

Tarkastusohje Inspection procedure SFS-EN ISO 17638	Tarkastuslaajuus Extent of inspection 10%
Laadunmääritysasiakirja Quality document SFS-EN 13480-5, taulukko 8.4.2-1	Laatuvaatimus Quality requirement SFS-EN ISO 23278 2X

Tulokset Results

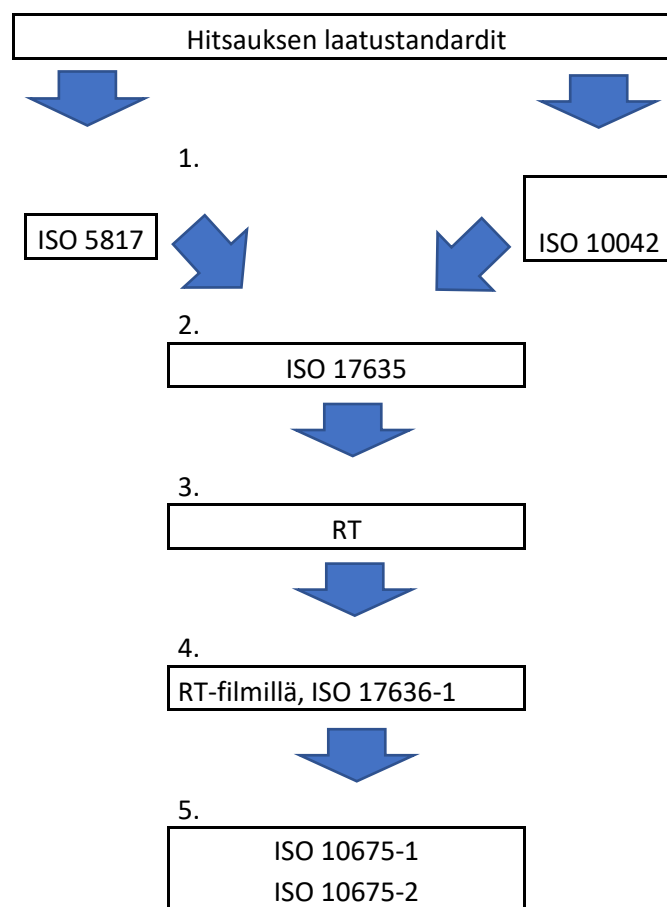
Littlest Appendix **1** sivua pages

Tarkastustulokset Results of inspection	X Täytävät vaatimukset Comply with the requirements	- Eivät täytä vaatimuksia Do not comply with the requirements
--	--	--

Kuva 16. Magneettijauhetarkastuspöytäkirja

4.9.3 RT- tarkastus

Radiografinen tarkastus (RT) tarkoittaa hitsin sisäisten virheiden tarkastusta menetelmällä, jossa käytetään röntgen- tai gammasäteilyä. Menetelmän avulla voidaan läpäistä kuvattava hitsi ja saada aikaan tallenne tarkastuksesta. Kuvassa 18 RT-tarkastuspöytäkirja. Tarkastajan tulee olla standardin ISO 9712 mukaan hyväksytty NDT-tarkastaja (SFS- EN ISO 9712:2022, 2022, s.20.) Kuva 17 kertoo mitkä laatu-standardit ohjaavat tarkastuksia ja niiden hyväksyntää.



Kuva 17. Laatustandardit RT- tarkastuksessa

Kuvan 17 numeroiden merkitykset:

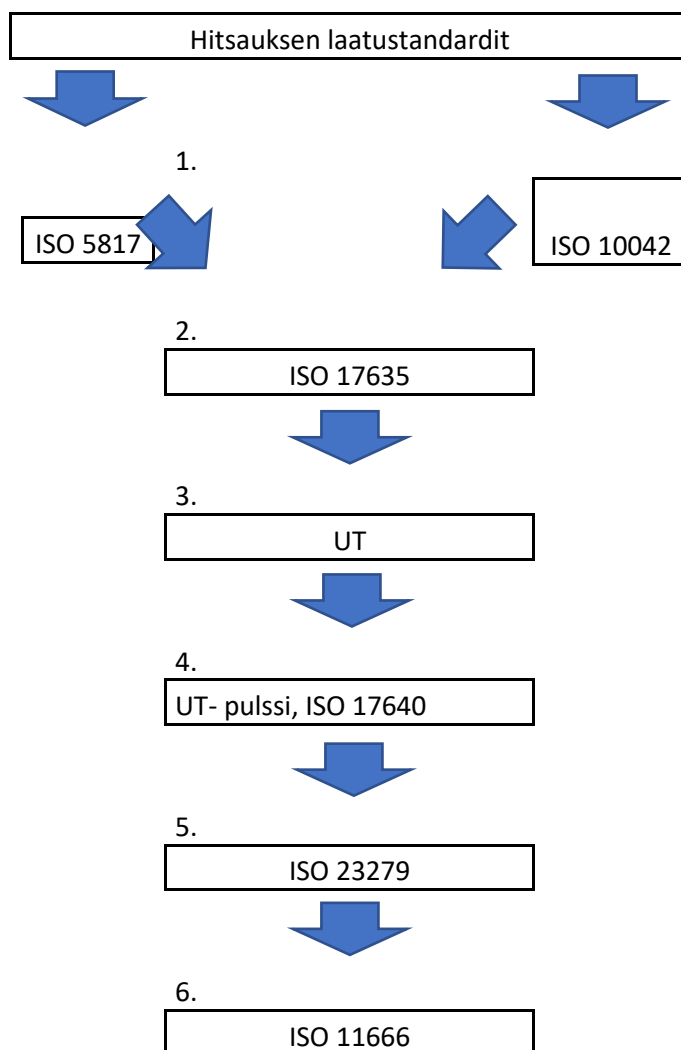
- 1. Hitsausluokat perustuen hitsausvirheiden todelliseen kokoon.
- 2. Yhteys hitsiluokkien ja näyttämien hyväksymisrajojen välillä.
- 3. NDT-menetelmä.
- 4. Tarkastustekniikka
- 5. Ominaisuudet ja hyväksymisrajat.

4.9.4 UT-tarkastus

Ultraäänitarkastus (UT) perustuu äänen etenemiseen tarkastettavassa hitsissä. Menetelmällä haetaan hitsin sisäisiä vikoja esimerkiksi säröjä ja halkeamia.

Yleisesti ultraäänitarkastus tehdään yli 8 mm vahvoille hitseille. Tarkastuksen tekijä on oltava standardin ISO 9712 mukaan sertifioitu NDT-tarkastaja. Kuvassa 20 tyypillinen UT- tarkastuspöytäkirja.

Kuva 19 kertoo mitkä laatustandardit ohjaavat tarkastuksia ja niiden hyväksyntää.



Kuva 19. Laatustandardit UT- tarkastuksessa

Kuvan 19 numeroiden merkitykset:

- 1. Hitsausluokat perustuen hitsausvirheiden todelliseen kokoon.
- 2. Yhteys hitsiluokkien ja näyttämien hyväksymisrajojen välillä.
- 3. NDT-menetelmä.
- 4. Tarkastustekniikka
- 5. Ominaisuudet
- 6. Hyväksymisrajat

Ultraäänitarkastuspöytäkirja Ultrasonic Inspection Report									
								Pöytäkirjan nro. Report No. D187425	
Tilaaaja Contractor				Työnro. Work No.		Asiakas Customer			
Laitos, Station				Valmistaja, asentaja Manufacturer, installed by		Työnro. Work No.			
Tarkastuskohde Inspection object						Piirustus nro Drawing No.			
MF00327258_141_1430033-HMP-1200-10C1C-III_1 1(4) 0113						350848			
Hitsin tunnus / Hitsaaja Weld identification / Welder 8.1 / A.J-95					Perusaine Base material P235GH				
Liitosmuoto Joint type BW Päittäishitsi			Railon muoto Welding prepar. V		Seinämä Wall thickness [mm] 12,50		Halkaisija Diameter [mm] 1219,00		
Pinnan laatu Surface condition Harjattu			Lämpötila Temperature 20°C		Lämpökäsittely Heat treatment Ei lämpökäsittelyä				
Tarkastuslaite Equipment				Tunnus ID PT3		Tarkastuskappale Calibration block V1			
Luotainkulma Probe angle [°]				Tunnus ID		Mitta-alue Time base range			
60 70 0				607 PT972 2548		0-150			
Taajuus Frequency [MHz]				Koko Size		Vertailukappale Reference block			
4 4 5				8X9 8X9 0,25"		S10			
Perusvahvistus [dB]				Vertailuheijastaja Reference reflector		Tunnus ID			
42 44 44				SHD 3mm		PT734			
Reference level [dB]				Arv.raja Eval. level		Rap.raja Rep. level		Hyv.raja Acc. level	
Siirtymiskorjaus [dB]				-10 dB		-4/-10 dB		0/-6 dB	
Transfer correction [dB]				-		-		-	
Laitte täyttää standardin SFS-EN ISO 22232-3:2020 vaatimukset Equipment comply with the requirements of standard SFS-EN ISO 22232-3:2020 X									
Tarkastuspvm Insp. date				Tarkastuspaikka Place		Muut tiedot Other information			
21.03.2022						-			
Tarkastusohje Inspection procedure				Tarkastustaso Inspection level		Tarkastuslaajuus Extent of inspection			
SFS-EN ISO 17840				A		10%			
Laadunmääritysasiakirja Quality document				Laatuvaatimus Quality requirement					
SFS-EN 13480-5, taulukko 8.4.2-1						SFS-EN ISO 11666 3			
Tulokset Results									
Liitteet Appendix 1 sivua pages									
Tarkastustulokset Results of inspection				X Täyttävät vaatimukset Comply with the requirements			- Eivät täytä vaatimuksia Do not comply with the requirements		

Kuva 20. Ultraääni- tarkastuspöytäkirja

4.10 Venttiilit, varolaitteet ja varusteet

Painelaiteputkistossa käytettävissä venttiileistä, varolaitteista ja varusteista niiden valmistaja toimittaa koestuspöytäkirjat ja vaatimustenmukaisuusvakuutukset. Koestuspöytäkirja on asiakirja, jolla valmistaja todistaa tuotteen toimivan juuri siten, kun tehtävän putkiston spesifikaatio kyseiseltä tuotteelta vaatii. Vaatimustenmukaisuusvakuutus on asiakirja, jossa valmistaja vakuuttaa esimerkiksi valmistamansa venttiilin olevan juuri sellainen, mitä PED 2014/EU/68 vaatii paineenalaiselta putkistossa käytettävältä venttiililtä. Venttiililuettelo on listaus putkiston venttiileistä. Siitä käy ilmi venttiilin tai varolaitteen positio ja tekniset vaatimukset. Listauksesta käy ilmi venttiileille asetetut käyttöolosuhteet ja vaatimukset.

4.11 Loppuarviointi

Putkiston loppuarviointi sisältää lopputarkastuksen, painekokeen ja varolaitteiden tarkastukset. Lopputarkastuksen tarkoitus on silmämääräisesti ja asiakirjoihin nojaten varmistaa vaatimusten toteutuminen. Putkistolle suoritetaan nestepainekoe, joka tehdään yleisesti 1,43 kertaa yli suurimman sallitun käyttöpaineen. Painekoe tehdään aina nestepainekokeena, poikkeuksena nestepainekokeen mahdollinen haitallisuus tai epäkäytännöllisyys. Edellämainitussa tilanteessa painekoe tehdään kaasupainekokeena tai muilla testauksilla. (SFS-EN 13480-5:2017, 2017, s.20.)

Painelaitedirektiivi (2014/68/EU) Liite 1. olennaiset turvallisuusvaatimukset vaativat tekemään painelaitteelle loppuarvioinnin. Standardi SFS-EN 13480-5 antaa tarvittavat ohjeet tarkastukselle ja testaukselle.

Loppuarvioinnin tarkoitus on osoittaa, että putkisto täyttää kaikki tilaajan vaatimukset ja valmistus on tehty vaadittavien direktiivien ja asetusten mukaisesti.

Loppuarviointi koostuu lopputarkastuksesta, loppu dokumentaation kokoamisesta ja vaatimustenmukaisuuden täyttymisestä.

4.12 Lopputarkastus

Lopputarkastus koostuu SFS-EN 13480-5:2017 painekokeesta, silmämääräisistä tarkastuksista ennen ja jälkeen painekokeen ja valmistusdokumenttien tarkastuksesta.

Painekokeet suunnitellaan tehtävän koeponnistuskokonaisuuksin. Ennen painekokeen suorittamista, on laadittu painekoesuunnitelma, josta käy ilmi painekokeen laajuus ja siitä on joko rajattu sokeoimalla tai niin sanottua mannekiinia käyttämällä pois esimerkiksi pumpput tai herkäät instrumentit.

Itse painekokeessa testattava kokonaisuus suljetaan ja täytetään nesteellä nestepainekokeessa ja kaasulla kaasupainekokeessa. Yleisesti koeponnistus tehdään nestepainekokeena, mutta on poikkeustapauksia, jossa ainoa vaihtoehto koeponnistukseen on kaasupainekoe.

Testipaine määräytyy EN-putkistoille SFS-EN 13480-5:2017 kohta 9.3:n mukaan, joka on yleisesti 1,43 kertaa suurin sallitun käyttöpaineen.

Testauksesta tehdään painekoepöytäkirja joka esitetty kuvassa 22.

Painekoepöytäkirja
Pressure test record

Lomake nro 17
Form no.
Pöytäkirjan no:

<input type="checkbox"/> Painesäiliö Pressure vessel SFS-EN 13445-5 Kohta 10.2.3	<input checked="" type="checkbox"/> Putkisto, luokka I-III Piping, category I-III SFS-EN 13480-5 Kohta 9.3	<input checked="" type="checkbox"/> Putkisto, 6§ Piping, 6§	<input type="checkbox"/> Muu Other
--	--	--	---------------------------------------

1. Yleistiedot / General information

Toimittaja / Supplier	Osoite / Address	
Tilaaja / Client	Projekti / Project	Kohde / Subject
	Putkisilta	

2. Painekoe / Pressure test

Testattavat linjat, laitteet / Lines, equipments					Painekoe / pressure test			
Tunnus Identifier	Piirustus Drawing	PS bar	TS °C	Sisältö Fluid	P test bar	T test °C	Kesto Duration, min	Väliaine Medium
		8,5	50	RMP liete	14,3	5	60	Vesi
		8,5	50	RMP liete	14,3	5	60	Vesi
		7	50	Kempuvesi	14,3	5	60	Vesi
		8	80	Paineliima	14,3	5	60	Vesi
		8,0	50	Liete	14,3	5	60	Vesi
		8	25	Talousvesi	14,3	5	60	Vesi
		7	65	Talousvesi	14,3	5	60	Vesi
		7	50	Talousvesi	14,3	5	60	Vesi
		7	40	Raakavesi	14,3	5	60	Vesi
		8	80	Instrumentti-ilma	14,3	5	60	Vesi
		15	25	Palovesi	22,8	5	60	Vesi
		9	50	Tiivistevesi	14,3	5	60	Vesi

3. Silmämääräinen tarkastus / Visual inspection

<input checked="" type="checkbox"/> Hyväksytty / Accepted	<input type="checkbox"/> Ei täytä vaatimuksia, kts. huomautukset Requirements not fulfilled, see remarks
Hyväksymisraja hitsaus- tai korjaussuunnitelman mukaan / Acceptance level acc. to welding plan or repair plan	
Huomautukset / Remarks	
Ulkoilman lämpötila:	

4. Hyväksyminen / Approval

Tilaaajan edustaja / Client's representative	Rakennetarkastaja Construction inspector	Toimittajan edustaja Supplier's representative
---	---	---

Kuva 22. Painekoepöytäkirja

Loppudokumentaatio syntyy kokoamalla yhteen putkiston rakennetta ja käyttöä koskevat asiakirjat. Putkiston suunnittelua ja valmistusta verrataan käytettävään suunnittelukoodin vaatimuksiin ja hyväksyttyihin suunnitelmiin. Seuraavassa taulukossa esitetty SFS-EN 13480-5:2017 mukaisesti laadittu taulukko 5. loppudokumentaatio vaatimuksista.

Taulukko 5. Loppudokumentaation vaatimukset

Loppudokumentaatio						
Nro	Dokumentit	III	II	I	0	Putkisto ≤ 0,5bar
1.	PI-kaavio	x	x	x	x ^a	x ^a
2.	Suunnittelu ja käyttöarvojen yhteenveto	x	x	x	x ^a	x ^a
3.	Putkistojen sijoituspiirrustukset ja kannake piirrustuksen mittoineen	x	x	x	x ^a	x ^a
4.	Putkiston rakenneosien osaluettelot	x	x	x ^a	x ^a	-
5.	Perusmateriaalien ja hitsauslisäaineiden aineodistukset tarvittaessa	x	x	x ^a	x ^a	-
6.	Dokumentit sekalaisille rakenneosille, kuten venttiileille tai turvalaitteille	x	x	x ^a	x ^a	x ^a
7.	Hitsausdokumentit	x	x	x ^a	x ^a	x ^a
8.	NDT-dokumentit	x	x	x	-	-
9.	Lämpökäsittelydokumentit	x	x	x	-	-
10.	Painekokeiden tai korvaavien menetelmien pöytäkirjat	x	x	x	x ^a	x ^a
11.	Tunnistemerkin tiedot	x	x	x	x	x
12.	Standardinmukaisuusvakuutus suunnittelulle	x	x	x	-	-
13.	Standardinmukaisuusvakuutus putkiston valmistukselle/asennukselle	x	x	x	-	-
14.	Käyttöohjeet	x	x	x	-	-
15.	Muut soveltavat ohjeet	-	-	-	x	-

^a Riippuu valmistajan päätöksestä

x= Asiakirjat oltava mukana loppudokumentaatioissa

4.13 Käyttö- ja huolto-ohjeet

Käyttö- ja huolto-ohjeet sisältävät kaikki olennaisimmat tiedot painelaitteiston käyttöönottamisesta, käyttämisestä ja antaa suositukset kunnossapitoon sekä käytön aikaisista tarkastuksista. Ohjeissa tulee mainita putkiston käyttöarvot ja päämitat sekä kaikki tunnistetiedot. Mikäli on tarpeellista, tulee loppukäyttäjän täydentää saamiaan käyttö ja huolto-ohjeita omilla käytännöillään, mikä tukee painelaitteen oikeaa ja turvallista käyttöä. Asiakirjat kootaan yhdeksi kansioksi, jota käytetään tulevaisuissa huolloissa ja määräaikaistarkastuksissa. (SFS-EN 13480-5:2017, 2017, s.24-26.)

5 JÄLJITETTÄVYYDEN KEHITTÄMINEN

Opinnäytetyön lopputuloksena syntyi hitsausloki. Lokin avulla ja siihen liittyvillä työkaluilla saadaan yrityksen projektiin liittyvät tekniset tiedot ja asiakirjat pysymään järjestyksessä sekä ajan tasalla aina ensimmäisestä hitsausliitoksesta loppudokumentaation luovutukseen.

Excel- pohjaisella hitsauslokilla pystytään käsittelemään ja hallitsemaan suurta määrää dataa. Projektista riippuen, saattaa työn aikana syntyä tuhansia saumoja, jolloin hitsauksen seurantaan tarvitaan jo laskenta-apua. Seuraavissa luvuissa esitellään lokin toimintaa ja siihen liittyviä työkaluja.

5.1 Hitsauslokin toiminta

Hitsauslokin käyttäminen on yksinkertaista. Lokiin lisätään valmiista isometristä tiedot (kts. kohta 4.5 Piirustukset) ja valmistuksen yhteydessä syntyneet dokumentit, esimerkiksi NDT-pöytäkirjat. Liitteissä 1,2 ja 3 havainnollistetaan lokiin lisättäviä tietoja kuvina ja alla olevassa listauksessa on kaikki lokissa tarvittavat tiedot.

Työn tuloksena syntyneeseen hitsauslokiin merkitään seuraavat kohdat:

- 1. Media:
Virtaava-aine.
- 2. Drawing:
Piirustusnumero.
- 3. Chemical Piping:
Kuuluuko putkistossa virtaava-aine kemikaalilain piiriin.
- 4. Weld ID:
Hitsin numero.
- 5. Type welding process:
Millä prosessilla hitsi tehty.
- 6. Type of Welding:
Onko kyseessä esivalmistus vai työmaahitsi
- 7. Type of joint:

Onko kysymyksessä päittäis-, istutus-, vai pienahitsi

- 8. Dimension/Wall thickness:
Hitsattavien osien halkaisija ja seinämävahvuus [mm]
- 9. Material:
Hitsattavien osien materiaali
- 10. PED:
Putkiston PED- luokitus
- 11. Material Group:
Mihin materiaaliluokkaan materiaali kuuluu.
- 12. Electrode wire:
Hitsauksessa käytettävän lisäaineen tyyppi.
- 13. Electrode wire heat nro.:
Hitsauksessa käytettävän lisäaineen sulatenumero.
- 14. Welding date:
Hitsauspäivämäärä.
- 15. Welder ID:
Hitsauksen tekevän henkilön pätevyystodistuksen tunnus.
- 16. WPS:
Minkä hitsausohjeen mukaan hitsaus tehdään
- 17. WPQR:
Asiakirja, jonka pohjalta WPS on laadittu.
- 18. Welded Item 1:
Hitsin ensimmäinen yhteenliitettävä osa.
- 19. Heat nr. 1:
Ensimmäisen yhteenliitettävän osan sulatenumero
- 20. Welded Item 2:
Hitsin toinen yhteenliitettävä osa.
- 21. Heat nr. 2:
Toisen yhteenliitettävän osan sulatenumero.
- 22. VT inspection %:
Visuaalinen tarkastusprosentti.
- 23. Date of testing:
Päivämäärä, jolloin visuaalinen tarkastus suoritettu.
- 24. VT Test result:
Visuaalisen tarkastuksen tulos.
- 25. VT NDT Person:
Henkilön nimi, joka suorittanut visuaalisen tarkastelun
- 26. RT/UT Inspection %:
RT/UT tarkastuslaajuus prosentti.
- 27. Date of testing RT:
Päivämäärä, jolloin RT-tarkastus suoritettu.
- 28. RT Report Nro.:
RT-tarkastuspöytäkirjan tunnus.
- 29. RT Test result:
RT-tarkastuksen tulos.
- 30. RT Extension Seam 1:

- Lisätarkastuksen ensimmäinen hitsi.
- 31. RT Extension Seam 2:
 - Lisätarkastuksen toinen hitsi.
- 32. Date of testing No 1:
 - Lisätarkastuksen päivämäärä
- 33. Date of testing No 2:
 - Lisätarkastuksen päivämäärä
- 34. MT/PT Inspection %:
 - MT/PT-tarkastuslaajuus prosentti.
- 35. MT/PT Date of testing:
 - Päivämäärä, jolloin MT/PT-tarkastus suoritettu.
- 36. MT/PT NDT Report:
 - MT/PT-tarkastuspöytäkirjan tunnus
- 37. MT/PT Test result:
 - MT/PT-tarkastuksen tulos.
- 38. MT/PT Extension seam. 1:
 - Lisätarkastuksen ensimmäinen hitsi.
- 39. MT/PT Extension seam. 2:
 - Lisätarkastuksen toinen hitsi.
- 40. Date of testing no. 1:
 - Lisätarkastuksen päivämäärä.
- 41. Date of testing no. 2:
 - Lisätarkastuksen päivämäärä.
- 42. UT Date of testing:
 - UT-tarkastuspäivämäärä.
- 43. UT NDT Report:
 - UT-tarkastuspöytäkirjan tunnus.
- 44. UT Test result:
 - UT-tarkastuksen tulos.
- 45. UT Extension Seam 1:
 - Lisätarkastuksen ensimmäinen hitsi.
- 46. UT Extension Seam 2:
 - Lisätarkastuksen toinen hitsi.
- 47. Date of Testing Nro. 1:
 - Lisätarkastuksen päivämäärä.
- 48. Date of Testing Nro. 2:
 - Lisätarkastuksen päivämäärä.
- 49. Pre-heating:
 - Hitsin esilämmityspöytäkirjan tunnus.
- 50. PHWT:
 - Hitsin jälkilämpökäsittelypöytäkirjan tunnus.

5.2 Edistymän seuranta

Projektin edistymän seurantatyökalu on tärkeä sekä yritykselle itselleen että tilaajayritykselle. Projektiin suunnitellut työkuvat (kts. kohta 4.5) on suunniteltu siten, että jokainen hitsi on numeroitu ja työkuviin tehty työsuunnittelu niin, että ne ovat jakautuneet työmaahitseiksi (Tfield) tai pajahitseiksi (Tshop). Näin voidaan seurata edistymää esivalmistuksessa ja työmaalla. Edistymän seurantaan liittyvät tiedot seurantatyökalu kerää hitsauslokin sarakkeista, joita ovat type of welding, dimension (inches) ja welding week. Näistä tiedoista voidaan koostaa seurantaprosentti, joka jakaa tiedon työmaasaumoihin ja pajasaumoihin. Taulukossa 6 on havainnollistettu edistymän toteutuminen, eli kuinka paljon esimerkiksi viikolla 28 on hitsituumia syntynyt. Valmistajayritys voi kätevästi seurata projektin etenemistä ja raportoida tilaajayritykselle valmistuksen etenemäprosenttia.

Taulukko 6 Edistymän seuranta

Riviotsikot	Hitsattavat tuumat	Prosenttia
Tfield	367	20,94 %
28	24	6,54 %
Tekemättä	343	93,46 %
Tshop	1385,75	79,06 %
2	168	12,12 %
3	18	1,30 %
4	19	1,37 %
5	76	5,48 %
6	118	8,52 %
7	60	4,33 %
11	0,5	0,04 %
13	12	0,87 %
14	82,75	5,97 %
16	70	5,05 %
17	22	1,59 %
18	24	1,73 %
19	2	0,14 %
22	456	32,91 %
26	128	9,24 %
27	96	6,93 %
28	20	1,44 %
Tekemättä	13,5	0,97 %
Kaikki yhteensä	1752,75	100,00 %

5.3 Projektin tarkastuslaajuuden täyttyminen ja seuranta

Kuten jo teoriaosuudesta käy ilmi, tulee valmistajan noudattaa painelaiteputkiston valmistuksessa 2014/68/EU- direktiiviä, mikäli käyttöpaine (PS) ylittää 0,5 bar. Direktiivi edellyttää, että painetta kantavat hitsit tarkastetaan putkiston luokituksen tarkastuslaajuuden mukaan. Standardin SFS-EN 13480-5:2017. Metalliset teollisuusputkistot. Osa 5: tarkastus ja testaus: taulukon 8.2–1 mukaan tehty NDT-tarkastukset kattavat putkiston valmistuksessa tarvittavan laajuuden. Hitsauslokkissa oleva tarkastusohje nojaa edellä mainittuun standardiin. Taulukossa 7 edellä mainitun standardin mukaan tehty tarkastusohje tarkastuslaajuuden noudattamiseen.

Taulukko 7. Tarkastusohje

Materiaaliryhmä	Luokka	Kaikki hitsit VT %	Kehähitsit	[BW]	Yhdehitsit	[BCWO]	Pienahitsit	[FW]	
			Pintatarkastus MT/PT	umetrinen tarkas RT/UT	Pintatarkastus MT/PT	umetrinen tarkas RT/UT	Pintatarkastus MT/PT		
1.1	I	100	0	5	0	0	0		
1.2	II	100	(5) ^{fg}		(10) ^g	(5) ^{fg}	0	0	
8.1	III	100	(5) ^{fg}	10	10	>DN100, >s=15mm	10		
1.3, 1.4, 1.5, 2.1, 2.2, 4.1, 4.2, 5.1, 8.2, 8.3, 9.1, 9.2, 9.3, 10., 10.2	I	100	s<30=5	10	10 (25d) g	0	Jos ei ^e =0		
	s>30=10		10	Jos ^e =10					
	II		s<30=5	10		>DN100, >s=15mm	25		
	III		s>30=10	10					
3.1, 3.2, 3.3, 5.3, 5.4, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 7.1, 7.2	I	100	s<30=10	25	25	N100, >s=15mm	25		
	II		s>30=25	25					
			s<30=10	25					
	III		s>30=25	25 (25d) ^{fg}	100	N100, >s=15mm	100		
			s<30=100	25 (100d) ^{fg}					
			s>30=100	25 (100d) ^{fg}					
d= Lisättestaus hitsin poikittaisille virheille hitsin pinnasta suoritettuna (ks. EN ISO 17640:2010, tarkastustaso C)									
e= Vain jos jälkilämpökäsittely on tehty.									
f= Suluissa olevaa arvoa käytetään putkistoille, joissa viruminen tai väsyminen on määräävä tekijä suunnittelussa.									
g= Suluissa olevaa arvoa käytetään putkistoille, joille tehdään kaasupaine paineella, joka on 1,1-kertaa suurin sallittu käyttäpaine.									

5.4 NDT-laajuuden seuranta

Jos rikkomattoman aineenkoetuksen laajuus on alle 100 % on hitsit tutkittava satunnaistarkastuksen avulla. Satunnaistarkastuksen laajuus prosentteina on esitetty edellä taulukossa 7. Satunnaistarkastuslaajuusprosentin on standardin EN 13480-5:2017 mukaisesti oltava jokaista hitsausryhmää edustavia ja satunnaisesti valittuja. Hitsiryhmä on määritelty standardissa hitsien joukoksi, jonka sama hitsaaja tai hitsausoperaattori on hitsannut yhden tietyn hitsausohjeen mukaan. Satunnainen valinta taas tarkoittaa sitä, että hitsien määritelmä on tehtävä satunnaisesti. Satunnaisuuden varmistamisesta ei kuitenkaan ole annettu erillistä ohjeistusta.

Satunnaistarkastusvaatimusten perusteella on hitsauslokipissa varmistettava, että satunnaistarkastuslaajuus täyttyy standardin vaatimusten mukaisesti jokaisessa hitsiryhmässä. Hitsauslokin on siis tunnistettava paitsi NDT-menetelmä (pintatarkastuksessa MT tai PT ja volumetrisessä tarkastuksessa RT tai UT), niin myös hitsaaja ja hitsausohje. Tilaaja saattaa esittää edellä mainittujen lisäksi muitakin rajoituksia hitsiryhmään esimerkiksi väliaineen perusteella.

Käytännössä on ensin siis tunnistettava jokaisen hitsin satunnaistarkastuslaajuus ja se on esitetty kappaleen alussa mainitussa EN 13480-5:2017 taulukko 7. Tämän jälkeen hitsauslokin on tunnistettava ja koottava yhteen kaikki samassa hitsiryhmässä olevat hitsit. Kun yhdistetään tieto hitsiryhmän kokonaishitsien määrästä ja satunnaistarkastuslaajuudesta, saadaan selvitettyä sekä tarvittavat testaukset että niiden määrä.

Jos esimerkiksi projektin hitseistä on hitsaaja 1 hitsannut hitsausohjeella A 100 hitsiä ja niille on vaadittu 5 % volumetrinen tarkastus, on lokin tunnistettava edellä mainitut 100 hitsiä ja varmistettava, että niistä vähintään viidelle on tehty RT tai UT.

6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tuloksena syntyi käyttökelpoinen hitsausloki, jota käyttämällä on mahdollista tehdä painelaitelain dokumentaatiolle asettamien vaatimustenmukaisen hitsauksen seurannan ja osoittaa lopputarkastuksen yhteydessä sen, että tehty työ ja dokumentointi keskustelevat keskenään ja vahvistavat tietojen paikkansa pitävyyden.

Lokin avulla kaikki hitsausliitoksen liittyvä dokumentaatio ja kohdistaminen on mahdollista. Hitsausloki olen jo käyttänyt käytännössä pienten projektien dokumentaation hallintaan ja todennut, että se on käyttökelpoinen ja tulevaisuudessa siihen voi tehdä lisää työkaluja tarpeiden ja käyttäjien toiveiden ja tarpeiden mukaan. Opinnäytetyön aihe oli mielekäs mutta samalla haastava, koska suurin osa lähdetiedoista oli vaikeasti tulkittavien standardien takana. Mutta tästä työstä kehittyi samalla opintomatka painelaittevalmistamisen maailmaan ja kehitti tekijää laatudokumentation pariin.

7 LÄHTEET

Finlex. (2016). Painelaitelaki 1144/2016. Haettu 26.10.2022 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161144#L3>

Finlex. (2016). Painelaitelaki 1144/2016. Haettu 23.10 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161144#L2>

Kauppi, T. 2019. Haettu 25.10.2022 Hitsien rikkomaton aineenkoetus. Hitsaustekniikka. 71 (3), 6–12

Kemppi Oy. (n.d.) Mitä hitsaus on? Haettu 30.10.2022 osoitteesta <https://www.kemppi.com/fi-FI/tuki/hitsausaapinen/mita-hitsaus-on/>

Kemppi Oy. (n.d.) Tig-hitsaus. Haettu 30.10.2022 <https://www.kemppi.com/fi-FI/tuki/hitsausaapinen/tighitsaus>

Kemppi. (n.d.) Puikkohitsaus. Haettu 30.10.2022 <https://www.kemppi.com/fi-FI/tuki/hitsausaapinen/puikkohitsaus/>

Kemppi. (n.d.) Mig/Mag-hitsaus. Haettu 30.10.2022 <https://www.kemppi.com/fi-FI/tuki/hitsausaapinen/mig-maghitsaus/>

Painelaitedirektiivi (2014). Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/68/EU. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0068&from=fi>

PSK Standardisointiyhdistys ry. (2020). Painelaitteiden suunnittelu, hankinta ja valmistus. 8.painos. Copy-Set Oy, Helsinki 2020

SFS- EN ISO 3824-2. (2021) Metallien sulahitsauksen laatuvaatimukset. Osa 2: Kat-
tavat laatuvaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. [https://on-
line.sfs.fi/fi/index.html.stx](https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx)

SFS- EN 13480-5. (2017). Metallien sulahitsauksen laatuvaatimukset. Osa 5: Tarkas-
tus ja testaus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. [https://online.sfs.fi/fi/in-
dex.html.stx](https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx)

SFS- EN 13480-3. (2017) Metalliset teollisuusputkistot. Osa 3: Suunnittelu ja laskenta.
Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS- EN 13480-2. (2017). Metalliset teollisuusputkistot. Osa 2: Materiaalit. Helsinki:
Suomen Standardisoimisliitto. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS- EN 10253-4. (2008). Päittäishitsattavat putkenosat. Osa 4: Toimituseräkohtai-
sesti tarkastettavat austeniittiset ja austeniittiset-ferriittiset (duplex) teräkset. Helsinki:
Suomen Standardisoimisliitto. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS- EN ISO 9606-1. (2017). Hitsaajan pätevyyskoe. Sulahitsaus. Osa 1: Teräkset.
Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS- EN ISO 15607. (2019). Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Yleisoh-
jeet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS- EN ISO 17663. (2009). Hitsaus. Hitsauksen ja sen lähiprosessien yhteydessä
suoritettavan lämpökäsittelyn laatuvaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimis-
liitto. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS- EN ISO 9712. (2022). Non- destructive testing. Qualification and certification of NDT personnel. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

Tukes. (2022). Painelaitteiden suunnittelu, valmistus ja vaatimustenmukaisuuden arviointi. <https://tukes.fi/tietoa-tukesista/materiaalit/painelaitteet/painelaitteiden-suunnittelu-valmistus-ja-vaatimustenmukaisuuden-arviointi#painelaitteiden-ja-laitekokonaisuuksien-suunnittelu-ja-valmistus-seka-vaatimustenmukaisuuden-arviointi>

Valtioneuvoston asetus painelaitteista. (2016). Vna 1548/2016. <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161548>

8 LIITTEET

Liite 1. Excel- taulukon havainnollistamiskuva

Liite 2. Excel- taulukon havainnollistamiskuva

Liite 3. Excel- taulukon havainnollistamiskuva

8.1 LITE 1

Media	Drawing	Chemical Piping	Weld ID	Type welding Process	Type of Welding	Type of Joint	Dimension/Val Indentness	Material	PED	Mat. Group	Electrode-wire	Electrode-wire heat no.	Welding date	Weld week	WELDER ID	VPS	VPQR
HWP	MF00326624	No	1	T41	Talop	BW	273x6.3	P235GH	■	11	ESAB Tigid 13.09	PVW48057534	8.4.2022	14	DK-81	PTP-WPS t4112-REVA	H1831, H18368
HWP	MF00326624	No	2	T41	Talop	BW	273x6.3	P235GH	■	11	ESAB Tigid 13.09	PVW48057534	8.4.2022	14	DK-81	PTP-WPS t4112-REVA	H1831, H18368
HWP	MF00326624	No	3	T41	Talop	BW	508x11	P235GH	■	11	ESAB Tigid 13.09	PVW48057534	8.4.2022	14	DK-81	PTP-WPS t4112-REVA	H1831, H18368
HWP	MF00326624	No	4	T41	Talop	BW	508x11	P235GH	■	11	ESAB Tigid 13.09	PVW48057534	25.4.2022	17	DK-81	PTP-WPS t4112-REVA	H1831, H18368
HWP	MF00326624	No	5	T41	Tield	BW	508x11	P235GH	■	11	ESAB Tigid 13.09	Telenalia	21.4.2022	16	DK-81	PTP-WPS t4112-REVA	H1831, H18368
HWP	MF00326624	No	6	T41	Talop	BCMD	273x6.3	P235GH	■	11	ESAB Tigid 13.09					PTP-WPS t4112-REVA	H1831, H18368
HWP	MF00326624	No	7	T41	Talop	FW	273x11	P235GH	■	11	ESAB Tigid 13.09	PVW48057534	21.4.2022	16	DK-81	PTP-WPS t4112-REVA	H1831, H18368
HWP	MF00326624	No	8	T41	Talop	BW	273x6.3	P235GH	■	11	ESAB Tigid 13.09	PVW48057534	21.4.2022	16	DK-81	PTP-WPS t4112-REVA	H1831, H18368
HWP	MF00326624	No	9	T41	Talop	BCMD	60.3x2.9	P235GH	■	11	ESAB Tigid 13.09	PVW48057534	7.4.2022	14	DK-81	PTP-WPS t4112-REVA	H1831, H18368
HWP	MF00326624	No	9A	T41	Talop	FW	60.3x2.9	P235GH	■	11	ESAB Tigid 13.09	PVW48057534	11.5.2022	19	DK-81	PTP-WPS t4112-REVA	H1831, H18368
HWP	MF00326624	No	10	T41	Talop	BW	60.3x2.9	P235GH	■	11	ESAB Tigid 13.09	PVW48057534	25.4.2022	17	DK-81	PTP-WPS t4112-REVA	H1831, H18368
HWP	MF00326624	No	11	T41	Talop	BCMD	26.3x2.0	P235GH	■	11	ESAB Tigid 13.09	PVW48057534	7.4.2022	14	DK-81	PTP-WPS t4112-REVA	H1831, H18368
HWP	MF00326624	No	12	T41	Talop	BCMD	26.3x2.0	P235GH	■	11	ESAB Tigid 13.09	Telenalia		14	DK-81	PTP-WPS t4112-REVA	H1831, H18368
HWP	MF00326624	No	13	T41	Talop	BCMD	26.3x2.0	P235GH	■	11	ESAB Tigid 13.09					PTP-WPS t4112-REVA	H1831, H18368
HWP	MF00326624	No	13A	T41	Talop	BW	508x11	P235GH	■	11	ESAB Tigid 13.09	PVW48057534	4.6.2022	14	DK-81	PTP-WPS t4112-REVA	H1831, H18368
HWP	MF00326624	No	14	T41	Talop	BW	508x11	P235GH	■	11	ESAB Tigid 13.09	PVW48057534	13.4.2022	16	DK-81	PTP-WPS t4112-REVA	H1831, H18368
HWP	MF00326624	No	15	T41	Talop	BW	508x11	P235GH	■	11	ESAB Tigid 13.09	PVW48057534	13.4.2022	16	DK-81	PTP-WPS t4112-REVA	H1831, H18368
HWP	MF00326624	No	16	T41	Talop	BW	508x11	P235GH	■	11	ESAB Tigid 13.09	PVW48057534	16.7.2022	28	VAS-36	PTP-WPS t4112-REVA	H1831, H18368
HWP	MF00326624	No	17	T41	Talop	BW	508x11	P235GH	■	11	ESAB Tigid 13.09	PVW48057534	2.5.2022	18	DK-81	PTP-WPS t4112-REVA	H1831, H18368
HWP	MF00326624	No	18	T41	Talop	BW	603x17.5	P235GH	■	11	ESAB Tigid 13.09	PVW39553911	4.6.2022	28	BF	PTP-WPS t4112-REVA	H1831, H18368
HWP	MF00326624	No	19	T41	Tield	BW	603x17.5	P235GH	■	11	ESAB Tigid 13.09						

Welded Item 1	Heat nr.	Welded Item 2	Heat nr.2	VT inspection %	Date of testing	VT Test Result	VT NDT Person	RT/UT Inspection %	Date of testing RT	RT NDT Report	RT Test Result	RT Extension Seam No.1	RT Extension Seam No.2	Date of testing no1	Date of testing no2
FLANGE	2483	TUBE	910026	100	8.4.2022	OK	Jukka Valve	10%							
TUBE	910026	REDUCER	882280	100	8.4.2022	OK	Jukka Valve	10%							
REDUCER	891602	TUBE	910026	100	8.4.2022	OK	Jukka Valve	10%	22.6.2022	D197687 (UT)	OK				
TUBE	910026	ELBOW	F25J9	100	25.4.2022	OK	Jukka Valve	10%	22.6.2022	D197687 (UT)	OK				
ELBOW	F25J9	TUBE	889662	100				10%							
TUBE	889662	TUBE	1214530	100	18.4.2022	OK	Jukka Valve	-							
TUBE	889662	PLATE	889662	100	7.4.2022	OK	Jukka Valve	-							
TUBE	1214530	FLANGE	9565	100	21.4.2022	OK	Jukka Valve	10%							
TUBE	889662	TUBE	1214771	100	7.4.2022	OK	Jukka Valve	-							
TUBE	889662	PLATE	889662	100	11.5.2022	OK	Jukka Valve	-							
TUBE	1214771	FLANGE	5562	100	25.4.2022	OK	Jukka Valve	10%							
TUBE	889662	SOCKET	402000	100	7.4.2022	OK	Jukka Valve	-							
SOCKET	402000	THERMOWELL		100				-							
TUBE	889662	TUBE	889662	100	5.4.2022	OK	Jukka Valve	10%							
TUBE	889662	ELBOW	F25J9	100	4.4.2022	OK	Jukka Valve	10%							
ELBOW	F25J9	TUBE	889662	100	19.4.2022	OK	Jukka Valve	10%	2.6.2022	D195155 (UT)	OK				
TUBE	889662	ELBOW	F25J9	100	19.4.2022	OK	Jukka Valve	10%							
ELBOW	F25J9	TEE	686383	100	16.7.2022	OK	Jussi Kiuru	10%							
TEE	686383	CAP	486157	100	2.5.2022	OK	Jukka Valve	10%							
TEE	686383			100	11.7.2022	OK	Jussi Kiuru	10%							

8.2 LIITE 2

MIT/PT Inspection %	MIT/PT Date of testing	MIT/PT NDT Report	MIT/PT Test Result	MIT/PT Extension Scan No.1	MIT/PT Extension Scan No.2	Date of testing no1	Date of testing no2	UT Date of testing	UT NDT Report	UT Test Result	UT Extension Scan No.1	UT Extension Scan No.2	Date of testing no1	Date of testing no2	PRE Heating	PVHT
-								22.6.2022	D197687	OK						
-								22.6.2022	D197687	OK						
-																
10%	8.4.2022	D189112	OK													
10%	3.5.2022	D192157	OK													
-																
10%	8.4.2022	D189112	OK													
10%	17.5.2022	D194319	OK													
-																
10%																
10%																
10%																
-																
-								2.6.2022	D195155	OK						
-																
-																
-																
-																
-																

8.3 LIITE 3