



## **TIIVISTELMÄ**

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT

School of Energy Systems

Energiatekniikka

Juho Uski

### **Kattilalaitetekonaisuuden vaatimustenmukaisuuden arviointi painelaitedirektiivin mukaisesti**

Diplomityö 2020

Tarkastaja(t): Professori TkT Esa Vakkilainen, LUT University

DI Kari Luostarinen, LUT University

Ohjaaja: Johtava asiantuntija DI Juha Purje, Inspecta Tarkastus Oy

84 sivua, 8 taulukkoa

Hakusanat: Panielaitedirektiivi 2014/68/EU, PED, kattilalaitetekonaisuus, vaatimustenmukaisuus, höyrykattila, höyrynkehitin

Työssä käydään läpi painelaitedirektiivin 2014/68/EU olennaiset turvallisuusvaatimukset sekä annetaan esimerkkejä vaatimusten täyttämiseksi kattilalaitetekonaisuuksien suunnitteluun, valmistukseen ja vaatimustenmukaisuuden arviointiin liittyen. Työssä syvennyttään myös painelaitedirektiivin sekä sen yhdenmukaistettujen standardien asettamiin teknisiin vaatimuksiin. Työ antaa yleisen ohjeen PED:n olennaisten turvallisuusvaatimusten täyttämiseksi kattilalaitetekonaisuuksien valmistajien ja niiden vaatimustenmukaisuuden arviointia suorittavien ilmoitettujen laitosten henkilöstön avuksi.

## **ABSTRACT**

Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT  
School of Energy Systems  
Energy Technology

Juho Uski

**Conformity assessment of boiler assembly according to Pressure equipment directive**  
Master's thesis 2020

Reviser(s): Professor Ph.D. (Tech) Esa Vakkilainen, LUT University  
M.Sc. (Tech) Kari Luostarinen, LUT University

Instructor: Chief Specialist M.Sc. (Tech) Juha Purje, Inspecta Tarkastus Oy

84 pages, 8 tables

Keywords: Pressure Equipment Directive 2014/68/EU, PED, boiler assembly, conformity, steam boiler, steam generator

This work introduces the essential safety requirements of the Directive 2014/68/EU of the European parliament and of the council related to boiler assemblies and gives examples to fulfill them. This work also covers the technical requirements of PED and its related harmonized standards regarding the design and manufacturing of boiler assemblies. This work gives also general instructions for manufacturers and for notified bodies, which carry out conformity assessments procedures related to boiler assemblies.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

## SISÄLLYSLUETTELO

## SYMBOLILUETTELO

1	JOHDANTO .....	1
2	KATTILAT .....	2
2.1	Kattilatyytit .....	2
2.1.1	Luonnonkiertokattilat .....	2
2.1.2	Pakkokierto-kattilat .....	5
2.1.3	Läpivirtauskattilat .....	6
2.2	Kattilan lämpötekni- nen suunnittelu .....	8
2.2.1	Lämpötekni- sen mitoituksen periaatteet .....	9
2.2.2	Lämmönsiir- rin tyytit ja lämpöteho .....	10
2.3	Mekaaninen suunnittelu .....	11
2.3.1	Lujuustekni- nen mitoitus .....	12
2.3.2	Suunnittelu, laskenta- ja koepaineet .....	13
2.3.3	Laskentalämpötila ja nimellinen suunnittelujännitys .....	14
2.3.4	Muita suunnitteluvaatimuksia .....	17
3	PAINELAITEDIREKTIIVI .....	18
3.1	Painelaitteiden luokitus .....	19
3.2	Vaaran ja riskien arviointi .....	21
3.3	Olellaiset turvallisuusvaatimukset .....	22
3.4	Vaatimusten mukaisuus: yhdenmukaistetut standardit .....	24
3.5	Vaatimusten mukaisuus: muut mahdollisuudet .....	26
3.6	Vaatimusten mukaisuuden arviointimenettelyt .....	27
3.7	Ilmoitettu laitos .....	30
3.8	Painelaitteen suunnitelmatarkastus, moduuli G .....	31
3.8.1	Tekniset asiakirjat .....	31
3.8.2	Suunnitelman arviointi .....	32
3.9	Painelaitteen lopputarkastus, moduuli G .....	34
3.9.1	Materiaalit .....	34
3.9.2	Hitsauksen henkilö-pätevyys .....	39
3.9.3	Hitsausohjeiden hyväksyntä .....	42
3.9.4	Paineenalaisten osien muovaus .....	45
3.9.5	Lämpökäsittely .....	47
3.9.6	Rikkomaton aineen- koetus .....	49
3.9.7	NDT- henkilö- stön pätevyys .....	53
3.9.8	Painekoe .....	55
3.10	CE-merkintä ja kilpi .....	57

3.11	Käyttöohjeet.....	59
3.12	Vaatimustenmukaisuustodistus ja -vakuutus .....	60
4	KATTILALAITTEKOKONAISUUS .....	62
4.1	Kattilalaittekokonaisuuden painelaitteet.....	63
4.2	Vaaran ja riskien arviointi .....	64
4.3	Suojalaitteet .....	65
4.3.1	Suoraan painetta rajoittavat varolaitteet .....	66
4.3.2	Rajoitinlaitteet .....	69
4.3.3	Valvontalaitteet.....	70
4.4	Käyttöohjeet .....	71
4.5	Laittekokonaisuuden CE-merkintä ja kilpi.....	72
5	MUUT LIITTYVÄT DIREKTIIVIT JA VAATIMUKSET .....	73
6	CASE HÖYRYNKEHITIN VS VOIMALAITOKSEN HÖYRYKATTILA.....	74
7	POHDINTA .....	76
8	YHTEENVETO .....	79
	LÄHTEET .....	81

## **KUVALUETTELO**

Kuva 1	Luonnonkiertokattila ja sen pääosat.....	3
Kuva 2	Pakkokiertokattilan toimintaperiaate .....	6
Kuva 3	Muuttuvan höyrystymispisteen läpivirtauskattila .....	7
Kuva 4	Kattilan lämpöpinnat ja niiden sijoittelu .....	8
Kuva 5	Kattilarakennuksen teräsrakenne .....	11
Kuva 6	Ripustetun kattilan rakenne.....	12
Kuva 7	Yleisperiaate valmistajan määritettäviin olennaisiin .....	26
Kuva 8	Toimitusketjun ja vaatimustenmukaisuus.....	28
Kuva 9	Materiaalien ainestodistuks .....	39
Kuva 10	Painelaitteen kilpi.....	58
Kuva 11	CE-merkintä .....	59
Kuva 12	Varoventtiili sekä siihen.....	67
Kuva 13	Pinnan korkeuden osoitin .....	71

## SYMBOLILUETTELO

$p$	<i>paine</i>	<i>bar, Pa</i>
$p_a$	<i>dynaaminen vastapaine varoventtiilin takana</i>	<i>bar</i>
$p_s$	<i>veden paine kyllästymislämpötilassa</i>	<i>bar</i>
$p_{set}$	<i>varoventtiilin asetuspain</i>	<i>bar</i>
$\Delta p_{over}$	<i>varoventtiilin asetus- ja avautumispaineen ero</i>	<i>bar</i>
$p_a$	<i>varoventtiilin ulostulossa vallitseva vastapaine</i>	<i>bar</i>
$p_0$	<i>mitoituksessa käytettävä absoluuttinen paine</i>	<i>bar</i>
$A_0$	<i>varoventtiilin puhallusaukon min. poikkipinta-ala</i>	<i>mm<sup>2</sup></i>
$q_m$	<i>höyryn massavirta</i>	<i>kg/s, kg/h</i>
$k$	<i>höyryn isentrooppinen eksponentti</i>	<i>-</i>
$T$	<i>suojuuttavan järjestelmän väliaineen lämpötila</i>	<i>°C, K</i>
$a_w$	<i>varoventtiilin varmennettu ulospuhalluskerroin</i>	<i>-</i>
$\Psi$	<i>väliaineen ulosvirtauksen vaikutuskerroin</i>	<i>-</i>
$v$	<i>ulospuhallettavan höyryn ominaistilavuus</i>	<i>m<sup>3</sup>/kg</i>
$x$	<i>ulospuhallettavan väliaineen kerroin</i>	<i>h mm<sup>2</sup> bar/kg</i>
$p_d$	<i>kattilan suunnittelupaine</i>	<i>MPa</i>
$p_c$	<i>kattilan laskentapaine</i>	<i>MPa</i>
$PS$	<i>kattilan suurin sallittu paine</i>	<i>bar</i>

### Kreikkalaiset

$\lambda$	<i>lämmönjohtavuus</i>	<i>W/mK</i>
$\rho$	<i>tiheys</i>	<i>kg/m<sup>3</sup></i>

### Alaindeksit

*kriit kriittinen*

## 1 JOHDANTO

Työssä perehdytään Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2014/68/EU eli painelaitedirektiivin vaatimuksiin kattilalaitetekonaisuuden valmistajan ja vaatimustenmukaisuuden arviointia suorittavan ilmoitetun laitoksen näkökulmasta. Työssä käydään läpi lyhyesti erilaisia kattilatyyppejä sekä kattiloiden lämpötekniiseen ja mekaaniseen suunnitteluun liittyviä asioita. Panielaitedirektiivin vaatimuksia avataan yleisellä tasolla, kuten painelaitteiden luokitukseen liittyen sekä tarkennetaan spesifejä kattilalaitetekonaisuuteen liittyviä vaatimuksia. Työssä esitetään esimerkki vaatimustenmukaisuuden arviointimenetelystä painelaitedirektiivin moduulin G mukaisesti ja pureudutaan sen sisältämään tekniseen sisältöön. Lisäksi työssä tehdään vertailu vaatimusten näkökulmasta eri kokoluokkaa edustaville kattilalaitetekonaisuuksille.

Tavoitteena on tuoda esille kattilalaitetekonaisuuksia koskevat painelaitedirektiivin mukaiset olennaiset turvallisuusvaatimukset ja muodostaa runko niiden täyttämiseksi kattilalaitetekonaisuuksien valmistajille sekä vaatimustenmukaisuuden arviointia suorittaville ilmoitetuille laitoksille. Lisäksi tavoitteena on antaa käsitys painelaitedirektiivin sekä siihen liittyvien yhdenmukaistettujen standardien monimuotoisista vaatimuksista painelaitteen ja niistä muodostuvien laitekonaisuuksien suunnitteluun ja valmistukseen liittyen. Työllä pyritään antamaan kohdennettuja työkaluja kattilalaitetekonaisuuksien vaatimustenmukaisuuden arviointia suorittaville henkilöille sekä laitekonaisuuksien valmistajille ja vähentämään säädöstekstin lukemiseen olennaisesti liittyviä tulkinnallisia haasteita.

Työ rajataan koskemaan ainoastaan painelaitedirektiivin olennaisia turvallisuusvaatimuksia ja niiden täyttämistä kattilalaitetekonaisuuksien valmistamisen ja vaatimustenmukaisuuden arvioinnin osalta, eikä esimerkiksi muita EU:n yhdenmukaistamislainsäädännön mukaisten direktiivien vaatimuksia oteta työssä huomioon. Työssä kuitenkin listataan lyhyesti muita erityisesti valmistajaa koskevia vaatimuksia kattilalaitetekonaisuutta saatettaessa markkinoille. Ilmoitetun laitoksen rooli kohdennetaan pelkästään painelaitedirektiivin mukaiseen ilmoitetun laitoksen arviointityöhön.

## 2 KATTILAT

### 2.1 Kattilatyypit

Kattilat voidaan jaotella niiden ominaispiirteiden mukaisesti usealla eri tavalla. Tyypillisesti vesikiertoiset kattilat jaotellaan niiden käyttötarkoituksen mukaisesti kuumavesi- tai höyrykattiloiksi. Tällöin määräävänä tekijänä on siis vesi-(höyry)piirissä virtaavan aineen olomuoto. Virtaava aine voi olla myös joku muu kuin vesi, kuten kuumaöljy.

Toisaalta jaottelu voi myös perustua kattilan rakenteellisiin ominaisuuksiin. Tällöin perusjaottelu on vesiputki- ja tulitorvikattilat eli suurvesitilakattilat. Lisäksi kattilat voidaan jaotella niiden tulipesä-/ savukaasupuolen ominaisuuksien mukaisesti esimerkiksi arina-, leiju- tai kiertopetikattiloihin. Tässä työssä keskitytään vesi-höyryjärjestelmän mukaisesti jaoteltuihin vesiputkirakenteisiin höyrykattiloihin.

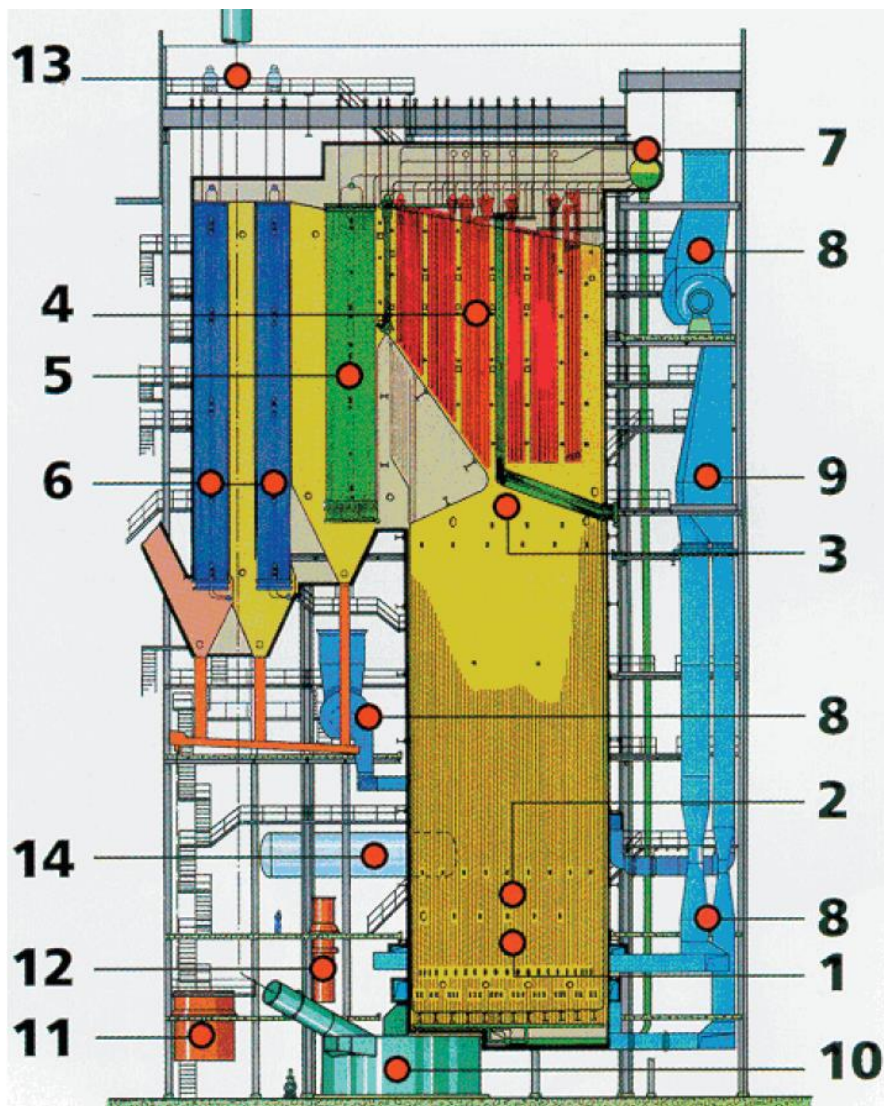
#### 2.1.1 Luonnonkiertokattilat

Luonnonkiertokattilan toiminta ja veden kierto kattilassa perustuu veden ominaisuuksien vaihteluun paineen ja lämpötilan muuttuessa. Veden kierto aikaansaadaan luonnollisen kierroksen avulla, joka perustuu lieriöstä lähtevien laskuputkien ja höyrystimen sisällä virtaavan veden / vesihöyryn väliseen tiheyseroon. Tästä syystä fysiikan lait asettavat mitoituspaineen maksimille rajat, jolloin käytännössä mitoituspaine on maksimissaan 170 bar:a. Mitä lähemmäs tulistetun tuorehöyryn paine asettuu kriittistä painetta  $p_{\text{kriit.}} = 221$  bar, sitä heikommin kattilassa virtaava vesi kiertää. Tämä johtuu kattilassa eri olomuodoissa (neste ja kaasu) virtaavan veden tiheyksien kohtaamisesta. Toisin sanoen kriittisessä paineessa veden (neste) ja höyryn (kaasu) tiheys on sama, jolloin kattilan luonnollinen kierto ei toimi. (Huhtinen et al., 2000, s.114) Luonnonkiertokattiloiden omakäyttötehon tarve on pienempi verrattuna pakko- ja läpivirtauskattiloihin, koska veden kierrättämiseen ei tarvita omaa pumppua (Huhtinen et al., 2000, s.113-114).

Kuvassa 1 on esitetty tyypillisen yksilieriöisen luonnonkiertokattilan rakenne ja sen pääosat. Kuvan esimerkin kattila on tyypillinen selluteollisuuden keittokemikaalien talteenotossa ja



prosessihöyryn sekä -sähkön tuotannossa käytettävä soodakattila. Nykykäytössä soodakattiloita voidaan myös pitää tietyllä tapaa jätteenpolttokattiloina, niiden osallistuessa merkittäväällä panoksella myös selluntuotannosta syntyvien ympäristöpäästöjen ja -haittojen vähentämiseen.



Kuva 1 Luonnonkiertokattila ja sen pääosat (Vakkilainen, 2005, s.6-1)

Kuvassa 1 on esitetty tyypillisen luonnonkiertokattilan pääosat ja lämmönsiirtimet. Kuvan mukaisessa soodakattilassa on polttoaineen käsittelyyn ja keittokemikaalien talteenottoon liittyviä erityispiirteitä verrattuna tavalliseen luonnonkiertokattilaan, mutta vesi-höyrypiirin periaate on sama. Seuraavaksi käydään läpi kuvan mukaisen kattilan toimintaperiaatetta.

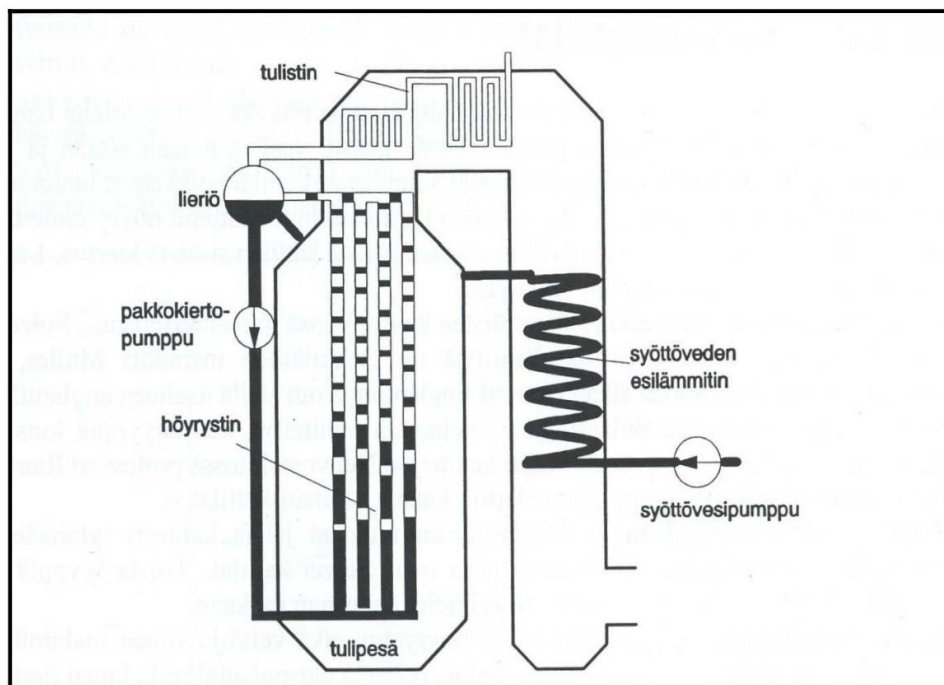
1. Esittää kuvassa tulipesän alempia osia, jotka valmistetaan pinnoitetusta komppoutuksesta paremman korroosionkestokyvyn takia. Kyseisellä alueella sijaitsee käynnistyspolttimien aukot sekä primääri- ja sekundääri-ilma-aukot.
2. Kuvataan aluetta, jossa sijaitsee lipeäsuuttimet eli mistä polttolipeä suihkutetaan kattilaan ja tertiääri-ilma-aukot.
3. Kuvaa verhoputkia (vihreällä piirretyt), jotka suojaavat suoraan yläpuolella sijaitsevia tulistinputkia esimerkiksi suoralta säteilylämmöltä ja toisaalta kattilan pohjaputkia ottaen vastaan kattilan yläosista irtoavia suolapaakkuja.
4. Kyseessä kattilan paneelitulistimet (punaisella piirretyt). Tulistimissa lieriöltä tuleva kylläinen höyry tulistetaan loppulämpötilaansa ja johdetaan päähöyrylinjaan. Tulistuksen avulla höyryn kosteus laskee nollaan, jolloin haitalliset vesipisararat häviävät höyryn seasta mikä taas pidentää mm. päähöyrylinjan ja turbiinin siivistön elinikää. Lisäksi tulistuksen avulla parannetaan kattilan hyötysuhdetta ja vähennetään lauhteen muodostumista höyryputkiin. (Teir, 2002, s. 7)
5. Kuvaa kattilan pystymallista keittopintaa, joka toimii tulipesän höyrystinputkien kanssa rinnakkain höyrystimenä. Lämmönsiirtyminen keittopinnassa tapahtuu pääosin konvektion avulla, koska tulipesän palotapahtumassa vapautuva säteilylämpö ei pääse kosketuksiin sen kanssa.
6. On kuvattuna kattilan ekonomaiserin(t). Ekonomaiserin eli syöttöveden esilämmittimen tehtävä on alentaa tulistuksen jälkeisten savukaasujen lämpötilaa ja toisaalta parantaa kattilan hyötysuhdetta. Syöttövesipumpuilla paineistettu vesi lämmitetään esilämmittimessä lähelle sen kyllästymislämpötilaa ja johdetaan sen jälkeen kattilan lieriöön.
7. Kuvaa kattilan lieriötä, jossa ekonomaiserista tuleva vesi johdetaan lieriön laskuputkiin ja sitä kautta kattilan tulipesän tai vastaavasti keittopinnan höyrystinputkien alapäähän. Veden ja vesihöyryn seos palaa höyrystyessään luonnonkierron voimin lieriöön, jossa muodostunut kylläinen höyry ja kylläinen vesi erottuvat toisistaan. Syntynyt höyry nousee lieriön yläosaan ja jatkaa sieltä pisaranerotimien kautta kohti tulistinputkia. (Huhtinen et al., 2000, s.117)
8. Kuvaa kattilan palamisilmapuhaltimia, joiden avulla palamisessa tarvittava ilma syötetään kattilaan.

9. Esittää kattilan palamisilman esilämmittimiä eli LUVO:ja (saksaksi Luftvorwärmer), joiden avulla palamisilman lämpötilaa nostetaan soodakattiloiden tapauksessa höyryn avulla. Tällä keinoin polttoaineen kosteutta saadaan alennettua, sen syttymistä ja palamisnopeutta parannettua. (Huhtinen et al., 2000, s.196)
10. Kuvaa soodakattilan liuotussäiliötä, jossa polttolipeän poltossa kattilan pohjalle syntyvään sulaan liuotetaan vettä, jolloin muodostuu niin sanottua viherlipeää. (Huhtinen et al., 2000, s.76)
11. On esillä mustalipeän sekoitussäiliö, jossa palamisessa syntyvää tuhkaa sekoitetaan polttoon menevän mustalipeän joukkoon. Syntyvää seosta kutsutaan polttolipeäksi.
12. Polttolipeän lämpötilaa hallitaan epäsuorasti toimivalla esilämmittimellä.
13. Esittää kuvassa Dolezal-lauhdutinta, jossa lieriöstä tulevaa höyryä lauhdutetaan syöttöveden avulla, ja syntyvää lauhdetta käytetään hyväksi tulistetun höyryn lämpötilan säädössä ruiskuttamalla sitä suoraan höyryn joukkoon. Tällä keinoin valmistettu ruiskutusvesi sisältää vähemmän epäpuhtauksia kuin suoraan syöttövedestä otettaessa, jolla taas on positiivisia vaikutuksia kattilan käyttöiälle.
14. Kuvaa kattilan syöttövesisäiliötä, josta vesi johdetaan syöttövesipumpuille.

### **2.1.2 Pakkokiertokattilat**

Pakkokiertokattila on perusrakenteeltaan hyvin samankaltainen luonnonkiertokattilan kanssa. Pakkokiertokattilassa veden kierto höyrystimessä kuitenkin perustuu erilliseen kiertopumppuun. Syöttövesi syötetään lieriöön esilämmitettynä kuten luonnonkiertokattilassa, ja lieriöstä lähtiessään vesi johdetaan pakkokiertopumppujen avulla höyrystimeen, josta vesi /höyryseos päätyy takaisin lieriöön. Lieriöstä kylläinen höyry jatkaa matkaansa tulistimille, aivan kuten luonnonkiertokattilassa. Pakkokierto mahdollistaa suurempien mitoituspaineiden käytön, sillä veden kierrätys lieriön ja höyrystimen välillä ei perustu pelkästään tiheyseroihin. Rajoittavan tekijänä tulee kuitenkin vastaan lieriössä tapahtuvan veden ja höyryn erottuminen, joka myös perustuu tiheyseroihin. Tästä syystä pakkokiertokattilat eivät myöskään sovellu ylikriittisiin paineisiin (>221bar), ja käytännössä tuorehöyryn paine virtaushäviöistä johtuen voi olla korkeimmillaan noin 190 bar:a. (Huhtinen et al., 2000, s.118-119)

Kuvassa 2 on esitetty pakkokierto-kattilan toimintaperiaate. Pakkokierto-kattiloita käytetään usein lämmöntalteenottokattiloina esimerkiksi kaasuturbiinien yhteydessä.



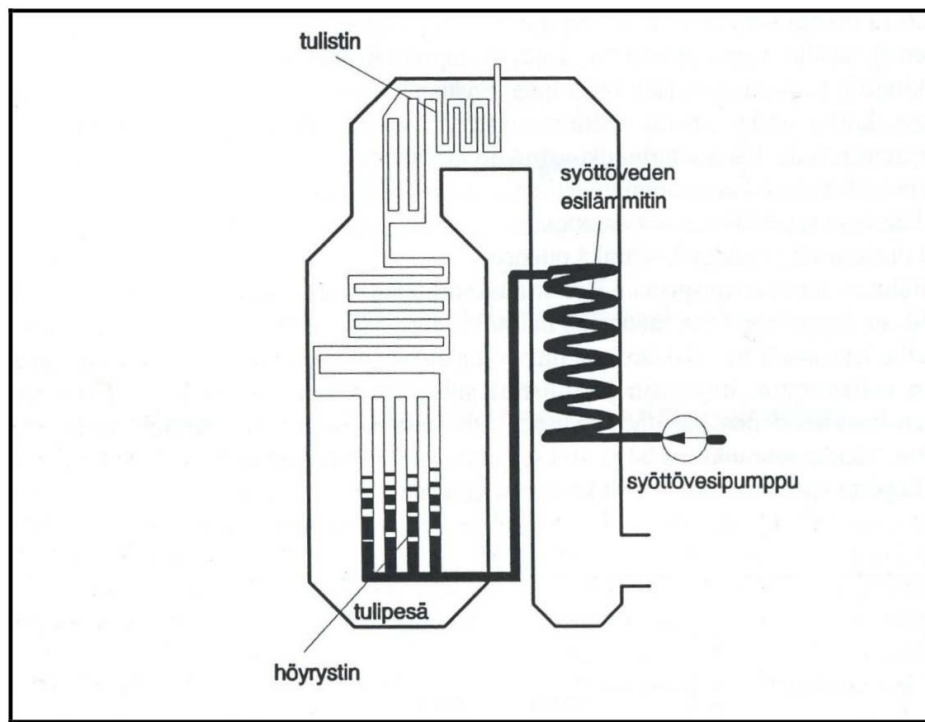
Kuva 2 Pakkokierto-kattilan toimintaperiaate (Huhtinen et al., 2000, s.119)

Kuvassa 2 on esitetty yksinkertaistettu kuvaus pakkokierto-kattilan toimintaperiaatteelle. Kuvassa höyrystinputken on esitetty suorina pystymallisina putkina, mutta pakkokierto-pumppujen avulla aikaansaatu veden kierto mahdollistaa myös höyrystinputkien mutkittelevan rakenteen. Toisin kuin luonnonkierto-kattiloissa, pakkokierto-kattiloiden höyrystimen painehäviöt pystytään voittamaan kierto-pumppujen avulla ja esimerkiksi höyrystimessä on mahdollista käyttää pienemmän halkaisijan putkia verrattuna luonnonkierto-kattilan höyrystimeen. (Huhtinen et al., 2000, s.119)

### 2.1.3 Läpivirtauskattilat

Läpivirtauskattilan vesi-höyrypiirin toimintaperiaate eroaa luonnon- ja pakkokierto-kattiloista siten, että siinä ei ole erillistä veden ja höyryn erotukseen käytettävää lieriötä. Näin ollen vesi ei myöskään kierrä kattilassa sisäistä kiertoa lieriön ja höyrystimen välillä. Yksinkertaistettuna läpivirtauskattilassa nestefaasissa oleva vesi syötetään putkeen tai putkiryhmään ja toisesta päästä tulee joko kylläistä tai tulistettua höyryä. Läpivirtauskattilat voidaan

jakaa kiinteän (Sulzer) ja kuorman mukaan vaihtelevan (Benson) höyrystymispisteen kattiloihin vesihöyrykierron mukaisesti. Kuvassa 3 on esitetty Benson läpivirtauskattilan toimintaperiaate.



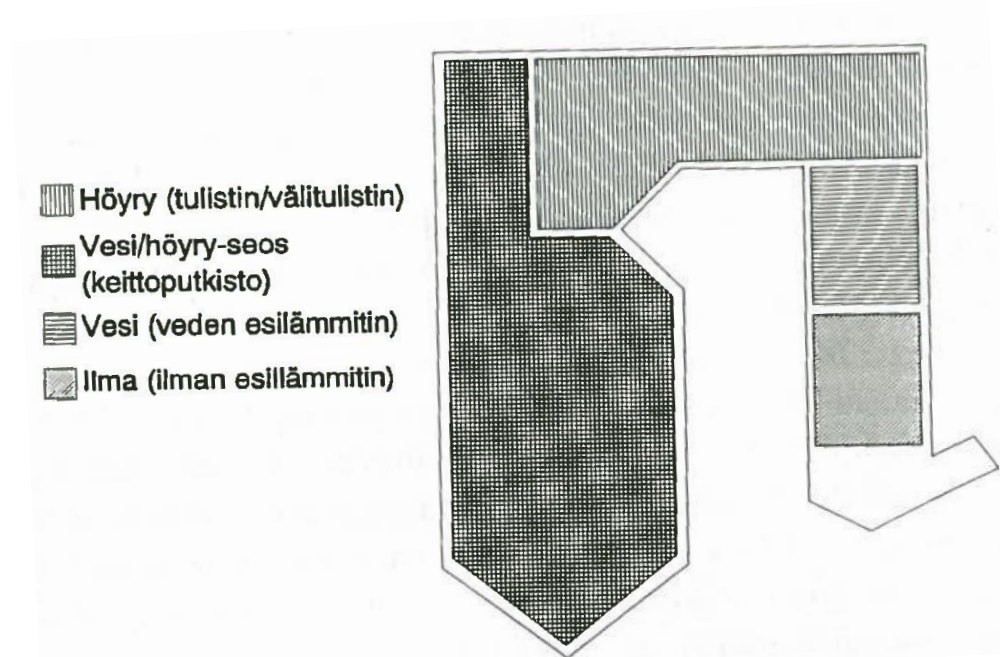
Kuva 3 Muuttuvan höyrystymispisteen läpivirtauskattila (Huhtinen et al., 2000, s.124)

Syöttövesipumppujen avulla vesi johdetaan suoraan höyrystimeen esilämmittimien kautta, ja lieriökattiloille ominaista veden laadun parantamiseen käytettävää ulospuhallusta ei tapahdu. Läpivirtauskattiloissa kattilaan syötettävä vesi kantaa siis mukanaan itseensä sidotut epäpuhtaudet läpi kattilan tulistimet mukaan lukien. Tästä syystä kattilaan syötettävän veden puhtausvaatimukset ovat tiukemmat, kuin vastaavan lieriökattilan kohdalla. (Huhtinen et al., 2000, s.120)

Pakkokierto-kattilan tavoin, myös läpivirtauskattiloissa veden kierto aikaansaadaan pumppujen avulla, jolloin höyrystimen painehäviöt voivat olla selvästi luonnonkierto-kattiloita suuremmat, mikä mahdollistaa erilaisia rakenteellisia epäjatkuvuuksia höyrystimelle. (Huhtinen et al., 2000, s.120)

## 2.2 Kattilan lämpötekniinen suunnittelu

Kattiloiden toiminnallinen tarkoitus on siirtää palo- / savukaasujen sisältämä lämpöenergia vesi- /höyrypiirin sisällä kiertävään fluidiin mahdollisimman tehokkaasti. Virtaavana, savukaasuja viilentävänä aineena voi myös olla jokin muu aine kuin vesi, kuten kuumaöljy. Lämmönsiirto tapahtuu kattilan lämpöpinnoilla, joita ovat kaikki sellaiset lämmönsiirtoon osallistuvat pinnat, mitä lämmitetään polttoaineesta kehitetyillä palo- ja savukaasuilla ja joita jäähdytetään lämpöä talteenottavilla massavirroilla, kuten vedellä, vesi-höyryseoksella, höyryllä tai ilmalla. Käyttötarkoituksen perusteella jaettuna, riippuen kattilan tyypistä, lämmönsiirtimiä ovat mm. veden höyrystämiseen käytettävä keittoputkisto (höyrystin), tulistin, välitulistin, veden esilämmitin eli ekonomaiseri ja ilman esilämmitin eli LUVO. (Huhtinen et al., 2000, s.184) Kuvassa 4 on esitetty periaatekuva tyypillisestä lämpöpintojen sijoittelusta kattilaan.



Kuva 4 Kattilan lämpöpinnat ja niiden sijoittelu (Huhtinen et al., 2000, s.184)

Savukaasujen lämpötilat tulipesässä ovat luokkaa 800 - 1300°C, kuumimmat alueet ovat tulipesän yläosissa, mihin myös tulistimet on sijoitettu. Ekonomaiseri(e)n jälkeen savukaasujen lämpötilat ovat luokkaa 250 - 450°C ja ilman esilämmittimien jälkeen 150 - 200°C. (Huhtinen et al., 2000, s.184, 195) Savukaasujen jäähdyttämistä vielä viileämpiin lämpötiloihin

rajoittaa käytännössä happokastepiste etenkin LUVO:n kohdalla. Happokastepisteellä tarkoitetaan lämpötilaa, jolloin ensimmäiset rikkiptoisien polttoaineen poltossa syntyvät happopisararat tiivistyvät lämpöpinnoille (Huhtinen et al., 2000, s.212). Toisaalta lämmönsiirripinnoille tiivistyvien happojen korroosiovaikutuksia voidaan estää materiaalivalinnoilla, mutta tällöin materiaalikustannukset saattavat tulla teknistaloudellisessa mielessä rajoittavaksi tekijäksi.

### 2.2.1 Lämpöteknisen mitoituksen periaatteet

Lämmönsiirtimien lämpöteknisen mitoituksen lähtötietona on tiedettävä lämmönsiirtimeltä vaadittava lämpöteho lämmitettävän tai jäädytettävän ainevirran puolelta. Lisäksi on määritettävä virtaavien aineiden lämpötilat ennen ja jälkeen siirtimen. Siirtyvä lämpöteho ainevirtojen välillä on verrannollinen lämmönsiirtimen lämpöpintojen pinta-alaan, lämmönläpäisykerroimeen sekä lämpötilaeroon ainevirtojen välillä. (Huhtinen et al., 2000, s.201)

Lämmönsiirtimen lämpöteho lasketaan yhtälöllä:

$$\phi = k * A * \Delta T \quad (1)$$

missä,

$\phi$  = teho [W]

k = lämmönläpäisykerroin [W/m<sup>2</sup>K]

A = pinta-ala [m<sup>2</sup>]

$\Delta T$  = ainevirran lämpötilaero [K]

Lämmön siirtyminen tapahtuu konvektiolla eli kulkeutumalla, johtumalla ja säteilemällä. Lämmönsiirtymisen mahdollistaa luonnon pyrkimys tasoittaa aineiden väliset lämpötilaerot, luonnollinen suunta on lämpimästä kylmään. Lämmönläpäisykerroin kuvastaa siirtimen kykyä siirtää lämpöä ainevirtojen välillä. Lämmönsiirtymiseen johtumalla vaikuttaa lämmönsiirtimen materiaalien lämmönjohtavuus, joka on esimerkiksi kuparilla 370 W/mK, hiiliteräksellä 45 W/mK ja ruostumattomalla teräksellä 20 W/mK. (Huhtinen et al., 2000, s.204)

Konvektio voidaan jakaa kahteen osaan, vapaaseen ja pakotettuun konvektioon. Vapaassa konvektiossa lämpöä siirtyy seisovan nesteen tai kaasun ja kiinteän aineen välillä, kun taas

pakotetussa konvektiossa lämmönsiirtoa tehostetaan nesteen tai kaasun virtauksen avulla esimerkiksi pumppujen tai puhaltimien avulla. Joka tapauksessa molemmissa tapauksissa on kyseessä nesteen tai kaasun virtaukseen perustuvaa lämmön siirtymistä, sillä myös vapaassa konvektiossa lämpötilaerot aiheuttavat tiheyseroja mikä saa aineet virtaamaan. Konvektioon perustuva lämmönsiirtyminen on sitä tehokkaampaa, mitä suurempi virtaavan aineen virtausnopeus on. (Huhtinen et al., 2000, s.205, 208)

Kappaleet joiden lämpötila on yli absoluuttisen nollapisteen ( $-273,15^{\circ}\text{C}$ ) luovuttavat energiaa sähkömagneettisen säteilyn kautta. Yksinkertaistettuna samassa lämpötilassa ympäristön kanssa (absoluuttisen nollapisteen yläpuolella) oleva kappale lähettää lämpöenergiaa ympäristöön ja päinvastoin yhtä paljon, mutta lämpöä ei siirry koska lämpötilaeroa ei ole. Mikäli kappaleella ja ympäristöllä on lämpötilaero, pyrkii lämpö siirtymään säteilemällä kuumemmasta kylmempään. Kattiloissa pääasiallinen lämmönsiirtyminen säteilemällä tapahtuu tulipesässä ja sen yläosissa, johon myös säteilytulistimet asennetaan. Lämmön siirtyminen säteilemällä on voimakkainta kiinteillä ja nestemäisillä aineilla, mutta myös kaasut säteilevät lämpöä. (Huhtinen et al., 2000, s.206)

### **2.2.2 Lämmönsiirrin tyypit ja lämpöteho**

Lämmönsiirtimet voidaan jakaa kolmeen lajiin toimintaperiaatteen mukaisesti. Ne ovat vastavirta-, myötävirta- ja ristivirtalämmönsiirrin. Nimensä mukaisesti vastavirtasiirtimessä ainevirrat virtaavat vastakkaisista suunnista, myötävirtasiirtimessä ainevirrat kulkevat samaan suuntaan ja ristivirtasiirtimessä virrat ovat kohtisuoraan toisiaan vasten. (Huhtinen et al., 2000, s.202) Kattiloissa on usein käytössä kaikkia lämmönsiirrintyyppjejä. Lämpöpintojen harkitulla sijoittelulla pystytään vaikuttamaan mm. lämmönsiirtimen materiaalien kestävyyteen, likaantuvuuteen ja sitä kautta siirtimen tehoon, tuorehöyryn lämpötilaan ja savukaasujen loppulämpötilaan (Huhtinen et al., 2000, s.185).

Kattilan hyötytehon laskennassa lämmönsiirtimien kuten ekonomaiserin, tulistimen sekä höyrystimen tehot lasketaan yhteen. LUVO:n tehoa ei oteta mukaan kattilan hyötytehon laskennassa, koska se on kattilan sisäinen lämmönsiirrin (Huhtinen et al., 2000, s.368). Suuren kokoluokan höyrykattiloissa on useita em. lämmönsiirtimiä.



## 2.3 Mekaaninen suunnittelu

Kattilan mekaanista suunnittelua edeltää virtaus- ja lämpötekniinen suunnittelu. Lujuustekninen tai mekaaninen suunnittelu pitää sisällään kattilan paineenalaisten osien sekä mm. kattilaan ja kattilarakennukseen liittyvien muiden rakenteiden suunnittelun. Nykyaikaiset suuren kokoluokan vesiputki(höyry)kattiloiden kattilarakennukset toteutetaan teräsrakenteilla. Lisäksi kattilat itsessään on ripustettu teräspalkkien varaan, jolloin materiaalien lämpölaajenemisesta johtuvat lämpöjännitykset pystytään minimoimaan ja kattilat pääsevät ”elämään” vapaasti. (Vakkilainen, 2011, 8-2) Pienemmän kokoluokan höyry- ja kuumavesikattiloita toteutetaan myös seisovatyyppisinä eli kattilat ovat kosketuksissa lattiaan tukipisteiden kautta. Mekaanisen suunnittelun tärkeimpänä ohjaavana tekijänä voidaan pitää kustannuksia, turvallisuutta ja luotettavuutta unohtamatta. Kuvassa 5 on esillä tyypillinen nykyaikaisen kattilarakennuksen teräsrakenne.



Kuva 5 Kattilarakennuksen teräsrakenne

Kuvassa 6 on esitetty yläpäästä ripustetun kattilan kannatinpalkkien ja ripustusten rakennetta.



Kuva 6 Ripustetun kattilan rakenne (Vakkilainen, 2012, 14-3)

### 2.3.1 Lujuustekninen mitoitus

Kattiloiden paineenlaisten osien mitoituksen lähtökohtana on tietää tarvittavat suunnittelu- arvot eli laskentapaine ja laskentalämpötila. Niiden ja suunnitellun käyttöiän perusteella las- ketaan kaikkien paineenalaisten osien seinämänpaksuus, joka takaa riittävän lujan lopputu- loksen huomioon otettavien kuormien kestämiseksi sekä turvallisen käytön edellytysten var- mistamiseksi. Lisäksi on otettava tarvittaessa huomioon ympäristön aiheuttamat lisävaati- mukset, kuten korroosio-olosuhteet. (SFS-EN 12952-3:2011, 10.)

Paineenalaisten osien on kestettävä erilaisia sisäisiä ja ulkoisia kuormituksia, kuten sisäisen paineen aiheuttamat, osien sisällön aiheuttaman painon sekä rakenteesta syntyvä omapainon ja osiin liitettyjen muiden osien painon, paineenalaisiin osiin syntyvien kerrostumien ja lian aiheuttaman painon, savukaasupuolen painenvaihtelun aiheuttaman kuorman sekä kattilan ja muiden osien välisien voimien johdosta syntyvät jännitykset. Lisäksi on tarpeen mukaan otettava huomioon mm. tuuli- ja maanjäristyskuormat. (SFS-EN 12952-3:2011, 10.)

Lisäksi lujuusteknisessä mitoituksessa on otettava huomioon paineenalaiseen osaan kohdistuva kuormitustyyppi, joita ovat staattinen ja väsyttävä kuormitus. SFS-EN 12952-3 eli vesiputkikattilastandardisarjan suunnitteluosassa veloitetaan paineenalaisten osien väsyttävän kuormituksen tarkastelua, mikäli kylmäkäynnistysten lukumäärä on yli 500 kattilan käyttöiän puitteissa.

Kattilan tukirakenteiden mitoitus on myös osa kattilan lujuusteknistä mitoitusta, mutta ainoastaan paineenalaisten osien osalta lujuuslaskujen tarkastaminen ja mitoituksen arviointi kuuluvat painelaitedirektiivin edellyttämään ilmoitetun laitoksen tekemään suunnitelmatarkastukseen.

### 2.3.2 Suunnittelu, laskenta- ja koepaineet

Vesiputkikattilastandardissa on määritetty käsite suunnittelupaine  $p_d$  vähintään yhtä suureksi tai suuremmaksi kuin kattilan suurin sallittu paine PS. Laskentapaine  $p_c$  vaihtelee laskentalämpötilan  $t_c$  tavoin kattilan eri osissa ja osien suunnittelu jaetaan kahteen eri menetelmään:

- menetelmä a): osan suunnittelujännitys perustuu materiaalin murtolujuuteen  $R_m$  tai myötölujuuden minimiarvoon laskentalämpötilassa  $R_{p0,2t_c}$ , jolloin laskentapaineena käytetään suunnittelupainetta lisätynä suurimpaa mahdollista esiintyvää painetta, kun kattila on käytössä laskentapaineessa. Tällöin laskentapaineen määrittämiseksi suunnittelupaineeseen lisätään hydrostaattisesta paineesta (huomioitava kun  $> 0,05\text{MPa}$ ) johtuva lisä sekä sisällön virtauksen aiheuttama painehäviö
- menetelmä b): osan suunnittelujännitys perustuu virumismurtolujuuteen, jolloin laskentapaineena käytetään tulistimien tai välitulistimien ulostuloissa sijaitsevien mekaanisten varoventtiilien asetuspainetta lisätynä suurin mahdollinen paine-ero kyseisen osan jatkuvissa enimmäiskäyttöolosuhteissa. (EN 12952-3:2011, 5.7.)

Kattilan rakenneosien sekä kokoonpannun kattilan riittävän lujuuden ja eheyden toteamiseksi valmiiksi kootulle kattilalle suoritetaan vesipainekoe. Koepaine lasketaan seuraavilla yhtälöillä kullekin rakenneosalle tai valmiiksi kootulle kattilalle:

$$p_t = 1,43 \cdot PS \quad (2)$$

tai

$$p_t = 1,25 \cdot PS \cdot \frac{R_{p0,220}}{R_{p0,2t_c}} \quad (3)$$

missä,

$p_t$	koepaine [MPa]
PS	kattilan suurin sallittu käyttöpaine tai laskentapaine, mikäli suurempi [MPa]
$R_{p0,2t_c}$	materiaalin myötölujuuden minimiarvo laskentalämpötilassa [MPa]
$R_{p0,220}$	materiaalin myötölujuuden minimiarvo 20 °C lämpötilassa [MPa]

Yhtälössä 3 austeniittisten terästen osalta, joiden murtovenymä arvo on yli 30%, käytetään 1,0% venymisrajan avulla laskettua suhdetta  $R_{p1,020}/R_{p1,0t_c}$ . Kaavojen avulla lasketusta koepaineesta valitaan suurempi. Kattilakokoonpanon vesipainekokeen koepaineen määrittämisessä on huomioitava kattilan eri osien tyypilliset koepaineet eikä valmiin kattilan painekokeessa saa ylittää yksittäisille rakenneosille määritettyjä sallittuja jännityksiä. (SFS-EN 12952-3:2011, 5.7.)

### 2.3.3 Laskentalämpötila ja nimellinen suunnittelujännitys

Standardissa SFS-EN 12952-3:2011 määritetään kattilan suurin sallittu lämpötila TS veden tai höyryn ulostulokohdan lämpötilaksi. Laskentalämpötila  $t_c$  voidaan määrittää kahdella eri tavalla. Vertailulämpötilan  $t_{or}$  eli ko. osan sisällön keskimääräisen käytön aikana esiintyvän käyttölämpötilan ja siihen erikseen määritettyjen lisättävien tapauskohtaisten lämpötilalisien avulla tai tarkemman lämmönsiirron ja höyryn tai veden virtauksen vaihtelun huomioivan laskentatavan perusteella. Taulukossa 1 on esitetty SFS-EN 12952-3:2011 taulukko 6.1-1, jossa esitetään vertailulämpötilaan lisättävät lämpötilalisät.

Taulukko 1 SFS-EN 12952-3:2011, taulukko 6.1-1

Fysikaalinen tila	Vertailulämpötila	Lämpötilalisä			
		Lämmittämättömät osat <sup>a</sup>	Lämmitetyt osat <sup>a</sup>		
			Pääasiassa säteilyllä lämmitetyt osat <sup>b</sup>	Pääasiassa konvektiolla lämmitetyt osat	Säteilyä vastaan suojatut osat
Vesi tai veden ja höyryn seos	Sallittua (käyttöyli-) painetta $p_{s1}$ tai sallittua (kokonaisyli-) painetta $p_{s2}$ vastaava kylläinen lämpötila	0 °C	50 °C kammioille <sup>c</sup> (30 + 3 $e_s$ ) °C kuitenkin vähintään 50 °C	(15 + 2 $e_s$ ) °C ei kuitenkaan enempää kuin 50 °C	20 °C
Tulistettu höyry	Tulistettu höyry, katso myös kohta 6.1.3	15 °C, katso myös kohta 6.1.5	50 °C	35 °C	20 °C

<sup>a</sup> Lämmitystapojen määrittely, katso kohdat 6.1.7...6.1.10.  
<sup>b</sup> Levymäisiä tulistimia pidetään konvektiotulistimina.  
<sup>c</sup> Kammion määrittely, katso kohta 6.1.6.

Lämpötilalisään suuruus määritetään tapauskohtaisesti kaikille kattilan osille ja se riippuu kyseisessä osassa tapahtuvasta lämmön siirtymisen pääasiallisesta tyypistä sekä siitä, onko osa lämmitetty vai lämmittämätön standardin SFS-EN 12952-3:2011 määritelmien mukaisesti.

Suoraan säteilyllä lämmitetyissä osissa, kuten säteilytulistimissa lämpötilalisä on lähtökohdaisesti suurin ja säteilyä vastaan suojatut osat, kuten savukaasukanavassa sijaitseva ekonomaiseri voidaan määrittää konvektiolla lämmitetyksi osaksi, mikäli SFS-EN 12952-3:2011 kohdan 6.1.9 ehdot täyttyvät. Savukaasujen ollessa kosketuksissa suoraan suojaamattomiin osiin ja savukaasujen lämpötilan ollessa yli 950 °C, voidaan osia pitää suoraan säteilyllä lämmitettyinä (SFS-EN 12952-3:2011, 24). Todellisuudessa suurissa kattiloissa esiintyy savukaasujen lämpötilaprofiilin vinoutta, jolloin osassa tulistinputkista saattaa esiintyä selvästi korkeampia tulistetun höyryn lämpötiloja, kuin keskimääräisesti on määritetty (Villarrol R. et al. konferenssiesitelmä 25.10.2018).

Suunnittelujännitys staattisesti kuormitetuille osille määritetään käytettävän materiaalistandardin spesifikaation antamien mekaanisten ominaisuuksien ja varmuuskertoimen perusteella. SFS-EN 12952-2:2011 standardissa käydään läpi vaatimukset ao. standardikokonaisuuden mukaisissa kattiloissa käytettäville materiaaleille sekä listataan eurooppalaiset yh-

denmukaistetut materiaalien tuotestandardit, joita paineenalaisissa osissa voidaan käyttää ilman materiaalien erityisarviointeja. Suunnittelujännitys staattisesti kuormitettujen osien mitoitukselle lasketaan yhtälön 4 mukaisesti:

$$f = \frac{K}{S} \quad (4)$$

missä,

f	suunnittelujännitys [MPa]
K	materiaalin lujuusarvo materiaalistandardin mukaan [MPa]
S	varmuuskerroin [-]

Esimerkiksi valssatuille ja taotuille osille suunnittelujännitys valitaan seuraavasti (pienin seuraavista arvoista):

$$f = \min \left\{ \frac{R_{m20}}{2,4}; \frac{R_{eHtc}}{1,5} \text{ ja / tai } \frac{R_{p0,2tc}}{1,5}; \frac{R_{mTtc}}{1,25} \right\}$$

missä,

$R_{m20}$  on murtolujuus huoneen lämpötilassa (20 °C)

$R_{eHtc}$  on ylempi myötöraja laskentalämpötilassa  $t_c$

$R_{p0,2tc}$  on 0,2 raja laskentalämpötilassa  $t_c$  ja

$R_{mTtc}$  <sup>1), 2)</sup> on virumismurtolujuus määritetyille eliniälle  $T$  laskentalämpötilassa  $t_c$ .

Austeniittisille ja valuteräksille, pallografiittiraudalle, hitsausliitoksille jotka ovat virumisalueella sekä vesipainekokeessa käytettävälle koepaineelle suunnittelujännitys määritetään erikseen. (SFS-EN 12952-3:2011, 28-34.)

Vaadittu laskennallinen seinämänpaksuus määritetään erikseen eri tuotemuodoille, kuten putkikäyrille tai päädyille standardin SFS-EN 12952-3:2011 mukaisesti. Alla on esitetty yhtälöt sisäisen paineen kuormittaman sylinterimäisen vaipan vaaditulle minimiseinämänpaksuudelle ilman lisiä:

$$e_{cs} = \frac{p_c d_{is}}{(2f_s - p_c)v}, \text{ jos } d_{is} \text{ tunnetaan} \quad (5)$$

tai

$$e_{cs} = \frac{p_c d_{os}}{(2f_s - p_c)v + 2p_c}, \text{ jos } d_{os} \text{ tunnetaan} \quad (6)$$

missä,

$e_{cs}$	seinämänpaksuus ilman lisiä [mm]
$p_c$	laskentapaine [MPa]
$d_{os}$	vaipan ulkohalkaisija ilman lisiä [mm]
$d_{is}$	vaipan sisähalkaisija ilman lisiä [mm]
$f_s$	suunnittelujännitys [MPa]
$v$	pienin erikseen määritetty lujuuskertoimen arvo ottaen huomioon sylinterimäisen vaipan yhteet ja aukot [-]. (SFS-EN 12952-3:2011, 36.)

#### 2.3.4 Muita suunnitteluvaatimuksia

Muita jo suunnitteluvaiheessa huomioon otettavia asioita on lueteltu SFS-EN 12952-3:2011 standardin luvussa 5.6 ja niihin lukeutuu mm. valmistuksellinen suunnittelu jota kutsutaan myös englanninkielisellä lyhenteellä DFMA = design for manufacture and assembly. Olen-  
naista on siis jo suunnitteluvaiheessa ottaa huomioon osan valmistuksellisen ja asennustek-  
ninen näkökulma kustannusten minimoimiseksi (Martikainen, IWE). Lisäksi mainitaan hit-  
sausteknisiä lisävaatimuksia, rajoituksia valurautaisille venttiileille ja varusteille, vaatimuk-  
sia kattilan osien luokse päästävyys tarkastusten suorittamiseksi sekä vaatimuksia tyhjen-  
nyksille ja ilmanpoistolle.

### 3 PAINELAITEDIREKTIIVI

Painelaitedirektiivi 2014/68/EU on osa Euroopan Unionin alueen yhdenmukaistamisdirektiivien joukkoa. Alkuvaiheessa yhdenmukaistamisdirektiivien pääasiallinen tavoite oli poistaa esteet ja edistää tavaroiden vapaata liikkuvuutta EU:n sisämarkkinoilla. Tavoitteita on täydennetty kattavalla toimintapolitiikalla, jonka perusajatuksena on vahvistaa markkinoilla liikkuvien tuotteiden turvallisuutta ja vaatimustenmukaisuutta. Toimintapolitiikka parantaa rehellisten talouden toimijoiden asemaa yhteisillä markkinoilla ja antaa mahdollisuuden hyötyä tasavertaisista toimintaedellytyksistä. Lisäksi yhdenmukaistamisdirektiivien avulla parannetaan kuluttajien sekä ammattikäyttäjien suojelua sekä EU:n sisämarkkinoiden kilpailukykyä. (Blue Guide, 2016, 6-7)

Painelaitedirektiivi (myöhemmin myös PED) kattaa painelaitteet ja laitekokonaisuudet, jotka valmistetaan unioniin sijoittuneen valmistajan toimesta ja saatetaan unionin markkinoille sekä ne painelaitteet ja laitekokonaisuudet, jotka tuodaan uutena tai käytettynä kolmannesta maasta ja saatetaan unionin markkinoille. (PED, 2014, L 189/164, kohta 4.) PED määrittelee painelaitteen seuraavasti: ”*’painelaitteella’ tarkoitetaan säiliöitä, putkistoja, varolaitteita ja paineenalaisia lisälaitteita, mukaan lukien tarvittaessa paineenalaisiin osiin kiinnitetyt osat, kuten laipat, yhteet, liittimet, kannattimet ja nostokorvakkeet.*” (PED, 2 artikla 1 kohta)

Direktiivi koostuu 7 eri luvusta, joita ovat:

- 1 luku, yleiset säännökset, jossa käydään läpi muun muassa direktiivin soveltamisala, määritelmät, markkinoille saataville asettaminen ja käyttöönotto, tekniset vaatimukset sekä vapaa liikkuvuus;
- 2 luku, talouden toimijoiden velvollisuudet, jossa käydään läpi valmistajien velvollisuudet, valmistajien valtuuttamien edustajien velvollisuudet, maahantuojien ja jakelijoiden velvollisuudet sekä tilanteet, missä maahantuoja tai jakelija muuttuu valmistajaksi sekä talouden toimijoiden tunnistetietoihin liittyvät velvollisuudet;
- 3 luku, painelaitteen tai laitekokonaisuuden vaatimustenmukaisuus ja luokitus, jossa käydään läpi vaatimustenmukaisuusolettama, painelaitteiden luokitus, vaatimusten-



- mukaisuuden arviointimenettelyt, materiaalien eurooppalainen hyväksyntä, käyttäjien tarkastuslaitokset, EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus, CE-merkintää koskevat yleiset periaatteet sekä merkinnän kiinnittämistä koskevat säännöt ja edellytykset;
- 4 luku, vaatimustenmukaisuuden arviointilaitosten ilmoittaminen, jossa käydään läpi ilmoitettujen laitosten, tunnustettujen kolmansina osapuolina olevien organisaatioiden sekä käyttäjien tarkastuslaitosten ilmoittamiseen ja toimintaan liittyviä velvollisuuksia ja vaatimuksia;
  - 5 luku, unionin markkinavalvonta, unionin markkinoille tuleville painelaitteille ja laitekokonaisuuksille tehtävät tarkastukset ja unionin suojamenettely, jossa käydään läpi mm. valvontaviranomaiselle asetettuun velvoitteeseen puuttua mainituin menettelyin jo markkinoille saatetun ei direktiivin vaatimustenmukaiseen painelaitteeseen tai laitekokonaisuuteen;
  - 6 luku, komiteamenettely ja delegoidut säädökset, jossa käydään läpi mm. komission ja komitean rooleja ja säädösvaltaa;
  - 7 luku, siirtymä- ja loppusäännökset, jossa käydään läpi direktiiviä rikkoville talouden toimijoille kohdistettavia seuraamuksia, siirtymäsäännöksiä, direktiivin saattamista osaksi kansallista lainsäädäntöä, aiemman lainsäädännön kumoamiseen liittyviä asioita sekä direktiivin voimaantuloa ja soveltamista.

Direktiivi sisältää myös kuusi liitettä. Ensimmäisessä liitteessä käydään läpi soveltamisalaan kuuluvien painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien olennaiset turvallisuusvaatimukset, liite kaksi painottuu vaatimustenmukaisuuden arviointitaulukoihin ja liite kolme vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyihin. Neljännessä liitteessä on esitetty direktiivin vaatimukset täyttävä esimerkki EU-vaatimustenmukaisuusvakuutuksesta. Viidennessä ja kuudennessa liitteessä käydään läpi muutokset, soveltamista koskevat määräajat sekä vastaavuus aiempaan lainsäädäntöön nähden.

### **3.1 Painelaitteiden luokitus**

PED:n mukainen luokitus tulee aloittaa selvittämällä, kuuluuko painelaite direktiivin soveltamisalaan (1 artikla) ja onko painelaitteen täytettävä liitteessä 1 mainitut olennaiset turvallisuusvaatimukset vertaamalla painelaitteen teknisiä tietoja artiklassa 4 eriteltyihin kohtiin.

Luokituksen perustana ovat painelaitteen tyyppi, sisältö, nimelliskoko tai tilavuus, erityistapauksessa sisällön lämpötila, suurin sallittu käyttöpaine eli valmistajan ilmoittama suurin sallittu paine, jolle laite on suunniteltu ja joka määritetään valmistajan ilmoittamassa kohdassa, kuten laitteen yläosassa tai suoja- tai varmistuslaitteiden liitoskohdassa. On huomattava, että painelaite saattaa kuulua PED:n soveltamisalaan, mutta laite on käsiteltävä hyvän konepajakäytännön mukaisena laitteena, jossa ei saa olla 18 artiklassa tarkoitettua CE-merkintää, mutta käyttöohjeet on laadittava. (PED, 4 artikla.)

Valmistajan ollessa varma valmistettavan painelaitteen tyyppistä eli onko kyseessä säiliö, putkisto, liekillä tai muulla tavoin lämmitetty painelaite, varolaitte vai paineenalainen lisälaite, seuraavana luokituksen kohtana on selvittää laitteen sisältö ja sen ryhmä. Sisällön ryhmiä on kaksi, 1 vaaralliset ja 2 muut sisällöt. Ryhmän 1 sisällöt koostuvat asetuksen (EY) N:o 1272/2008 2 artiklan 7 ja 8 alakohdassa määritellyistä aineista ja seoksista, jotka on luokiteltu fyysikaalisten tai terveydelle aiheutuvien vaarojen perusteella. Eri sisältöjen vaarojen luokat on esitetty asetuksen 1272/2008 liitteen yksi 2- ja 3-osassa. Luokituksia verrataan PED:n artiklan 13 kohdan 1 a luokkiin, jotka määräävät PED ryhmän. Ryhmän 2 sisällöiksi luokitellaan kaikki ne sisällöt, jotka eivät kuulu ryhmään 1. (PED, 13 artikla.)

Sisällön ryhmän luokittelun jälkeen, painelaite luokitellaan PED:n vaatimustenmukaisuuden arviointitaulukoiden perusteella. Taulukot on esitetty PED:n liitteessä II. Painelaitteen tyyppin ja sisällön ryhmän perusteella valitun arviointitaulukon avulla laite luokitellaan joko luokkiin I-IV, tai luokkiin I-III. Arviointitaulukoiden rajaviivoilla luokitus tapahtuu alempaan luokkaan. Vaatimustenmukaisuuden arviointimoduulit ja niiden yhdistelmät on esitetty taulukossa 2. (PED, LIITE II.)

Taulukko 2 PED luokituksen mukaiset arviointimoduulit ja niiden yhdistelmät (PED, 2014, liite II)

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

Moduulien valinnassa on huomioitava, että kyseinen moduuli vastaa valmistettavan painelaitteen luokkaa taulukon 2 mukaisesti. PED kuitenkin sallii vaativamman arviointimoduulin käytön alemmissa luokissa, eli esimerkiksi G moduulia voidaan käyttää luokan I laitteen arvioinnissa. (PED, 14 artikla 3 kohta.)

### 3.2 Vaaran ja riskien arviointi

Painelaitedirektiivin olennaisten turvallisuusvaatimusten alustavissa huomautuksissa kohdassa kolme mainitaan seuraavaa:

*” Valmistajan on eriteltävä vaarat ja riskit selvittääkseen, mitkä valmistajan laitteisiin liittyvistä vaaroista ja riskeistä aiheutuvat paineesta; tämän jälkeen valmistajan on suunniteltava ja valmistettava laitteensa erittely huomioon ottaen.”* (PED, LIITE I kohta 3)

Kohdan kolme vaatimukset edellyttävät valmistajaa, tämän valtuuttamaa edustajaa tai muuta valmistajan puolesta toimivaa henkilöä suorittamaan asianmukaisen vaara-analyysin ja sen perusteella laaditun riskien /riskinarvioinnin. Riskinarviointi tulee dokumentoida. Aluksi valmistajan tulee määrittää ja dokumentoida painelaitteen tai laitekokonaisuuden käytönaikeiset ominaisarvot, käyttöympäristö sekä -olosuhteet ja käyttötarkoituksen mukainen laajuus. Tämän jälkeen tunnistetaan ja määritetään laitteen elinkaaren aikana kohtuudella ennakoitavissa olosuhteissa esiintyvät vaarat ja/tai vaaratilanteet. Kyseiset vaarat ja/tai vaaratilanteet tulee analysoida ja niihin liittyvien riskien merkitys arvioida sekä suorittaa tarvittavia riskien vähennystoimenpiteitä, kuten liitteen I kohdassa 1.2 mainitaan. Näitä toimenpiteitä ovat mm. vaarojen poistaminen tai pienentäminen kohtuudella mahdollisin keinoin, tarvittavien suojaustoimenpiteiden soveltaminen vaarojen osalta, joita ei voida poistaa sekä käyttäjien tiedotus jäljelle jäävistä vaaroista ja miten niitä voidaan pienentää käytön aikana. Dokumentoitavan riskienarvioinnin tavoitteena on painelaitedirektiivin olennaisten turvallisuusvaatimusten soveltaminen ja näihin vaatimuksiin liittyvien toimenpiteiden ottaminen täytäntöön asianmukaisella tavalla. Riskienarviointimenetelmät, luettelo painelaitteeseen sovelletuista olennaisista turvallisuusvaatimuksista sekä niitä vastaavista suojaustoimista on liitettävä teknisiin asiakirjoihin valmistajan toimesta. (soveltamisohje H-04.)

Yhdenmukaistettujen standardien soveltaminen painelaitteen valmistuksessa helpottaa vaarojen ja riskien analysointiprosessia, vaikka valmistaja silti vastaa kaikilta osin painelaitteeseen liittyvien vaarojen arvioinnista, joiden perusteella määritetään mitä olennaisia tai muita vaatimuksia on sovellettava laitteen osalta. Yhdenmukaistetuissa standardeissa määritetään riskien vähentämistoimenpiteitä eli tietynlaisia keinoja, joilla vähennetään tai poistetaan riskejä. (Blue Guide, 2016, C 272/42.)

PSK standardisoinnin laatimassa PSK 4917 (2. painos) standardissa on esitetty esimerkkilomake painelaitteen riskienarvioinnin laatimiseksi.

### **3.3 Olennaiset turvallisuusvaatimukset**

Painelaitedirektiivin olennaiset turvallisuusvaatimukset on esitetty direktiivin liitteessä yksi.

Liitteessä on 7 lukua, jotka ovat:

- 1 luku Yleistä
- 2 luku Suunnittelu
- 3 luku Valmistus
- 4 luku Materiaalit

l lisäksi tiettyjä painelaitteita koskevat erityisvaatimukset:

- 5 luku Liekillä tai muulla tavoin lämmitetyt painelaitteet, joissa on ylikuumentamisen vaara
- 6 luku Putkistot
- 7 luku Tiettyjä painelaitteita koskevat määrälliset erityisvaatimukset, joita sovelletaan yleisesti.

Liite I alkaa alustavilla huomautuksilla, joissa otetaan kantaa olennaisten turvallisuusvaatimusten noudattamisesta laitekokonaisuuksissa, vaatimusten velvoittavuudesta, valmistajan velvollisuudesta tunnistaa painelaitteen käytöstä johtuvat riskit ja vaarat, eritellä niistä paineesta johtuvat riskit sekä vaarat ja ottaa ne huomioon laitteen suunnittelussa ja valmistuksessa. Lisäksi huomautuksissa määritetään olennaisten turvallisuusvaatimusten tulkintaan ja soveltamiseen liittyvät käytännöt ja näkökohdat. (PED, LIITE I)

Ensimmäisessä luvussa käydään läpi yleiset asiat painelaitteen suunnitteluun, valmistukseen, tarkastuksiin, varusteluun ja asennuksiin liittyvistä asioista painelaiteturvallisuuden takaamiseksi. Lisäksi annetaan vaatimuksia muun muassa tarvittavien suojaustoimenpiteiden suorittamiseksi, mikäli kaikkia ennakoitavissa olevia vaaroja ei voida poistaa, ja käyttäjän tiedottamiseen liittyviä asioita jäljelle jäävien vaarojen vähentämiseksi. (PED, LIITE I)

Toinen luku käsittelee painelaitteen tai laitekokonaisuuden suunnitteluun liittyviä vaatimuksia. Luku pitää sisällään perinteistä lakitekstiä liittyen suunnittelun ja painelaiteturvallisuuden limittäisyyteen, että vaatimuksia teknisiin asioihin kuten painelaitteen riittävän lujaan mitoitukseen, käsittelyn ja käytön turvallisuuteen liittyviin säännöksiin, tarkastusmenetelmiin, tyhjennyksien ja ilmausten olemassaoloon, korroosion ja muiden kemiallisten haitta-vaikutusten sekä kulumisen minimoimiseen ja huomioimiseen painerungon mitoituksessa, laitekokonaisuuden osien yhdistämiseen, täyttöön ja tyhjennykseen, laitteiden suojaamiseen sallittujen arvojen ylityksiltä, varolaitteisiin sekä ulkopuolisen tulen huomioimiseen suunnitteluvaiheessa. (PED, LIITE I)

Kolmannessa luvussa käydään läpi valmistukseen liittyviä seikkoja. Luku alkaa valmistusmenetelmiin liittyvillä vaatimuksilla, jossa käydään läpi osien valmisteluun, pysyvien liitosten tekijöiden pätevyyteen ja menetelmien hyväksyntään, rikkomatonta aineenkoetusta suoritettavien henkilöiden pätevyyteen, materiaalien lämpökäsittelyyn ja jäljitettävyyteen liittyviä asioita. Seuraavassa alaluvussa määritetään painelaitteen lopputarkastukseen kuuluvat asiat, kuten loppukokeen sisältö, koeponnistus ja varolaitteiden tarkastus. Seuraava alakohta ottaa kantaa painelaitteen CE-merkintään ja laitteeseen asennettavan tai erityistapauksissa dokumentaatioon liitettävän kilven tietoihin. Viimeisenä alalukuna käydään läpi vaatimuksia käyttöohjeiden sisällölle. (PED, LIITE I)

Neljäs luku käsittelee painelaitteiden valmistuksessa käytettävien materiaalien vaatimuksia. Vaatimukset paineenalaisissa osissa käytetyille materiaaleille ja esimerkiksi hitsauslisäaineille eroavat hieman toisistaan muun muassa materiaalivalmistajan laatimien asiakirjojen muodossa. Paineenalaisissa osissa käytettyjen materiaalien teknisiin vaatimuksiin otetaan kantaa ensimmäisessä alaluvussa, jossa materiaaleilta edellytetään eritoten riittävää sitkeyttä

ja lujuutta. Tarkempia teknisiä vaatimuksia on esitetty liitteen I luvussa 7.5, jossa määritetään iskusitkeydelle (27J, alin suunnittelulämpötila tai max. 20°C) ja murtovenymälle (14%) vähimmäisarvot. Lisäksi luvussa neljä kerrotaan sallitut menettelyt materiaalien käytölle, joita ovat materiaalien yhdenmukaistetut standardit, materiaalien eurooppalainen hyväksyntä tai materiaalien erityisarviointi. (PED, LIITE I)

Viidennessä ja kuudennessa luvussa käsitellään tiettyjä painelaitteita koskevia erityisvaatimuksia. Näiden vaatimusten piiriin kuuluu muun muassa soveltamisalan mukaiset höyry- ja kuumavesikattilat sekä putkistot. Luku viisi käsittelee edellä mainittuja kattiloita ja vaatimuksia annetaan muun muassa savukaasu- ja vesihöyrypuolen suojaustoimenpiteille esimerkiksi yllälämmön ja palamattomien kaasujen osalta. Kuudennessa luvussa annetaan erityisvaatimuksia muun muassa putkistojen ulkopuolisten jännitysten ja sisällön aiheuttamien vaarojen huomioimiseen. (PED, LIITE I)

Seitsemäs luku käsittelee aiempaa yksityiskohtaisempia teknisiä vaatimuksia muun muassa painelaitteissa vallitseville sallituille jännityksille, mitoituksessa käytettäville lujuuskertoimille, painesäiliöiden paineenrajoitinlaitteille, nestepainekokeen koepaineelle sekä aiemmin mainituille materiaalien ominaisuuksille. Luvussa seitsemän vahvistetut säännökset täydentävät aiemmissa luvuissa annettuja olennaisia turvallisuusvaatimuksia, ja niitä sovelletaan yleisesti niiden painelaitteiden osalta, joihin kohdan säännöksiä sovelletaan. (PED, LIITE I) On huomattava, että 4 ja 7 luvussa mainitut vaatimukset paineenalaisissa osissa käytetyille materiaaleille koskevat valmista painelaitetta, eli 7.5 kohdan vaatimukset on myös täyttyvä esimerkiksi hitsauksen tai muovauksen jälkeen (soveltamisohje G-18).

### **3.4 Vaatimustenmukaisuus: yhdenmukaistetut standardit**

Euroopan unionin virallinen lehti tuotesääntöjen täytäntöönpano-opas 2016 / C 272 ”blue guide” määrittelee käsitteen yhdenmukaistettu standardi seuraavasti: *”yhdenmukaistetulla standardilla tarkoitetaan ’eurooppalaista standardia’, joka on vahvistettu komission esittämän pyynnön perusteella unionin yhdenmukaistamislainsäädännön soveltamiseksi. Yhdenmukaistettujen standardien soveltaminen on vapaaehtoista.”* Yhdenmukaistettujen standardien soveltaminen ei ole näin ollen pakollista PED:n olennaisten turvallisuusvaatimusten täyttämiseksi, mutta niiden tarjoama usein hyvin yksityiskohtainen tekninen informaatio

osaltaan pyrkii helpottamaan painelaitteiden valmistajien ja mahdollisesta vaatimustenmukaisuuden arvioinnista vastaavan ilmoitetun laitoksen toimintaa. Yhdenmukaistetun standardin määritelmä on myös esitetty PED:n 2 artiklan kohdassa 24.

Painelaitedirektiivin 12:sta artiklassa säädetään vaatimustenmukaisuusolettamasta. Olettama pitää sisällään maininnan yhdenmukaistetuista standardeista, joita soveltamalla täytetään direktiivin liitteessä I mainitut olennaiset turvallisuusvaatimukset standardien liitteen ZA:ssa esitetyin osin. Artikla 12 on jaettu kahteen kappaleeseen, joista ensimmäisessä mainitaan yhdenmukaistettujen standardien mukaisten painelaitteiden, laitekokonaisuuksien tai niissä käytettävien osien olevan liitteen I olennaisten turvallisuusvaatimusten mukaisia. Toisessa kappaleessa eurooppalaisen hyväksynnän saaneiden materiaalien katsotaan niin ikään täyttävän olennaiset turvallisuusvaatimukset soveltuvin osin. Yhdenmukaistetut standardit ja materiaalien eurooppalaiset hyväksynät julkaistaan Euroopan unionin virallisessa lehdessä. (PED, 12 artikla.)

Eurooppalaisen hyväksynnän saaneita materiaaleja oli 6.11.2018 julkaistun viimeisimmän virallisen lehden (2018/C 400/08) mukaan yksi kappale neljässä eri tuotemuodossa. Yhdenmukaistettujen standardien viimeisin yhteenvetolistaus on päivätty 20.4.2020 ja standardeja on listattu lähes 300.

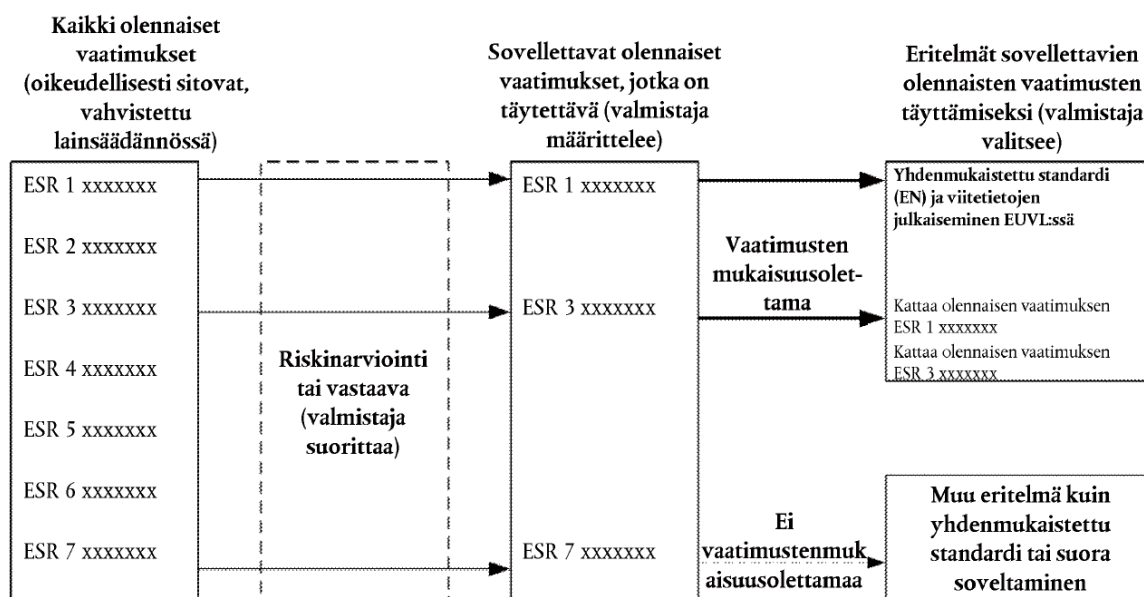
Yhdenmukaistettua standardia sovellettaessa on tärkeää erottaa toisistaan standardinmukaisuus ja vaatimustenmukaisuusolettama. Standardinmukaisuus viittaa usein tilanteeseen, jossa standardia sovelletaan kaikilta osin, kun taas vaatimustenmukaisuusolettaman puolesta riittää, että niitä säännöksiä ja vaatimuksia jotka ovat olennaisia, noudatetaan. (Blue Guide, 2016, 272/42.) Näin ollen yhdenmukaistettuihin standardeihin sisältyvät vaatimukset, jotka eivät kuulu painelaitedirektiivin olennaisten turvallisuusvaatimusten piiriin, voidaan jättää huomioimatta ja silti tuote täyttää lainsäädännön asettamat vaatimukset. Yhdenmukaistetut standardit eivät koskaan korvaa oikeudellisesti sitovia lainsäädännöstä tulevia olennaisia vaatimuksia (Blue Guide, 2016, C 272/42).

Yhdenmukaistetuissa standardeissa olevat viittaukset muihin standardeihin käsitellään yleisen standardoimisohjeistuksen mukaisesti. Mikäli esimerkiksi yhdenmukaistetuissa tuotestandardeissa on viittauksia päivättyihin standardeihin, on viitattuja standardeja noudatettava. Päiväämättömien standardiviittausten kohdalla noudatetaan viimeisintä voimassaolevaa standardin versiota. (CEN Guide 17:2019, 6)

Yleisimpiä yhdenmukaistettuja tuotestandardeja ovat EN 13445 -sarja (lämmittämättömät säiliöt), EN 13480 -sarja (metalliset teollisuusputkistot), EN 12952 -sarja (vesiputkikattilat) ja EN 12953 -sarja (tulitorvikattilat).

### 3.5 Vaatimustenmukaisuus: muut mahdollisuudet

Alla on esitetty kaavio yleisperiaatteista, jotka painelaittevalmistajan on otettava huomioon painelaitteen valmistusta ja siihen liittyviä vaatimuksia silmällä pitäen.



Kuva 7 Yleisperiaate valmistajan määritettäviin olennaisiin vaatimuksiin (Blue Guide, 2016, C 272/43)

Lähtökohtana on, että EU:n alueella voimassa oleva lainsäädäntö sitoo oikeudellisesti kaikkia. Riskienarvioinnin perusteella valmistaja määrittelee mitkä kaikki yhdenmukaistamis- lainsäädännön mukaiset vaatimukset, kuten painelaittedirektiivin olennaiset vaatimukset, on

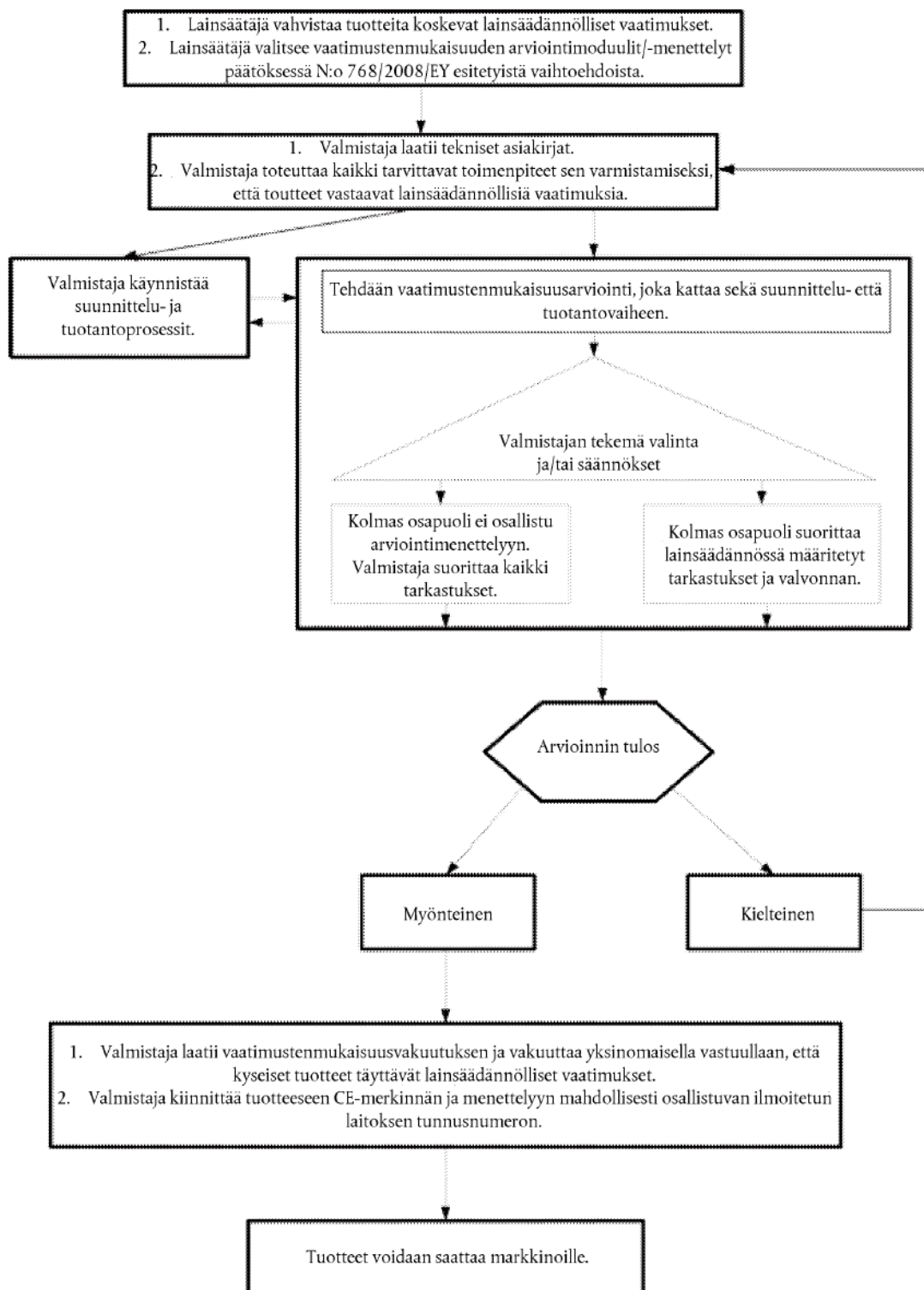


huomioitava painelaitteen suunnittelussa ja valmistuksessa. Tämän jälkeen valmistaja valitsee ne eritelvät, joita sovelletaan vaatimusten täyttämiseksi. Kuten edellisessä kappaleessa mainittiin, valmistajan ei ole pakko soveltaa yhdenmukaistettuja standardeja, vaan valmistaja voi soveltaa muita teknisiä eritelmiä vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi. Muiden, kuin yhdenmukaistettujen standardien soveltaminen ei kuitenkaan johda vaatimustenmukaisuusolettamaan (Blue Guide, 2016, C 272/51).

Mikäli valmistaja päättää, että se ei noudata yhdenmukaistettuja standardeja, tulee sen osoittaa jollakin muulla keinoin, että sen valmistama tuote on sovellettavan lainsäädännön vaatimustenmukainen. Lisäksi valmistajan tulee varmistaa tuotteelle lainsäädännössä vaadittu turvallisuuden ja suojelun taso. Mainittavia ”muuta keinoja” ovat esimerkiksi erilaiset tekniset eritelvät, kuten kansalliset, eurooppalaiset tai kansainväliset standardit, joita ei ole yhdenmukaistettu tai valmistajan omat eritelvät. (Blue Guide, 2016, C 272/51) Ilmoitetun laitoksen tehtäviin kuuluu todentaa, että valmistajan soveltamat muut menettelyt vastaavat PED:n olennaisia turvallisuusvaatimuksia (soveltamisohje I-05).

### **3.6 Vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyt**

Valmistettava tuotteen vaatimustenmukaisuuden arviointi on aina valmistajan vastuulla, vaikka lainsäädännössä olisi säädetty ilmoitetun tai sisäisen akkreditoitun vaatimustenmukaisuuden arviointiin liittyvän laitoksen osallistumisesta. Arviointimenettelyn toimijat ovat lainsäätävä, valmistaja ja mikäli lainsäädäntö edellyttää, ilmoitettu tai akkreditoitu sisäisen arviointilaitos. Ilmoitetun laitoksen osallistuminen käytettäviin moduuleihin riippuu lainsäädännössä esitetystä vaatimuksista. (Blue Guide, 2016, C 272/66.) Vaatimustenmukaisuuden arvioinnin suhde toimitusketjun vaiheisiin on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8 Toimitusketjun ja vaatimustenmukaisuuden arvioinnin vaiheet (Blue Guide, 2016, C 272/68).

Painelaitteella tai laitekokonaisuudella voi olla vain yksi valmistaja, vaikka laitteen tai laitekokonaisuuden suunnitteluun ja valmistukseen saattaa osallistua useita eri alihankkijoita

ja niiden käyttämiä alihankkijoita. Valmistajan vastuisiin sisältyy laitteen toimivuus, suunnittelun oikeellisuus, materiaalivalinnat, työn laadun varmistaminen, painelaitteen loppuarviointi ja dokumentointi sekä käyttöohjeiden laadinta. (Purje, konferenssiesitelmä 2.-3.10.2019.)

Painelaitedirektiivin liitteessä III on esitetty aiemmin taulukossa 2 esitettyjen arviointimoduulien sisältö ja vaatimukset. Taulukossa 3 on esitetty kyseisiin arviointimenettelyihin liittyvät kuvaukset.

Taulukko 3 Arviointimoduulit ja kuvaukset (Tukes-nettisivut)

ARVIOINTIMENETTELY (MODUULI)		KUVAUS
A	Sisäinen tuotannonvalvonta	Valmistaja laatii tekniset asiakirjat ja tekee loppuarvioinnin.
A2	Sisäinen tuotannonvalvonta ja valvotut painelaitetarkastukset satunnaisin väliajoin	Valmistaja laatii tekniset asiakirjat ja tekee loppuarvioinnin, jota ilmoitettu laitos valvoo.
B	EU-tyyppitarkastus (tuotantotyyppi)	Ilmoitettu laitos tarkastaa tyyppin vaatimustenmukaisuuden.
	EU-tyyppitarkastus (suunnittelutyyppi)	Ilmoitettu laitos tarkastaa suunnitelman vaatimustenmukaisuuden.
C2	Sisäiseen tuotannonvalvontaan perustuva tyyppimukaisuus ja satunnaisin väliajoin suoritettavat valvotut painelaitetarkastukset	Valmistaja tekee loppuarvioinnin, jota ilmoitettu laitos valvoo.
D	Tuotantoprosessin laadunvarmistukseen perustuva tyyppimukaisuus	Valmistaja soveltaa valmistuksessa, testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää, jonka hyväksyy ja jonka noudattamista valvoo ilmoitettu laitos.
D1	Tuotantoprosessin laadunvarmistus	Valmistaja laatii tekniset asiakirjat sekä soveltaa valmistuksessa testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää, jonka hyväksyy ja jonka noudattamista valvoo ilmoitettu laitos.
E	Painelaitteiden laadunvarmistukseen perustuva tyyppimukaisuus	Valmistaja soveltaa testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää, jonka hyväksyy ja jonka noudattamista valvoo ilmoitettu laitos.
E1	Painelaitteiden lopputarkastuksen ja testauksen laadunvarmistus	Valmistaja laatii tekniset asiakirjat sekä soveltaa testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää, jonka hyväksyy ja jonka noudattamista valvoo ilmoitettu laitos.
F	Painelaitteen tarkastukseen perustuva tyyppimukaisuus	Ilmoitettu laitos tekee tuotekohtaisen loppuarvioinnin.
G	Yksikkökohtaiseen tarkastukseen perustuva vaatimustenmukaisuus	Ilmoitettu laitos tekee tuotteen suunnitelma- ja loppuarvioinnin.
H	Täydelliseen laadunvarmistukseen perustuva vaatimustenmukaisuus	Valmistaja soveltaa suunnittelussa, valmistuksessa, testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää, jonka hyväksyy ja jonka noudattamista valvoo ilmoitettu laitos.
H1	Täydelliseen laadunvarmistukseen ja suunnittelun tarkastukseen perustuva vaatimustenmukaisuus	Valmistaja soveltaa suunnittelussa, valmistuksessa, testauksessa ja loppuarvioinnissa laatujärjestelmää, jonka hyväksyy ja jonka noudattamista valvoo ilmoitettu laitos. Lisäksi ilmoitettu tekee suunnitelmatarkastuksen ja valvoo loppuarviointia.

Ilmoitettu laitos on oltava mukana painelaitteen tai laitekokonaisuuden vaatimustenmukaisuuden arvioinnissa PED luokissa II-IV taulukoiden 2 ja 3 perusteella.

### **3.7 Ilmoitettu laitos**

Ilmoitettu laitos on vaatimustenmukaisuuden arviointielin, joka on nimetty virallisesti kansallisen viranomaisen toimesta suorittamaan sovellettavan unionin yhdenmukaistamislainsäädännön edellyttämiä vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyitä, mikäli kolmannen osapuolen osallistumista edellytetään. (Blue Guide, 2016, C 272/76) Suomessa painelaitteisiin liittyvä valvontaviranomainen on Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (myöhemmin myös Tukes).

Ilmoitetun laitoksen tehtäviin kuuluu sen ilmoittamat soveltamisalaan kuuluvat vaatimustenmukaisuuden arviointipalvelut. Palveluita voidaan tarjota kaikille unioniin tai sen ulkopuolelle sijoittuneille talouden toimijoille eli ilmoitetut laitokset voivat suorittaa toimiaan myös muiden jäsenvaltioiden ja kolmansien maiden alueella. Tiedot ilmoitetun laitoksen soveltamisalaan liittyvistä asioista on annettava vastuulliselle viranomaiselle, markkinavalvontaviranomaiselle sekä muille ilmoitetuille laitoksille. Ilmoitetun laitoksen palvelujen toimittaminen tulee perustua syrjimättömään, avoimeen, neutraaliin, riippumattomaan, puolueettomaan ja pätevään toimintaan. (Blue Guide, 2016, C 272/76.)

Henkilöstön tulee olla pätevää ja sillä on oltava riittävät asiaan liittyvät tiedot ja kokemukset vaatimustenmukaisuuden arvioinnin suorittamiseksi. Luottamuksellisen tiedon hallinta on toteutettava asianmukaisin järjestelyin luottamuksellisuuden varmistamiseksi ja ilmoitetuilla laitoksilla tulee olla riittävä vastuuvakuutus ammatillisten toimiensa osalta, ellei vastuu kuulu ilmoituksen tehneelle jäsenvaltiolle kansallisen lainsäädännön perusteella. Ilmoitettu laitos osoittaa pätevyytensä eli tekninen pätevyys arvioidaan tavallisesti akkreditoinnilla. (Blue Guide, 2016, C 272/76.) Suomessa akkreditoiteja suorittaa akkreditointielin FINAS.

Painelaitedirektiiviin liittyvät ilmoitetut ja hyväksytyt vaatimustenmukaisuuden arviointielimet pätevyysalueineen on listattu Euroopan komission ylläpitämään NANDO tietokantaan,

josta näkyy myös aina kyseisen laitoksen numerotunnus. Esimerkiksi Suomeen sijoittunut ilmoitettu laitos Inspecta Tarkastus Oy kantaa numeroa 0424.

### **3.8 Painelaitteen suunnitelmatarkastus, moduuli G**

Painelaitteen valmistuksessa käytettävän suunnitelman tarkastaa ja arvioi joko valmistaja itse tai ilmoitettu laitos, riippuen vaaditaanko ilmoitetun laitoksen arviointia direktiivin liitteessä III mainittujen arviointimenettelyiden mukaisesti. Arviointi suoritetaan valmistajan laatimien teknisten asiakirjojen perusteella. Tässä työssä keskitytään G moduulin mukaiseen arviointiin sen kattavuuden ja parhaan teknistaloudellisen soveltuvuuden perusteella.

Yksikkökohtaiseen tarkastukseen perustuva vaatimustenmukaisuuden arviointimoduuli G on joustava ja yksinkertainen keino sellaisten painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien vaatimustenmukaisuuden arviointiin, joita ei pystytä esimerkiksi valmistamaan sarjatuotantona. G moduuli edellyttää sekä suunnitelma-, että loppuarviointia ilmoitetun laitoksen toimesta. Moduuli ei kuitenkaan edellytä erillisen suunnitelmatarkastustodistuksen laatimista, vaan painelaitedirektiivin mukainen, ilmoitetun laitoksen antama vaatimustenmukaisuustodistus on ainoastaan juridisesti pätevä asiakirja (Blue Guide, 2016, C 272/138). Käytännössä ilmoitettu laitos tarkastaa ja arvioi suunnitelman ja antaa siitä lausunnon, jonka perusteella loppuarvioinnin suorittava tarkastaja ottaa vastuun myös suunnitelman vaatimustenmukaisuudesta.

#### **3.8.1 Tekniset asiakirjat**

Teknisiin asiakirjoihin on sisällytettävä ainakin seuraavat osat (mahdollisuuksien mukaisesti):

- painelaitteen yleinen kuvaus (esimerkki PSK 4917 standardin liitteessä 16),
- suunnittelu- ja valmistuspiirustukset sekä kaaviot osista, osakokoonpanoista, kytkennöistä jne.,
- kuvaukset ja selitykset, jotka selvittävät näitä piirustuksia ja kaavioita sekä painelaitteen toimintaa,
- luettelo yhdenmukaistetuista standardeista, joiden viitetiedot on julkaistu Euroopan unionin virallisessa lehdessä ja joita on sovellettu kokonaan tai osittain, ja kuvaukset ratkaisuksista, jotka on valittu tämän direktiivin olennaisten turvallisuusvaatimusten

täyttämiseksi, jos näitä yhdenmukaistettuja standardeja ei ole sovellettu. Osittain sovellettujen yhdenmukaistettujen standardien tapauksessa teknisissä asiakirjoissa on täsmennettävä osat, joita on sovellettu,

- suoritettujen suunnittelulaskelmien ja tarkastusten tulokset jne.,
- testiraportit,
- asianmukaiset tiedot valmistus- ja tarkastusmenetelmien pätevöinnistä sekä vastaavan henkilöstön pätevyydestä tai hyväksymisestä liitteessä I olevan 3.1.2 ja 3.1.3 kohdan mukaisesti.

Valmistajan on säilytettävä teknisiä asiakirjoja mukaan lukien ilmoitetun laitoksen antamaa vaatimustenmukaisuustodistusta kansallisen viranomaisen saatavilla kymmenen vuotta sen jälkeen, kun laite on saatettu markkinoille. (PED, LIITE III)

### **3.8.2 Suunnitelman arviointi**

Teknisten asiakirjojen ml. asianmukainen analyysi riskistä tai riskeistä, perusteella ilmoitettu laitos arvioi painelaitteen vaatimustenmukaisuuden. Painelaitteen yleinen kuvaus pitää sisällään tiedon minkä tyyppin painelaite on kyseessä (säiliö, putkisto, liekillä tai muulla tavalla lämmitetty painelaite), sisältö, tilavuus tai nimelliskoko ja suurin sallittu käyttöpaine.

Varsinaisten valmistuspiirustusten ohella kuvataan painelaitteen käyttötarkoitus ja minkälaiset käyttöolosuhteet sallitaan sekä minkälaiset varolaitteet laitteeseen asennetaan. Kuvaukset voidaan toteuttaa erillisinä toimintaselostuksina tai liittää suoraan tiedoksi piirustuksiin ja osaluetteloihin. Lisäksi laitteen kilven kuvaus on asianmukaista liittää piirustuksiin näkyviin. Suunnitelman tarkastajan opastukseksi toteutettu erillinen toimintaselostus painelaitteen suunnitellusta toiminnasta helpottaa tarkastusvaiheen työtä. Lisäksi painelaitteen suunnittelijan ja prosessisuunnittelijan keskinäinen yhteistyö on edellytys vaatimustenmukaisen suunnitelman toteuttamiseksi. (Inspecta Tarkastus Oy, ohje moduuli G, 1-2.)

Teknisissä asiakirjoissa on oltava mukana luettelo kokonaan tai osittain sovellettavista yhdenmukaistetuista standardeista, joiden viitetiedot on julkaistu virallisessa lehdessä. Inspecta Tarkastus Oy:n suosituksena on, että laitteet suunnitellaan, valmistetaan ja tarkastetaan so-

vellettävien yhdenmukaistettujen standardien mukaan. Tällöin välttyään lisätyöltä, jota edellytetään, kun yhdenmukaistettuja standardeja ei sovelleta. Olennaisten turvallisuusvaatimusten täyttämiseksi valmistajan tulee tällöin käydä kohta kohdalta läpi em. vaatimukset, ja tarvittaessa esitettävä miten sovellettavat kohdat on huomioitu laitteen suunnittelussa, valmistuksessa ja tarkastuksissa. (Inspecta Tarkastus Oy, ohje moduuli G, 2.)

Yleisesti muiden kuin yhdenmukaistettujen standardien mukaisten materiaalien käyttö aiheuttaa ongelmia muun muassa suunnitteluvaiheen mitoituslaskelmien laadinnassa sekä sovellettavien olennaisten turvallisuusvaatimusten täyttämässä. Muiden kuin yhdenmukaistettujen materiaalien käyttö edellyttää käytännössä materiaalien erityisarvioinnin, jonka luokan III ja IV laitteiden osalta arvioi se ilmoitettu laitos, joka suorittaa lopullisen painelaitteen tai laitekokonaisuuden vaatimustenmukaisuuden arvioinnin. (Inspecta Tarkastus Oy, ohje moduuli G, 2.)

Yhdenmukaistettujen standardien käyttö tai käyttämättä jättäminen on myös mitoituslaskelmia tehdessä valmistajan päätettävissä. Inspecta Tarkastus Oy jälleen suosittelee yhdenmukaistettujen standardien soveltamista, koska muiden standardien sisältö ei välttämättä vastaa olennaisia turvallisuusvaatimuksia täysin. Suurimmat ongelmat liittyvät sallitun jännitystason määrittämiseen (PED liite I, kohta 7), kun käytössä on muita kuin yhdenmukaistettujen materiaalistandardien mukaisia materiaaleja. (Inspecta Tarkastus Oy, ohje moduuli G, 3.)

Testiraportit, kuten ainetta rikkomattoman testauksen pöytäkirjat, tarkastetaan tavallisesti loppuarvioinnin yhteydessä. Suunnitteluvaiheessa tulisi kuitenkin toimittaa yksityiskohtainen testaus- ja tarkastussuunnitelma, jossa on määritetty esimerkiksi hitsikohtaisesti mitä NDT (non destructive testing) ainetta rikkomattomia ja DT (destructive testing) eli rikkovia testauksia aiotaan suorittaa, missä laajuudessa ja millä hyväksymisrajoilla. Lisäksi tulisi olla maininta, miten painekoe aiotaan toteuttaa. (Inspecta Tarkastus Oy, ohje moduuli G, 3.)

Pysyvien liitosten eli liitosten, joita ei voida irrottaa ilman rikkovia menetelmiä (PED määritelmä 13), menetelmä- ja henkilöpatenteihin liittyvät asiakirjat tulee mahdollisuuksien mukaan toimittaa ilmoitetulle laitokselle jo suunnitelmatarkastusvaiheessa. Esimerkiksi hitsausliitokset määritellään pysyviksi liitoksiksi. Hitsaukseen liittyviä asiakirjoja ovat mm.

hyväksytyt hitsausohjeet (WPS) ja hitsaajien pätevyystodistukset. (Inspecta Tarkastus Oy, ohje moduuli G, 3-4.) Hitsaukseen liittyviä vaatimuksia käydään läpi kappaleissa 3.8.2 ja 3.8.3.

Ilmoitettu laitos antaa tarvittaessa lausunnon suunnitelman hyväksyttävyydestä, jonka perusteella valmistaja voi aloittaa tuotteen valmistuksen. Lausunto saattaa sisältää erityisiä huomioitavia asioita, jotka tulee ottaa erikseen huomioon tuotteen valmistus- ja tarkastusvaiheessa. (Inspecta Tarkastus Oy, ohje moduuli G, 4.) Eri ilmoitettujen laitosten käytännöt lausuntojen osalta saattavat poiketa toisistaan esimerkiksi toteutuksen ja sisällön osalta.

### **3.9 Painelaitteen lopputarkastus, moduuli G**

Painelaitteelle suoritetaan painelaitedirektiivin liitteen I kohdan 3.2 mukainen lopputarkastus, joka pitää sisällään loppukokeen, koeponnistuksen ja varolaitteiden tarkastuksen. G moduulin mukaisen lopputarkastuksen terminä käytetään usein myös loppuarviointia, joka pitää sisällään edellä mainitut kohdat. Suoritettujen tarkastusten ja testien perusteella ilmoitettu laitos myöntää tarkastuksen kohteena olevalle painelaitteelle vaatimustenmukaisuustodistuksen ja kiinnittää tai kiinnityttää siihen omalla vastuulla ilmoitetun laitoksen tunnusnumeron. (PED, LIITE III, 10 kohta.)

Valmistajan vastuulla on CE-merkinnän sekä tarvittaessa ilmoitetun laitoksen tunnusnumeron kiinnittäminen arvioinnin kohteena olleeseen laitteeseen. Lisäksi valmistajan tulee laatia EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus, jota tulee säilyttää viranomaisen saatavilla vähintään 10 vuoden ajan painelaitteen markkinoille saattamisen jälkeen. (PED, LIITE III, 10 kohta) CE-merkintä ja ilmoitetun laitoksen tunnusnumero on lisätty tavallisesti painelaitedirektiivin liitteen I kohdan 3.3 sisällön mukaiseen kilpeen, joka kiinnitetään pysyvästi painelaitteeseen tai liitetään mukaan asiakirjoihin. Kilpeä ei siis tarvitse liittää fyysisesti painelaitteeseen, mikäli laitteen koko ei sitä edellytä tai laitekokonaisuuksiin liittyvä erityismaininta täyttyy (PED, LIITE I, kohta 3.3).

#### **3.9.1 Materiaalit**

Euroopan standardointikomitea on listannut tyypilliset painelaitteissa käytetyt materiaalistandardisarjat seuraavalla tavalla (alla esitetty niiden suomenkieliset käännökset):



SFS-EN 10028 - Painelaiteteräkset. Levytuotteet.

SFS-EN 10216 - Saumattomat painelaiteteräsputket.

SFS-EN 10217 - Hitsatut painelaiteteräsputket.

SFS-EN 10222 - Painelaiteteräkset. Takeet.

Suurin osa painelaitteisiin liittyvistä eurooppalaisista materiaalistandardeista perustuu em. standardisarjoihin. (CEN, 6)

Alla olevassa taulukossa 4 on esitetty kyseisiin standardisarjoihin liittyvät viimeisimmän virallisen lehden (päiväty 20.4.2020) mukaan voimassaolevat yhdenmukaistetut standardit niiden virallisella kielellä:

Taulukko 4 Yhdenmukaistetut materiaalistandardit

EN 10028-1:2017	Flat products made of steels for pressure purposes - Part 1: General requirements
EN 10028-2:2017	Flat products made of steels for pressure purposes - Part 2: Non-alloy and alloy steels with specified elevated temperature properties
EN 10028-3:2017	Flat products made of steels for pressure purposes - Part 3: Weldable fine grain steels, normalized
EN 10028-4:2017	Flat products made of steels for pressure purposes - Part 4: Nickel alloy steels with specified low temperature properties
EN 10028-5:2017	Flat products made of steels for pressure purposes - Part 5: Weldable fine grain steels, thermomechanically rolled
EN 10028-6:2017	Flat products made of steels for pressure purposes - Part 6: Weldable fine grain steels, quenched and tempered
EN 10028-7:2016	Flat products made of steels for pressure purposes - Part 7: Stainless steels
EN 10216-1:2013	Seamless steel tubes for pressure purposes - Technical delivery conditions - Part 1: Non-alloy steel tubes with specified room temperature properties
EN 10216-2:2013	Seamless steel tubes for pressure purposes - Technical delivery conditions - Part 2: Non-alloy and alloy steel tubes with specified elevated temperature properties
EN 10216-3:2013	Seamless steel tubes for pressure purposes - Technical delivery conditions - Part 3: Alloy fine grain steel tubes

EN 10216-4:2013	Seamless steel tubes for pressure purposes - Technical delivery conditions - Part 4: Non-alloy and alloy steel tubes with specified low temperature properties
EN 10216-5:2013	Seamless steel tubes for pressure purposes - Technical delivery conditions - Part 5: Stainless steel tubes
EN 10217-1:2019	Welded steel tubes for pressure purposes - Technical delivery conditions - Part 1: Electric welded and submerged arc welded non-alloy steel tubes with specified room temperature properties
EN 10217-2:2019	Welded steel tubes for pressure purposes - Technical delivery conditions - Part 2: Electric welded non-alloy and alloy steel tubes with specified elevated temperature properties
EN 10217-3:2019	Welded steel tubes for pressure purposes - Technical delivery conditions - Part 3: Electric welded and submerged arc welded alloy fine grain steel tubes with specified room, elevated and low temperature properties
EN 10217-4:2019	Welded steel tubes for pressure purposes - Technical delivery conditions - Part 4: Electric welded non-alloy steel tubes with specified low temper- ature properties
EN 10217-5:2019	Welded steel tubes for pressure purposes - Technical delivery conditions - Part 5: Submerged arc welded non-alloy and alloy steel tubes with spec- ified elevated temperature properties
EN 10217-6:2019	Welded steel tubes for pressure purposes - Technical delivery conditions - Part 6: Submerged arc welded non-alloy steel tubes with specified low temperature properties
EN 10217-7:2014	Welded steel tubes for pressure purposes - Technical delivery conditions - Part 7: Stainless steel tubes
EN 10222-1:2017	Steel forgings for pressure purposes - Part 1: General requirements for open die forgings
EN 10222-2:2017	Steel forgings for pressure purposes - Part 2: Ferritic and martensitic steels with specified elevated temperatures properties
EN 10222-3:2017	Steel forgings for pressure purposes - Part 3: Nickel steels with specified low temperature properties
EN 10222-4:2017	Steel forgings for pressure purposes - Part 4: Weldable fine grain steels with high proof strength
EN 10222-5:2017	Steel forgings for pressure purposes - Part 5: Martensitic, austenitic and austenitic-ferritic stainless steels

Yhdenmukaistettujen materiaalistandardien käyttö painelaitedirektiivin soveltamisalaan kuuluvissa painelaitteissa on vaatimustenmukaisuusolettaman perusteella yksinkertaisin

keino täyttää direktiiviin liittyvät materiaalivaatimukset teknisten tietojen osalta. Materiaalien soveltuvuus on joka tapauksessa arvioitava aina tapauskohtaisesti ilmoitetun laitoksen tarkastajan toimesta viimeistään loppuarvioinnin yhteydessä laitteen suunnitteluarvojen perusteella. Loppuarvioinnin yhteydessä on huomioitava kaikki painelaitteeseen liittyvät valmistusvaiheet, jotka voivat vaikuttaa alkuperäisen materiaalin ominaisuuksiin. Esimerkiksi muovaus ja hitsaus voivat vaikuttaa olennaisesti perusmateriaalin ominaisuuksiin. (soveltamisohje G-01.)

Painelaitteessa käytettyjen materiaalien jäljitettävyyden toteutettavuus valmistajan toimesta direktiivissä mainitun asianmukaisen tavan mukaisesti. Olennaista on, että materiaalin jäljitettävyyden säilyminen läpi valmistusprosessin ja sen tavoitteena on välttää kaikenlainen epävarmuus käytetystä materiaalista ja sen spesifikaatiosta. Painelaitteen tyyppi eli sen monimutkaisuus, valmistusolosuhteet, sarja- tai yksittäistuotanto, erilaisten materiaalien käyttö ja näin ollen sekoittumisen vaara ovat asioita, jotka tulee ottaa huomioon, kun määritetään asianmukaista tapaa toteuttaa jäljitettävyyteen liittyvät käytännöt. Käytännön keinot voivat vaihdella yksittäisten osien merkinnöillä leimaamalla tai värikoodeilla tuotantoteknisiin menettelyihin. Mikäli on todennäköistä, että painelaitteessa käytetyt eri tyyppiset materiaalit pääsevät sekoittumaan valmistuksen aikana, on jäljitettävyyden toteutettavuus erilaisella tavalla, kuin tilanteessa jossa sekoittumisvaaraa ei ole. Tällöin esimerkiksi hallinnolliset keinot voivat olla riittävät. (soveltamisohje G-04.)

Markkinavalvontaviranomainen, Suomessa Tukes, voi halutessaan pyytää painelaitteen valmistajaa toimittamaan kaikki yksittäiseen painelaitteeseen liittyvät tekniset asiakirjat ml. materiaalien aineodistukset, jolloin käytössä oleva jäljitettävyyden järjestelmä on oltava aukoton. Mikäli viranomainen havaitsee valvonnassa puutteita tai turvallisuuteen vaikuttavia olennaisia turvallisuusriskejä esimerkiksi valmistajan käyttäneiden materiaalien osalta, voi valmistaja joutua poistamaan kaikki ne laitteet markkinoilta, joissa on käytetty samaa materiaalityyppiä, mikäli havaittua riskiä ei pystytä kohdentamaan tiettyyn toimituserään. (soveltamisohje G-04.) Näin ollen mitä tarkempi jäljitettävyyden järjestelmä painelaitteen valmistajalla on käytössä, sen parempi suoja kyseisellä valmistajalla on vastaanottaa ja käsitellä esimerkiksi materiaalivalmistajan tekemiä virheitä.

Painelaitteissa käytetyt materiaalit jaotellaan sen perusteella, miten ne sijoittuvat valmistettavaan laitteeseen ja mikä niiden vaikutus on painelaiteturvallisuuden kokonaisuuden kannalta. Karkea jaottelu menee seuraavasti:

- paineenalaiset pääosat
- muut paineenalaiset osat
- paineenalaisiin osiin kiinnitetyt osat
- muut osat. (soveltamisohje G-05.)

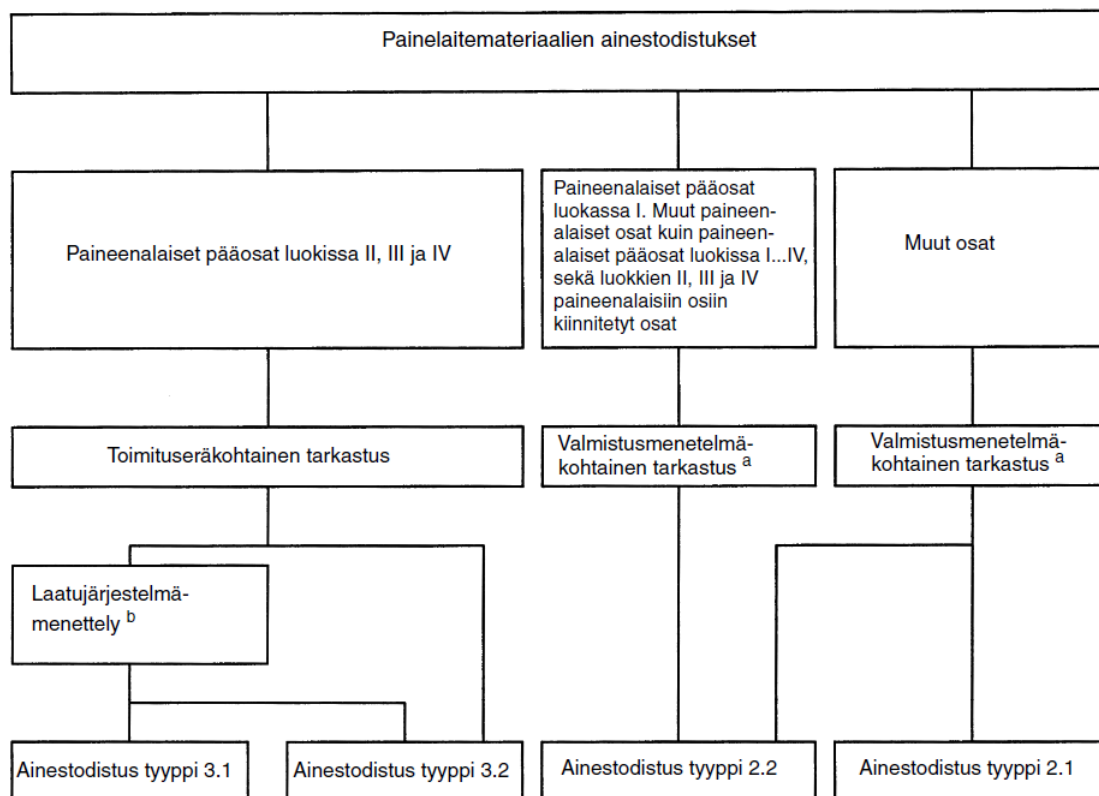
Paineenalaisiin pääosiin luetaan ne osat, jotka ovat paineen vaikutuksenalaisia ja muodostuvat laitteen paineenalaisen kuoren sekä ovat näin ollen olennaisia laitteen lujuuden ja eheyden kannalta. Näitä osia ovat muun muassa säiliöiden vaipat, päädyt, runkojen päälaihat sekä lämmönvaihtimissa putkisarjat ja putkilevyt. (soveltamisohje G-06.) Ruuveja ei lueta paineenalaisiksi pääosiksi, mikäli yksittäisen ruuvin rikkoutumisen seurauksena ei aiheudu paineen äkillistä purkautumista (soveltamisohje G-08).

Paineenalaisiin osiin kiinnitettyjä osia on lueteltu painelaitedirektiivin 2 artiklan 1 kohdassa seuraavasti: *"laihat, yhteet, liittimet, kannattimet ja nostokorvakkeet"*. Näin ollen esimerkiksi vesiputkikattiloiden seinäputkien evät ja säiliöiden painerunkoon suoraan kiinnitetyt tukijalat tai niiden tukilevyt täyttävät määritelmän. Muihin osiin luetaan ne osat, jotka eivät sisälly aiemmin määriteltyihin kohtiin, kuten tukijalat joita ei liitetä suoraan säiliön painerunkoon.

Hitsauslisäaineet jaotellaan omanaan, ja lisäainevalmistajan on toimitettava standardin EN 10204:2004 tyyppin 2.2 mukainen ainestodistus valmistettaville lisäaineille. Lisäksi jäljitettävyyden osalta noudatetaan samankaltaisia vaatimuksia kuin muidenkin materiaalien kohdalla. Jäljitettävyyden voi perustua tuotantoteknisiin menettelyihin, jotka sisältävät lisäaineen vastaanoton, tunnistuksen, varastoinnin, siirron valmistukseen, väliaikaisen varastoinnin ja käytön valmistuksen aikana sekä liittyvien ainestodistusten saatavuuden varmistamisen lopputarkastuksen yhteydessä. Ainestodistuksista on käytävä ilmi lisäaineiden luokitteluun liittyvät tekniset ominaisuudet, kuten lisäaineen tai puhtaan hitsiaineen kemiallinen koostumus, puhtaan hitsiaineen mekaaniset ominaisuudet kuten myötö- ja murtolujuus sekä murtovenymä ja iskutikeus luokittelumerkinnän mukaisessa lämpötilassa. Koetuloksia ei tarvitse

kuitenkaan esittää toimituseräkohtaisina, vaan ne voivat perustua valmistusmenetelmäkoh-  
tisiin testauksiin ja tarkastuksiin koetustodistuksen 2.2 mukaisesti. (soveltamisohje G-10.)

Materiaalien jaottelu ja laitteen painelaitedirektiivin mukainen luokitus vaikuttavat tarvitta-  
vien tarkastusasiakirjojen sisältöön ja tyyppiin kuvan 9 mukaisesti.



<sup>a</sup> Valmistusmenetelmäkohtainen tarkastus voidaan korvata toimituseräkohtaisella tarkastuksella, mikäli se on määritelty materiaalistandardissa tai tilauksen yhteydessä.

<sup>b</sup> Materiaalivalmistajan laadunvarmistusjärjestelmä, jonka Euroopan talousalueelle sijoittautunut toimivaltainen elin on sertifioinut ja johon kuuluu erityinen arviointi materiaaleja varten.

Kuva 9 Materiaalien aineodistukset (SFS-EN 10204:2004, kuva ZA.1)

### 3.9.2 Hitsauksen henkilöpätevänti

PED:n liitteen I kohdassa 3.1.2 käydään läpi pysyviä liitoksia tekevien henkilöiden päte-  
vyysvaatimuksia. Kohdassa mainitaan seuraavaa:

*”Painelaitteiden paineenkestoon vaikuttavien osien ja niihin suoraan kiinnitettyjen osien pysyvät liitokset on teetettävä henkilöillä, joilla on asianmukainen pätevyys, ja ne on toteutettava sopivien menetelmien mukaisesti.*

*Menetelmät ja henkilöt hyväksyy luokkaan II, III ja IV kuuluvien painelaitteiden osalta toimivaltainen kolmas osapuoli, joka on valmistajan valinnan mukaan*

*— ilmoitettu laitos,*

*— jäsenvaltion 20 artiklan mukaisesti tunnustama kolmannen osapuolen organisaatio.*

*Hyväksymistä varten mainittu kolmas osapuoli tekee tai teettää asianmukaisten yhdenmukaistettujen standardien mukaisia tutkimuksia ja testejä tai niitä vastaavia tutkimuksia ja testejä.”*

Hitsausliitos on erikoisprosessin tuloksena syntynyt liitos, joka luetaan painelaitedirektiivin määritelmän mukaisesti pysyväksi liitokseksi (PED 2 artikla 13 kohta). Tällöin edellä mainitut vaatimukset koskevat myös hitsaajia sekä hitsausoperaattoreita. G moduulin mukaisessa tarkastuksessa ilmoitettu laitos on velvollinen tarkistamaan myös hitsauksen henkilö-pätevöinteihin liittyvät asiakirjat, kuten hitsaajien pätevyystodistukset. (PED, LIITE III kohta 10.)

Yleinen tapa täyttää sulahitsausta harjoittavien hitsaajien pätevyysvaatimukset on teettää pätevyyskokeita painelaitedirektiivin yhdenmukaistettujen standardien mukaisesti. Sulahitsauksella tarkoitetaan *”hitausta, jossa hitsi saadaan aikaan sulattamalla railopinnat paikallisesti ilman ulkoista voimaa lisäaineen kanssa tai ilman lisäainetta”* (SFS 3052:2020 kohta 3.1.1.2). Yhdenmukaistetut standardit sulahitsausta harjoittavien hitsaajien pätevyyskokeille ovat:

- EN ISO 9606-1:2017 (soveltuu teräksille)
- EN ISO 9606-2:2004 (soveltuu alumiinille ja alumiiniseoksille)
- EN ISO 9606-3:1999 (soveltuu kuparille ja kupariseoksille)
- EN ISO 9606-4:1999 (soveltuu nikkelifille ja nikkelifiseoksille)
- EN ISO 9606-5:2000 (soveltuu titaanille ja titaaniseoksille sekä zirkoniumille ja zirkoniumseoksille).

Mekanisoituun ja automatisoituun hitsaukseen liittyvien hitsausoperaattorien ja -asettajien pätevyyskokeet suoritetaan yleisesti standardin EN ISO 14732:2013 mukaisesti, joka ei ole kuitenkaan painelaitedirektiivin yhdenmukaistettu standardi. Hitsausoperaattorien pätevyysvaatimukset esitetään usein yhdenmukaistetuissa tuotestandardeissa, jotka lueteltiin aiemmin kappaleessa 3.3.

Painelaitedirektiivin luokan I laitteissa hitsaushenkilöstölle ei tarvita ilmoitetun laitoksen tai mainitun 20 artiklan mukaisen kolmannen osapuolen organisaation hyväksyntää, myös muun organisaation tai valmistajan itsensä suorittama pätevänti riittää. Kolmannen osapuolen organisaatioista pidetään listaa NANDO tietokannassa.

EN ISO 9606 -standardisarjan mukaisesti suoritettujen pätevyyskokeiden perusteella hitsaajat saavat pätevyysalueet, jotka perustuvat oleellisiin muuttujiin. Jokaiselle oleelliselle muuttujalle annetaan pätevyysalue, jonka perusteella hitsaaja saa suorittaa hitsaustyötä. Esimerkiksi EN ISO 9606-1:2017 standardin mukaiset oleelliset muuttujat ovat:

- hitsausprosessi
- tuotemuoto (levy ja putki)
- hitsilaji (päittäishitsi ja pienahitsi)
- lisäaineryhmä
- lisäainetyyppi
- mitat (aineenpaksuus ja putken ulkohalkaisija)
- hitsausasento
- hitsin yksityiskohdat (kiinteä juurituki, kaasujuurituki, jauhejuurituki, sulava juurituki, hitsaus yhdeltä puolelta, hitsaus molemmilta puolilta, yksipalkokerros, monipalkokerros, myötähitsaus, vastahitsaus).

Hitsaushenkilöstö voidaan myös hyväksyä suorittamaan PED:n mukaisia pysyviä liitoksia käyttämättä hyväksynnässä apuna yhdenmukaistettuja standardeja. Tässä tapauksessa valmistajan on sovellettava jotakin teknistä asiakirjaa, kuten yhdenmukaistetun standardin luonnosversiota, ammatillista asiakirjaa, aiheeseen liittyvää opasta, tunnustetun kolmannen

osapuolen tai ilmoitetun laitoksen laatimaa asiakirjaa, jonkun alaan liittyvän yrityksen laatimaa asiakirjaa tai valmistajan itse laatimaa asiakirjaa. Asiakirjan tulee sisältää vähintään tiedot hitsaushenkilöstön käytössä olevista laitteista, eritelmä käytettävän prosessin automaatioasteesta ja henkilöstön suorittamista toiminnoista, kokeen hyväksyntään käytettävän koekappaleen valmistukseen liittyvät ehdot sekä vaaditut koetulokset, pätevyysalue sekä pätevyiden voimassaoloaika. (soveltamisohje F-06.)

### 3.9.3 Hitsausohjeiden hyväksyntä

Hitsaus on liittämismenetelmä, joka voidaan jakaa hitsausprosessin perusteella kahteen pääryhmään eli sulahitsaukseen ja puristushitsaukseen. Sulahitsaus voidaan jakaa edelleen viiteen alaryhmään, joita ovat sulalla hitsaus esimerkiksi termiittihitsaus, kaasuhitsaus, kaasussa tapahtuvan sähköpurkauksen avulla hitsaus eli perinteisemmin kaarihitsaus, säteellä hitsaus kuten laser- ja elektronisuihkuhitsaus ja sähkövirralla hitsaus kuten vastussulahitsaus. Puristushitsaus on prosessi, jossa hitsi aikaansaadaan puristamalla liitospinnat toisiinsa mahdollisen kuumennuksen avustamana. Se voidaan myös jakaa viiteen alaryhmään, joita ovat sähkövirralla, kaasulla, liike-energialla (esim. kitkahitsaus), kiinteällä kappaleella tai kaasussa tapahtuvan sähköpurkauksen avulla hitsaus. (IWE, Suoranta, 2.pdf, 12.)

Vaatimukset pysyvien liitosten tekemiseen käytettävien menetelmien hyväksyntään liittyen mainitaan niitä tekevän henkilöstön tapaan PED:n liitteen I kohdasta 3.1.2. Hitsaukseen liittyvien menetelmien hyväksyntää koskee näin ollen samoja vaatimuksia kuin sitä suorittavan henkilöstön hyväksyntää.

Pysyvien liitosten osalta menetelmien hyväksyntä perustuu useimmiten yhdenmukaistettujen standardien soveltamiseen. Hitsaus on liittämismenetelmänä monimutkainen prosessi, joka edellyttää toistettavuuden kannalta hitsausohjeen. Hitsausohje (eng. welding procedure specification eli WPS) on määritelty SFS 3052:2020 standardissa seuraavasti: *”hyväksytty asiakirja, jossa esitetään vaadittavat hitsausmenetelmän (3.5.3) muuttujat toistettavuuden varmistamiseksi tuotantohitsauksessa.”* Kuten kappaleessa 3.8.2 mainittiin, myös hitsausohjeet tulee hyväksyä ilmoitetun laitoksen tai tunnustetun kolmannen osapuolen toimesta PED:n luokan II, III ja IV laitteiden osalta.



Hitsausohjeiden hyväksyntä metallien osalta tapahtuu yleisimmin yhdenmukaistettujen standardien avulla, joita ovat:

- EN ISO 15613:2004 (hyväksyntä esituotannollisella kokeella)
- EN ISO 15614-1:2004, EN ISO 15614-1:2004/A1:2008, EN ISO 15614-1:2004/A2:2012 (terästen kaari- ja kaasuhitsaus sekä nikkelin ja nikkelseosten kaarihitsaus)
- EN ISO 15614-2:2005, EN ISO 15614-2:2005/AC:2009 (alumiinin ja alumiiniseosten kaarihitsaus)
- EN ISO 15614-4:2005, EN ISO 15614-4:2005/AC:2007 (alumiinivalujen viimeistelyhitsaus)
- EN ISO 15614-5:2004 (titaanin, zirkoniumin ja niiden seosten kaarihitsaus)
- EN ISO 15614-6:2006 (kuparin ja kupariseosten kaari- ja kaasuhitsaus)
- EN ISO 15614-7:2007 (päällehitsaus)
- EN ISO 15614-8:2016 (putkien hitsaus putkilevyihin)
- EN ISO 15614-11:2002 (elektronisuihku- ja laserhitsaus).

Edellä mainittujen standardien perusteella suoritettu sekä tarkastettu ja testattu koe antaa hyväksynnän hitsausohjeelle, jossa on esitetty vaadittavat hitsausmenetelmälle asetetut muuttujat. Hitsausmenetelmä on toimenpiteiden sarja, joka sisältää hitsausprosessit, tiedot materiaaleista, hitsausaineista kuten suojakaasuista ja lisäaineista, railosta, mahdollisesta esikuumennuksesta, hitsauksen suoritustavasta, jälkilämpökäsittelyyn liittyvistä seikoista tarpeen vaatiessa sekä käytettävistä laitteista (SFS 3053:2020). Kokeen perusteella annettava pätevyysalue määräytyy esimerkiksi EN ISO 15614-1:2004 + A1 + A2 standardissa seuraavasti:

- valmistajakohtainen kattavuus
  - o hitsausohjeelle saadun hyväksynnän kattavuus valmistajan eri toimipaikoissa
- materiaalikohtainen kattavuus
  - o perusaineiden CR ISO 15608 mukainen ryhmittely
  - o aineenpaksuus ja putken ulkohalkaisija
  - o putken haaraliitoksen kulma
- hitsausmenetelmästä riippumaton kattavuus
  - o hitsausprosessit

- hitsausasennot
  - liitosmuoto / hitsilaji
  - lisäaineet, luokitus
  - lisäaineen kauppanimi
  - lisäaineen koko
  - virtalaji
  - lämmöntuonti
  - korotettu työlämpötila
  - välipalkkolämpötila
  - vedynpoistohehkutus
  - PWHT eli hitsauksen jälkeinen lämpökäsittely
  - esilämpökäsittely
- hitsausprosessikohtaiset pätevyysalueet
- EN ISO 4063 mukaiset numerotunnukset.

Käytännössä hitsausohjeen hyväksyntä aloitetaan laatimalla EN ISO 15609 standardisarjan mukainen alustava hitsausohje (pWPS) ammattitaitoista hitsaushenkilöstöä sekä lisäainevalmistajien ohjeistusta apuna käyttäen ja tuotannon vaatimukset huomioiden. Tämän jälkeen alustava hitsausohje hyväksytetään aiemmin listattujen yhdenmukaistettujen hitsausstandardien avulla, joko ilmoitetun laitoksen, tunnustetun kolmannen osapuolen tai valmistajan toimesta. (IWE- kurssimateriaali, Toikka.)

Painelaitedirektiivi sallii pysyvien liitosten tekemiseen käytettävien menetelmien hyväksynnän myös muulla tavoin, kuin yhdenmukaistettujen standardien avulla. Tällöin valmistajan tulee soveltaa jotakin olemassa olevaa asiakirjaa, kuten yhdenmukaistetun standardin luonnosehdotelmaa, tunnustetun kolmannen osapuolen tai ilmoitetun laitoksen laatimaa asiakirjaa, valmistajan itse laatimaa asiakirjaa, jotakin ammatillista asiakirjaa tai opasta. Hyväksyntään liittyvän asiakirjan tulee sisältää vähintään käytettävään menetelmään liittyvät oleelliset muuttujat, jotka voivat vaikuttaa liitoksen ominaisuuksiin, menetelmän hyväksyntään käytetyt asianmukaiset tarkastukset ja testaukset, jotka ottavat huomioon mm. materiaaleille asetetut olennaiset turvallisuusvaatimukset, hyväksymiskriteerit sekä pätevyysalue. Erityishuomio on asetettava liitoksen ominaisuuksiin, joiden tulee vastata liitettävien materiaalien

(perusaineen/-aineiden) vähimmäisominaisuuksia, ellei muita vastaavia ominaisuuksia oteta erityisesti huomioon jo suunnitteluvaiheessa. (soveltamisohje F-11.)

#### **3.9.4 Paineenalaisten osien muovaus**

Painelaitedirektiivi ottaa kantaa osien muovaukseen liitteen I kohdassa 3.1.1. Muovaus ei saa aiheuttaa sellaisia vikoja, halkeamia tai muutoksia mekaanisiin ominaisuuksiin, jotka voivat vaikuttaa painelaitteen turvallisuuteen. PED ei kuitenkaan edellytä pätevöintimenetelyä muovausmenetelmille pysyvien liitosten tapaan. Valmistajan on silti teknisissä asiakirjoissa osoitettava, että olennaiset turvallisuusvaatimukset täyttyvät myös muovattujen osien osalta. (soveltamisohje F-03.)

G moduulin mukaisessa lopputarkastuksessa ilmoitettu laitos on velvollinen tarkastamaan kyseiset muovaukseen liittyvät asiakirjat ja arvioitava niiden asianmukaisuus (PED, LIITE III, 10 kohta).

Painelaitteissa käytettyjen osien muovaukseen otetaan kantaa useimmiten niiden tuotestandardissa. Esimeriksi SFS-EN 13445-4:2014 standardin kappaleessa 9 käydään läpi paineenalaisten osien muovaukseen liittyviä asioita. Kyseisessä standardissa muovaus jaetaan kahteen prosessiryhmään, osien kylmä- ja kuumamuovaus. Näille prosesseille annetaan omat muovausohjeet, joita tulee noudattaa. Ohjeiden sisältö vaihtelee muovattavasta materiaalista ja niissä annetaan rajoituksia muovauksessa käytettäville lämpötiloille, pitoajoille sekä kuumennusnopeuksille. Lisäksi standardissa käydään läpi muovauksen jälkeiset lämpökäsittelyvaatimukset, jotka vaihtelevat pääasiassa muovattavan materiaalin perusaineryhmästä, tuotemuodosta, muovausprosessista ja muovausasteesta.

Näytteenottovaatimukset rikkovia testauksia varten vaihtelevat muovausprosessista ja lämpökäsittelystä. Esimerkiksi kylmämuovatuille ei lämpökäsitellyille levy- tai putkituotteille ei edellytetä rikkovaa testausta. Testaukseen tarvittavat koekappaleet lisätään alkuperäisten muovattavien osien jatkeeksi tai koekappaleet muokataan ja lämpökäsitellään omanaan alkuperäisellä materiaalilla, vastaavin menetelmin, kuin painelaitteeseen liitettävät muovattavat osat. Koekappaleiden testauksille sekä tulosten arvioimiseen asetetut vaatimukset esitetään kappaleessa 9.6. Edellytyksenä toimitusvalmiille tuotteille on myös silmämääräinen sekä

mittatarkastus, joiden tulokset tulee dokumentoida. Lisäksi tuotteiden merkinnälle ja toimitettavalle dokumentaatiolle annetaan omat vaatimukset. (SFS-EN 13445-4:2014)

SFS-EN 12952-5:2011 yhdenmukaistetun standardin kappaleessa 7 käydään läpi vesiputkikattiloissa käytettävien materiaalien leikkaus, muovaus ja valmistustoleranssit. Muovaus on jaettu osien tyyppin mukaan lieriöiden, kammioiden ja päätyjen sekä putkikäyrien kesken. Lieriöt, kammiot ja päädyt joko kylmä- tai kuumamuovataan sekä lämpökäsitellään tarvittaessa. Muovattujen levyjen lämpökäsittelylle annetaan ohjeet standardin kohdassa 10.2. Valmiiden muovattujen osien tulee täyttää standardin kohdan 7.4 toleranssivaatimukset. Hitsatut ja muovatut rakenteet käsitellään omanaan ja niille annetaan standardissa mm. työkoevaatimuksia.

Standardin EN 12952-5:2011 mukaisten putkikäyrien taivutukset edellyttävät menetelmäkokeita, jotka perustuvat kyseisen standardin velvoittavaan liitteeseen A. Kokeet on suoritettava sellaisilla putkikokojen yhdistelmillä, materiaaleilla ja taivutussäteillä, jotka osoittavat valitun taivutusmenetelmän riittävyyden. Taivutetuille putkikäyrien mittatarkastukselle on asetettu vaatimuksia, jotka vaihtelevat taivutettavien putkien ulkohalkaisijan mukaan ja jotka tuotteiden tulee täyttää. Riippuen ulkohalkaisijasta, putkikäyrien ulkosyrjän ohenemiselle, sisäsyrjän paksuuntumiselle sekä putken epäpyöreydelle eli ympyrämuodosta poikkeamiselle asetetut vaatimukset tulee täyttää. Niiden mittaaminen edellyttää rikkomatonta aineenkoestusta. Lisäksi putkikäyrille tulee suorittaa silmämääräinen tarkastus, jossa arvioidaan mahdollisten halkeamien, hiertymien, kuoriutumien tai painaumien olemassaoloa sekä käyrien sisäsyrjällä olevien ryppyjen suuruutta. Taivutettujen putkikäyrien lämpökäsittelylle annetaan omat vaatimukset standardin 7.3.8 ja 7.3.9 kohdissa.

EN 12952-5:2011 liitteen A mukaiset putken taivutuksen menetelmäkokeet on jaettu kolmeen ryhmään:

- Kuuma- tai kylmämuovattujen putken taivutukset ulkohalkaisijan ollessa enintään 142 mm.
- Kylmämuovattujen putken taivutukset ulkohalkaisijan ollessa yli 142 mm.
- Kuumamuovattujen putken taivutukset ulkohalkaisijan ollessa yli 142 mm.

EN 12952-5:2011 liitteessä A kerrotaan menetelmäkokeiden sisältö, joka muodostuu taivutusprosessista, taivutuksen jälkeisestä lämpökäsittelystä (PBHT eli post bending heat treatment), pätevyysalueesta sekä koevaatimuksista, jotka kirjataan ja verrataan standardin kohdan 7.3 vaatimuksiin. Menetelmäkokeille suoritetaan myös rikkovia testauksia. Kuten aiemmin mainittu, painelaitedirektiivi ei edellytä osien muovaukseen liittyvien menetelmäkokeiden hyväksyntää ilmoitetun laitoksen toimesta, vaan hyväksyntä jää valmistajalle. Yksittäistapauksissa menetelmäkoe voidaan korvata taivutusten esityökokeilla kohdan 7.3.2 mukaisesti.

### **3.9.5 Lämpökäsittely**

Painelaitedirektiivi edellyttää lämpökäsittelyn suorittamista liitteen I kohdassa 3.1.4, mikäli valmistusmenetelmä saattaa aiheuttaa aineen ominaisuuksien muutoksia määrin, jotka vaarantavat painelaitteen eheyden. Lisäksi olennaiset turvallisuusvaatimukset on täytettävä painelaitteessa käytettyjen materiaalien osalta myös esimerkiksi hitsatussa tilassa, jolloin hitsauksen jälkeinen lämpökäsittely voi olla ainut keino täyttää vaatimukset.

Lämpökäsittely on menetelmä tai useamman menetelmän yhdistelmä, jossa metalliseos asetetaan ennalta määritetyn lämpötilavaihtelun alaiseksi ja jonka tavoitteena on saavuttaa tietyt aineominaisuudet. Näitä ominaisuuksia ovat mm. sopiva mikrorakenne, sitkeyden ja lujuuden lisäys, kylmämuovattavuuden tai korroosionkestävyyden parantaminen, jännitysten pienentäminen (esimerkiksi hitsauksessa syntyneet jäännösjännitykset) sekä kulumiskestävyyden parantaminen. Useimmiten teräksen lämpökäsittely perustuu austeniitin muodostumiseen ja sen hajoamiseen. Lopulliseen lämpökäsiteltyyn rakenteeseen vaikuttavat jäähtymisnopeus, koostumus, hiilipitoisuus sekä muut seosaineet, pitolämpötila sekä -aika. (IWE-kurssimateriaali, Martikainen)

Yhdenmukaistetuissa tuotestandardeissa käydään läpi tarkemmin lämpökäsittelyn vaatimuksia. EN 12952-5:2011 standardissa lämpökäsittelyosio on jaettu hitsausta ja polttoleikkausta edeltävään esikuumennukseen sekä hitsauksen ja muovauksen jälkeiseen lämpökäsittelyyn. Ferriittisten terästen kaarihitsausta edeltävälle esikuumennukselle annetaan yleisohjeita standardissa EN 1011-1:2009 ja yksityiskohtaisemmat tiedot standardissa EN 1011-2:2001. Austeniittisille teräksille ei EN 12952-5:2011 edellytä esikuumennusta.

Esikumennustarve riippuu mm. hitsattavasta materiaalista, aineenpaksuudesta, hitsausprosessista (ml. lämmöntuonti) sekä hitsausolosuhteista. Lisäksi on huomattava, että esikumennustarve on olemassa myös esimerkiksi silloitushitsauksen yhteydessä, mikäli hitsausohjeessa edellytetään esikumennusta. Esikumennustarve määritetään hitsattavan materiaalin halkeamaherkkyuden perusteella. (EN 1011-1:2009, 8.3) Esikumennustarve korostuu erityisesti teräksillä, jotka ovat kylmähalkeama- eli vetyhalkeama-alttiita hitsauksessa tai polttoleikkauksessa. Esikumennuslämpötilan, aineenpaksuuden ja materiaalin perusteella annetaan termistä leikkausta edeltävälle esikumennukselle suositusarvoja standardissa EN 12952-5:2011. Hitsausta edeltävä esikumennuslämpötila määritetään menetelmätai esituotannollisen kokeen perusteella ja kuten kappaleessa 3.8.3 mainittiin, esikumennus kuuluu standardin EN ISO 15614-1:2004+A1+A2 (standardissa korotettu työlämpötila) oleellisiin muuttujiin ja pätevyysalueeseen. Edellytyksenä tuotantohitsauksessa on menetelmäkokeessa käytetty vähimmäislämpötila esikumennuksen osalta ja mikäli esikumennuslämpötilaa halutaan alentaa, vaatii se uuden menetelmäkokeen (EN ISO 15614-1:2004+A1+A2, 8.4.9). Esikumennuksen avulla hitsi jäähtyy hitaammin, mikä pienentää osaltaan kylmähalkeiluriskiä (Kyröläinen et al. 2016, 106). Esikumennus myös pienentää hitsissä ja sen ympäristössä olevia jännityksiä, mahdollistaa vedyn poistumisen hitsistä sekä hitsin lämpövyöhykkeeltä (eng. heat affected zone HAZ), nostaa hitsattavan kappaleen lämpötilaa esimerkiksi ulkotiloissa tapahtuvan hitsauksen mahdollistamiseksi sekä polttaa epäpuhtauksia ja haihduttaa veden hitsausrailosta (Kyröläinen et al. 2016, 106).

Hitsauksen jälkilämpökäsittely kuuluu myös standardin EN ISO 15614-1:2004+A1+A2 pätevyysalueeseen oleellisena muuttujana ja sen lisääminen tai poisjättäminen ei ole sallittua. Hitsauksen jälkilämpökäsittelyn (eng. post weld heat treatment PWHT) teknisiä syitä ovat muun muassa kovien ja hauraiden vyöhykkeiden pehmentäminen, jolla parannetaan liitoksen sitkeyttä sekä pienennetään haurasmurtumariskiä. Lisäksi teknisiä syitä ovat hitsauksen aiheuttamien jäännösjännitysten poistaminen, jolla pyritään parantamaan liitoksen mekaanista kestävyyttä esimerkiksi väsymistä vastaan. (IWE- kurssimateriaali, Lukkari)

Hitsaukseen liitetyt perinteiset jälkilämpökäsittelymenetelmät ovat normalisointi-, myöstö- ja vedynpoistohehkutus. Normalisoinnin avulla hitsin ja HAZ:n mikrorakenne saadaan muuttettua lopputuotteen kannalta mahdollisesti tavoiteltuun pienirakeiseen muotoon sekä tasoitettua etenkin runsasseosteisten lisäaineiden käytölle tyypillisiä paikallisia koostumuseroja. Myöstöhehkutuksella eli jännitystenpoistohehkutuksella pyritään poistamaan hitsauksessa syntyviä jäännösjännityksiä, jotka syntyvät lämpötilavaihteluista johtuvan lämpökutistumisen ja -laajenemisen johdosta. Vedynpoistohehkutuksen tavoitteena on poistaa hitsistä ja sen lämpövyöhykkeeltä haitallista vetyä esikuumennuksen tapaan, joka etenkin lujien terästen hitsauksessa aiheuttaa vety- eli kylmähalkeamia. (Kyröläinen et al. 2016, 105)

### 3.9.6 Rikkomaton aineenkoetus

Painelaitedirektiivin olennaisissa turvallisuusvaatimuksissa ei suoraan edellytetä muuta rikkomatonta aineenkoetusta (eng. non destructive testing NDT) pysyville liitoksille kuin silmämääräistä tarkastusta. PED:n liitteen I kohdassa 3.1.2 mainitaan kuitenkin seuraavaa:

*”Pysyvissä liitoksissa ja liitosvyöhykkeissä ei saa olla laitteiden turvallisuutta vaarantavia pintavirheitä tai sisäisiä vikoja.”*

Rikkomattomalla sekä osaltaan rikkovalla aineenkoetuksella on myös vaikutus jo suunnitteluvaiheessa huomioitavaan hitsausliitosten lujuuskertoimeen, joka esiintyy mm. liitteen I kohdan 2.3.3 laskentakaavoissa ja vaikuttaa suoraan laskennalliseen minimiseinämäpaksuuteen, seuraavalla tavalla:

*”Hitsattujen liitosten lujuuskerroin saa olla enintään seuraavan arvon suuruinen:*

- *laitteet, jotka on tarkastettu ainetta rikkovin ja ainetta rikkomattomin menetelmin siten, että on mahdollista tarkistaa, että liitoksissa ei kokonaisuudessaan ole merkittäviä vikoja: 1,*
- *laitteet, jotka on tarkastettu ainetta rikkomattomin tarkastuksin satunnaisotoksin: 0,85,*
- *laitteet, jotka tarkastetaan ainoastaan silmämääräisesti: 0,7.*

*Tarvittaessa jännityslaji ja liitoksen mekaaniset ja teknologiset ominaisuudet on myös otettava huomioon.”* (PED, LIITE I, 7.2 kohta).

Perinteiset rikkomattomat aineenkoetusmenetelmät on esitetty taulukossa 5, jossa on myös kuvattu karkea vertailu eri menetelmien välillä.

Taulukko 5 Perinteiset NDT-menetelmät (Kiwa Inspecta, koulutusmateriaali)

Menetelmä/ ominaisuus	Visuaalinen	Tunkeumaneste	Magneettijauhe	Pyörrevirta	Ultraääni	Radiografia
Havaittavat virheet	Pintavirheet	Pintavirheet	Pintavirheet	Pinta/sisäiset virheet	Pinta/sisäiset tasomaiset virheet	Sisäiset volymetriset epäjatkuvuudet
Tyypilliset lämpötilaraj oitukset	Varmin 10-30 °C välillä	10 - 50 °C (erikseen kuumankestävät aineet)	5 - 50 °C (märkäjauhe) - 15 - 200 °C (kuivajauhe)	0 - 50 °C (erikseen kuumankestävät anturit, mikäli lämpötilarajat ylittyvät)	0 - 50 °C (erikseen kuumankestävät luotaimet ja kylmänkestävät kytkentäaineet, mikäli lämpötilarajat ylittyvät)	0 - 50 °C (erikseen lämmönkestävät laitteet mikäli lämpötilarajat ylittyvät)
Materiaalisoveltuvuus	Kaikki materiaalit	Parhaiten eihukoisilla materiaaleilla	Ferromagneettiset materiaalit	Sähköä johtavat materiaalit	Kaikki ääntä vaimentamattomat materiaalit. Laaja materiaalisoveltuvuus.	Laaja materiaalisoveltuvuus.

Yleisesti käytössä olevat NDT-menetelmät ja niiden standardin EN ISO 17635:2016 mukaiset lyhenteet on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6 NDT-menetelmien lyhenteet (EN ISO 17635:2016, taulukko 1)

Tarkastusmenetelmä	Lyhenne
Pyörrevirtatarkastus	ET
Magneettijauhetarkastus	MT
Tunkeumanestetarkastus	PT
Radiografinen tarkastus	RT
Ultraäänitarkastus	UT
Silmämääräinen tarkastus	VT

Ainetta rikkomattomaan koetukseen liittyviä käsitteitä ovat tarkastustaso, arviointiraja, raportointiraja, hyväksymisraja, näyttämä sekä hitsiluokka. Tarkastustasolla tarkoitetaan kyseisen tarkastusmenetelmän soveltamisen säätöarvojen ja kattavuuden valinnan tasoa, jossa erilaiset tasot vastaavat eri herkkyyksiä ja/tai havaitsemistodennäköisyyttä. Eli tarkastusta-



son muuttuessa alemmasta tasosta vaativampaan tasoon, virheiden havaitsemistodennäköisyys kasvaa. Arviointiraja on taso, josta alkaen näyttämät arvioidaan ja raportointiraja vastaa tasoa, mistä lähtien näyttämät raportoidaan. Hyväksymisraja vastaa rajaa jonka alapuolella näyttämät hyväksytään. Näyttämällä tarkoitetaan käytetyn NDT-menetelmän mukaista hitsausvirheestä johtuvaa poikkeamaa tai signaalia muodossa, jonka kyseinen menetelmä tuo esille. Hitsiluokalla kuvataan hitsin laatua tiettyjen hitsausvirheiden tyyppien, koon ja määrän perusteella. (IWE- kurssimateriaali, Martikainen) NDT-tekniikalla tarkoitetaan NDT-menetelmän sovellutustapaa, kuten ultraäänen upotustekniikka (EN ISO 9712:2012, 14).

Yhdenmukaistetuissa tuotestandardeissa annetaan yksityiskohtaisempia tietoja rikkomattoman aineenkoetuksen suoritukseen, laajuuteen sekä hyväksymisrajoihin. Metalliset teollisuusputkistot standardi EN 13480-5:2017+A1:2019 sekä lämmittämättömät painesäiliöt standardi EN 13445-5:2014+A1:2018 määrittelevät vaatimukset NDT:n osalta kyseisten tuotestandardien soveltamisalan sisällä. Vesiputkikattilastandardissa 12952-6:2011 rikkomaton aineenkoetus on jaettu omiin kappaleisiin perusaineen sekä hitsien osalta. Perusaineen osalta viitataan standardiin EN 12952-2:2011, jonka mukaan rikkomaton aineenkoetus tulee tehdä. Hitsausliitosten osalta osio on jaettu menetelmä- ja laajuusvaatimukseen, henkilöstön pätevyysvaatimukseen, pintavirheiden havaitsemiseen, sisäisten virheiden tarkastukseen sekä pöytäkirjavaatimukseen. Vaaditut testauslaajuudet ja hyväksytyt menetelmät on esitetty taulukkomuodossa lieriölle, kammioille ja putkille erikseen. Taulukossa 7 on esitetty esimerkki putkien hitsien rikkomattoman aineenkoetuksen osalta.

Taulukko 7 Putkien hitsien rikkomaton aineenkoetus (EN 12952-6:2011, taulukko 9.1-3)

Hitsilaji	Pintavirheiden tarkastus <sup>a</sup>	Sisäisten virheiden tarkastus		
		Radiografinen kuvaus		Ultraäänitarkastus
<b>Kehähitsit</b>				
$e > 25$ mm tai $d_o > 142$ mm	100 %	100 % <sup>b c</sup>	tai	100 % <sup>b</sup>
Austeniittisten ja martensiittisten väliset eripariliitokset, kun $d_o < 76,1$ mm	100 % <sup>i</sup>	100 % <sup>h i</sup>	tai	–
Leimu- tai tyssähitsatut päittäisliitokset	ks. 6.1	ks. 6.1		ks. 6.1
Muut hitsit <sup>j</sup>		10 % <sup>c</sup> tai 10 % <sup>h</sup>	tai	10 % <sup>c</sup>
<b>Yhteiden hitsit</b>				
$e^d \geq 25$ mm (läpihitsattu)	100 % <sup>b</sup>	100 % <sup>c e f</sup>	tai	100 % <sup>e f</sup>
$15$ mm $\leq e^d < 25$ mm (läpihitsattu)	100 % <sup>b</sup>	10 % <sup>c e f</sup>	tai	10 % <sup>e f</sup>
Kaikki muut hitsit	10 %	–		–
<b>Kiinnikkeiden hitsit</b>				
Kuormaa kantavat hitsit	100 %	–		–
Ei kuormaa kantavat hitsit	10 %	–		–
Putkien ja evän väliset hitsit paneelirakenteessa	<sup>g</sup>	–		–
<sup>a</sup> Magneettijauh tarkastus, ellei käytettävissä, tarvittaessa tunkeumanestatarkastus. Tunkeumanesteterkastus on hyväksytty teräsryhmälle 1 <sup>b</sup> Vain 10 % ryhmien 1 ja 8 teräksillä. <sup>c</sup> Ulkohalkaisijan ollessa yli 80 mm teräsryhmillä 4 ja 6 vain ultraäänitarkastus on sallittu. <sup>d</sup> e on yhteen seinämänpaksuus. <sup>e</sup> Radiografinen tarkastus on sallittu ultraäänitarkastuksen asemesta silloin, kun ultraäänitarkastus ei ole mahdollinen. <sup>f</sup> Volumetristä tarkastusta ei vaadita, kun $d_o < 142$ mm. <sup>g</sup> Rajoittuu 100 % silmämääräiseen tarkastukseen. <sup>h</sup> Kun käytetään elliptistä kuvausta, niin hitsistä riittää osakuva <sup>i</sup> Konehitsatuille hitseille 10 %:n tarkastuslaajuus on riittävä <sup>j</sup> Kun käytetään elliptistä kuvausta, niin hitsistä riittää osakuva, kun kuvataan hitsejä, joissa $d_o < 76,1$ mm				

Lisäksi kyseisen standardin velvoittavan liitteen A vaatimukset on otettava huomioon compoundputkien eli putkien, joissa on metallurgisesti sidottu ferriittinen painetta kantava sisäosa ja korroosiota kestävä ulkokuori (määritelmä EN 12952-2:2011, 54), hitsausliitosten rikkomattoman aineenkoetuksen osalta.

Myös rikkomattoman aineenkoetuksen osalta muiden kuin yhdenmukaistettujen standardien käyttö on painelaitedirektiivin mukaan sallittu (soveltamisohje I-05). Tällöin valmistajan tulee jälleen soveltaa muita teknisiä ohjeita ja varmistaa, että painelaitedirektiivin olennaiset turvallisuusvaatimukset täyttyvät. Erityisesti muiden kuin metallisten materiaalien osalta voi tulla vastaan tilanne, jossa yhdenmukaistettua standardia ei ole saatavilla.

### 3.9.7 NDT- henkilöstön päteväinti

Sertifiointi ja akkreditointi ovat molemmat kolmannen osapuolen suorittamaa arviointia, jotka perustuvat kansainvälisiin standardeihin. Sertifiointitoimintaa voi harjoittaa kuka tahansa, mutta akkreditointi-palveluiden tarjoaminen Euroopan talousalueella on lainsäädännössä säädettyä toimintaa. Sertifiointi jaetaan kolmeen pääsektoriin; järjestelmä-, tuote- ja henkilösertifiointiin ja sen tarkoituksena on osoittaa ennalta määritettyjen vaatimusten täyttyminen, kuten esimerkiksi SFS-EN ISO 9001 laadunhallintajärjestelmästandardiin perustuen. Akkreditoinnilla taas tarkoitetaan pätevyyden toteamista ja osoittamista. Akkreditointia hakeva toimielin, kuten tarkastuslaitos, hakee päteväintiä määriteltyyn toiminta- /pätevyysalueeseen, jonka laajuudessa akkreditointielin arvioi pätevyyden ja myöntää pätevyyden alueelle, jonka osalta toimijan pätevyys on osoitettu. (FINAS-nettisivu)

PED liitteen I kohdassa 3.1.3 on asetettu vaatimuksia rikkomatonta aineenkoetusta suorittavan henkilöstön pätevyyteen liittyen. I luokan laitteiden osalta rikkomatonta aineenkoetusta suorittavilta henkilöiltä edellytetään asianmukaista pätevyyttä. Pätevyysvaatimukset ovat tiukemmat luokan III ja IV laitteiden osalta, jolloin NDT henkilöstöllä tulee olla 20 artiklan mukaisesti tunnustaman kolmannen osapuolen organisaation hyväksyntä. NDT-henkilöstön päteväintejä suorittaa Suomessa FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima sertifiointielin Inspecta Sertifiointi Oy (FINAS-nettisivu). Silmämääräisen tarkastuksen osalta ei edellytetä sitä suorittavan henkilöstön päteväintiä painelaitedirektiivin liitteen I kohdan 3.1.3 mukaisesti (soveltamisohje F-07).

Yleiset vaatimukset henkilösertifiointeja suorittaville sertifiointielimille annetaan standardissa SFS-EN ISO/IEC 17024:2012. NDT-henkilöstön päteväinti perustuu yleensä pohjoismaiseen Nordtest-järjestelmään pohjautuvaan, painelaitedirektiivin yhdenmukaistetun standardin EN ISO 9712:2012 vaatimukset täyttävään päteväintiprosessiin. Pätevyys on menetelmäkohtainen ja valittavissa olevat NDT-menetelmät sekä niiden tunnukset on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8 Pätevöitävät NDT-menetelmät ja niiden tunnuksset (SFS-EN ISO 9712:2012, taulukko 1)

NDT-menetelmä	Tunnus
Akustinen emissio	AT
Pyörrevirtatarkastus	ET
Infrapunalämpökameratarkastus	TT
Vuototarkastus	LT
Magneettijauhetaarkastus	MT
Tunkeumanestetarkastus	PT
Radiografinen kuvaus	RT
Venymäliuskatarkastus	ST
Ultraäänitarkastus	UT
Silmämääräinen tarkastus	VT

Tutkinnon voi suorittaa I, II tai III-tasolla. I-tasoon sertifioitu henkilö voi suorittaa tarkastuksia ainoastaan kirjallisten ohjeiden avulla II- tai III-tason henkilön valvonnan alaisena. Henkilön on pystyttävä asettamaan NDT-laitteisto toimintakuntoon, suorittamaan testauksia, kirjaamaan ja luokittelemaan tuloksia annettujen vaatimusten perusteella sekä raportoitmaan tulokset. I-tasoon sertifioitu henkilö ei kuitenkaan vastaa käytettävän NDT-menetelmän tai -tekniikan valinnasta tai arvioi tarkastustuloksia. (SFS-EN ISO 9712:2012, 22-23) Tuotestandardit EN 12952-6:2011 ja EN 13480-5:2017+A1:2019 edellyttävät, että NDT-henkilöstöllä on vähintään tason II pätevyys.

II- tasoon sertifioitu henkilö on pätevä suorittamaan rikkomatonta aineenkoetusta NDT-ohjeen mukaan ja hänet voidaan valtuuttaa työnantajan toimesta valitsemaan soveltuva NDT-tekniikka kyseessä olevalle NDT-menetelmälle, määrittämään ao. NDT-menetelmän soveltuksen rajoitukset, muuttamaan käytettäviä NDT-standardeja, -säännöstöjä, -spesifikaatioita ja -menettelyjä työohjeiksi todenmukaisiin työskentelyolosuhteisiin, asettamaan laitteisto toimintakuntoon ja todentamaan sen toimintakyky, suorittamaan ja valvomaan testausta, tulkitsemaan ja arvioimaan tarkastustuloksia sovellettavien standardien, spesifikaatioiden, säännöstöjen ja menettelyjen vaatimustenmukaisesti. Lisäksi henkilö on pätevä toteuttamaan ja valvomaan tason 1 ja 2 tehtäviä sekä opastamaan ja kouluttamaan 1 ja 2 tason henkilöitä. Tuloksien raportointi kuuluu myös tason 2 henkilön pätevyysalueeseen. (SFS-EN ISO 9712:2012, 24-25)

III- tason henkilö on pätevä johtamaan ja suorittamaan oman sertifiointialueen piiriin kuuluvaa NDT-toimintaa. Hänellä on kyky tulosten arvioimiseen ja tulkintaan käytettävien säännösten, standardien ja spesifikaatioiden soveltamisalan sisällä. Henkilöllä on riittävä NDT-

menetelmien ja -tekniikoiden valintaan vaadittu käytännön tietämys prosessi-, tuotanto- ja valmistustekniikasta sekä materiaalien käytöstä. Lisäksi henkilö kykenee avustamaan hyväksymisrajojen määrittämisessä tilanteissa, jossa niitä ei ole muuten saatavissa ja hänellä on yleinen perehtyneisyys muihinkin NDT-menetelmiin. Henkilö voidaan todistuksessa annetun pätevyyden perusteella valtuuttaa ottamaan täysi vastuu tarkastushenkilöistä, -laitteista tai tutkintokeskuksesta. NDT-työohjeiden ja NDT-ohjeiden vahvistaminen noudatettavaksi sekä toimituksellisen ja teknisen oikeellisuuden vahvistaminen sekä tarkistaminen kuuluvat myös tason III henkilön pätevyysalueeseen. Henkilö voi myös tulkita standardeja, säännöstöjä, spesifikaatioita ja NDT-ohjeita sekä valita käytettävät menetelmät, menettelytavat ja ohjeet. Lisäksi henkilö on pätevä valvomaan ja toteuttamaan NDT-testauksia sekä kouluttamaan NDT-henkilöstöä kaikkien kolmen tason osalta. (SFS-EN ISO 9712:2012, 24-25)

Painelaitedirektiivin luokan I ja II laitteiden osalta NDT-henkilöstön hyväksynnästä vastaa valmistaja. PED artiklan 20 mukainen kolmas osapuoli voi hyväksyä sellaisen NDT-henkilöstön, jonka pätevyys on sertifioitu jollakin muulla tavalla kuin yhdenmukaistetun standardin mukaisesti, suorittamaan rikkomatonta aineenkoetusta III ja IV luokkien mukaisten painelaitteiden osalta. Tällöin edellytyksenä on, että sertifiointikriteerit vastaavat yhdenmukaistetuissa standardeissa esitettyjä ja sertifiointi kattaa pysyvien liitosten testauksen. (soveltamisohje F-13)

### **3.9.8 Paineet**

Painelaitedirektiivin olennaisiin turvallisuusvaatimuksiin sisältyy lopputarkastus, joka pitää sisällään loppukokeen, koeponnistuksen sekä laitekokonaisuuksien osalta varolaitteiden tarkastuksen. Koeponnistukseen liittyvät vaatimukset on esitetty PED:n liitteen I kohdassa 3.2.2. Koeponnistus, myöhemmin painekoe, tehdään tavallisesti nestepainekokeena ja koepaineelle asetetaan omat vaatimukset PED:n liitteen I kohdassa 7.4. Kyseisen kohdan mukaista koepainetta käytetään, jos se on tarkoituksenmukaista, jolloin koepaineen tulee olla vähintään yhtä suuri, kuin korkein seuraavista:

- ”*paine, joka vastaa suurinta kuormitusta, joka käytössä olevaan laitteeseen voi kohdistua suurin sallittu käyttöpaine ja suurin sallittu lämpötila huomioon ottaen, ja kerrottuna kertoimella 1,25,*
- *suurin sallittu käyttöpaine kerrottuna kertoimella 1,43, sen mukaan kumpi on suurempi.*”

Kohta 7.4 koskee erityisesti painesäiliöitä, mutta kohtaa voidaan myös harkita muiden painelaitteiden, kuten putkistojen, paineenalaisten lisälaitteiden sekä varolaitteiden osalta. Koepaineen määrittämisessä on kuitenkin huomioitava laitteen suunnittelun yhteydessä määritetyt varmuuskertoimet, jotta laite ei painekokeen yhteydessä vaurioidu. (soveltamisohje H-02).

Yhdenmukaistettujen tuotestandardien EN 12952-3:2011, EN 13445-5:2014 ja EN 13480-5:2017+A1:2019 mukaiset koepaineen määrittämiseen käytettävät laskentakaavat ovat periaatteeltaan samanlaisia ja ne noudattavat PED:n liitteen I kohdan 7.4 vaatimuksia. Yhdenmukaistettujen tuotestandardien mukaisesti lasketut koepaineet ottavat näin ollen myös huomioon materiaalien lujuuden heikkenemisen korkeammissa lämpötiloissa, mikäli kyseinen lujuuden suhde tulee määrääväksi tekijäksi. EN 12952-3:2011 mukaiset koepaineen laskentakaavat on esitetty kappaleessa 2.3.2.

Painelaitedirektiivissä ei vaadita kokeissa käytettyjen painemittareiden kalibrointia, mutta yhdenmukaistetuissa standardeissa esitetään vaatimuksia sen osalta. Esimerkiksi EN 13445-5:2014 edellyttää painemittarin kalibrointia painevaa’alla, referenssipainemittarilla tai elohopeapatsaalla sekä uusintakalibrointia kerran vuodessa, ellei standardissa toisin määritetä. Myös esimerkiksi painemittarin näyttöasteikon ja koepaineen väliselle suhteelle annetaan vaatimuksia. (SFS-EN 13445-5:2014, 80) Lisäksi painekokeissa käytetylle väliaineelle annetaan laatuvaatimuksia yhdenmukaistetuissa tuotestandardeissa, kuten EN 13480-5:2017+A1:2019 edellyttää tiettyjen laatuvaatimusten täyttämistä austeniittisista ruostumattomista teräksistä valmistettujen putkijärjestelmien nestepainekokeessa käytetylle väliaineelle (EN 13480-5:2017+A1:2019, 22). Painekokeiden suoritukseen liittyvät menettelyt, kuten koepaineen nosto, pitoaika, tarkastuksen aikana vallitsevat tarkastuspaineet sekä paineen lasku käydään läpi yhdenmukaistetuissa tuotestandardeissa.

Sarjavalmistetuille luokan I laitteille voidaan tehdä painekoe tilastollisin perustein. Nestepainekoe voidaan myös korvata muilla hyväksytyillä kokeilla, mikäli nestepainekoe on vahingollinen tai sitä ei voida suorittaa. Tällöin kuitenkin edellytetään täydentäviä toimenpiteitä, kuten ainetta rikkomattomia tarkastuksia tai muita vastaavan tehokkuuden omaavia toimenpiteitä ennen kokeiden suorittamista. (PED, LIITE I, 3.2 kohta.) ”Muu hyväksytty koe” tarkoittaa kaasunpaineoetta (soveltamisohje H-16).

### **3.10 CE-merkintä ja kilpi**

Painelaitteeseen suoraan tai siihen tukevasti kiinnitettyyn kilpeen on kiinnitettävä kaikkien painelaitteiden osalta valmistusvuosi, painelaitteen tunnus, kuten esimerkiksi erä-, sarja- tai valmistusnumero, olennaiset korkeimmat sekä alimmat sallitut raja-arvot. Lisäksi kilpeen tai painelaitteeseen on kiinnitettävä painelaitetyypistä riippuen asennuksen, käytön tai toiminnan ja tarvittaessa huollon sekä määräaikaistarkastusten turvallisuuden kannalta tarpeellisia tietoja, kuten laitteen tilavuus litroissa, putkiston nimelliskoko DN, painekokeessa käytetty koepaine baareissa sekä päivämäärä, laitteen teho kilowatteina, syöttöjännite voltteina, käytötarkoitus, täyttöaste kilogrammoina per litra, suurin täyttömassa kilogrammoina, taaran paino kilogrammoina, sisältöryhmä ja tarvittaessa varoituksia kokemusperäisten käyttövirheiden välttämiseksi. (PED, LIITE I, 3.3 kohta.)

Edellä mainittuja merkintävaatimuksia ei tarvitse kiinnittää suoraan painelaitteeseen tai siihen kiinnitettävään kilpeen seuraavissa tapauksissa:

- laitekokonaisuuksissa esiintyvien yksittäisten osien, kuten esimerkiksi putkisto-osien toistuva merkintä voidaan toteuttaa käyttämällä asianmukaista asiakirjaa,
- kooltaan hyvin pienien painelaitteiden osalta, tiedot voidaan antaa laitteeseen kiinnitettyssä tarrassa,
- täyttömassan yksilöimiseen sekä aiemmin mainittujen käyttöön liittyvien varoitusten osoittamiseen voidaan käyttää tarraa tai muuta sopivaa välinettä, kunhan se pysyy luettavana tarvittavan ajan. (PED, LIITE I, 3.3 kohta.)

Painelaitteesta tai siihen kiinnitetystä kilvestä on myös löydettävä tietyt kriteerit täyttävä CE-merkki (kuva 11), valmistajan nimi, rekisteröity tuotenimi tai rekisteröity tavaramerkki

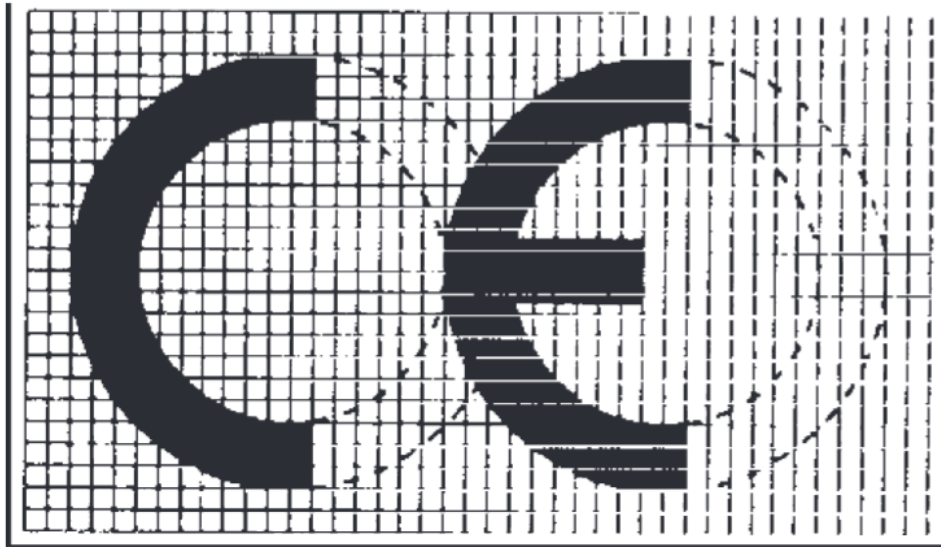
sekä postiosoite ja painelaitteen maahantuojan vastaavat tiedot tarvittaessa. Lisäksi CE-merkin yhteyteen on lisättävä sen ilmoitetun laitoksen numero, joka on arvioinut painelaitteen vaatimustenmukaisuuden. (PED, LIITE I, 3.3 kohta.) PSK 4917 standardin liitteen 7 mukainen esimerkkikilpi on esitetty kuvassa 10.

Valmistaja: <b>OY YRITYS AB</b>																
Osoite: Tehtaankatu 10, 01300 Vantaa, Finland																
<b>CE XXXX</b>																
<b>REKISTERINUMERO</b>	<input type="text" value="A-123456"/>															
<b>Valmistusnumero:</b>	<input type="text" value="23456"/>															
<b>Valmistusvuosi:</b>	<input type="text" value="2019"/>															
<b>Sallittu paine max / min, PS</b> <b>bar</b>	<input type="text" value="10/-1"/>															
<b>Sallittu lämpötila max / min, TS</b> <b>°C</b>	<input type="text" value="+100 / -40"/>															
<b>Koepaine (uutena):</b> <b>bar</b>	<input type="text" value="14,3"/>															
	<b>pvm</b> <input type="text" value="2.12.2019"/>															
<b>Tilavuus:</b> <b>L</b>	<input type="text" value="2000"/>															
<b>Sisällön ryhmä:</b>	<input type="text" value="2"/>															
<b>Tarkastustiedot:</b> voivat olla tarralla																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tarkastuslaji</th> <th>kk/vuosi</th> <th>Tarkastaja</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	Tarkastuslaji	kk/vuosi	Tarkastaja													
Tarkastuslaji	kk/vuosi	Tarkastaja														
Seuraava tarkastus:																

Kuva 10 Painelaitteen kilpi (PSK 4917 liite 7)



1. CE-merkintä koostuu kirjaimista "CE" seuraavalla tavalla graafisesti esitettyinä:



2. Jos CE-merkintää pienennetään tai suurennetaan, on noudatettava 1 kohdassa esitetyn kirjoitustavan mittasuhteita.
3. Jos erityissääöksessä ei vaadita erityistä kokoa, CE-merkinnän on oltava vähintään 5 mm korkea.

Kuva 11 CE-merkintä (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus N:o 765/2008, liite II)

### 3.11 Käyttöohjeet

Valmistajan asettaessa painelaitteita saataville markkinoilla, on niissä tarvittaessa oltava mukana laitteiden käyttäjille tarkoitetut käyttöohjeet. Käyttöohjeista on löydettävä turvallisuuden kannalta olennaisia tietoja, joita ovat tiedot asennuksen sekä painelaitteiden yhdistämisen osalta, käyttöönoton sekä käytön osalta, ja huollon sekä käyttäjien tekemien tarkastusten osalta. Käyttöohjeissa tulee toistaa kappaleessa 3.10 läpikäytyt merkinnät, pois lukien sarjanumeroa, ja käyttöohjeisiin on tarvittaessa liitettävä laitteen suunnittelun ja valmistuksen aikaiset tekniset asiakirjat sekä käyttöohjeiden ymmärtämiseen vaaditut piirustukset ja kaaviot. (PED, LIITE I, 3.4 kohta.)

Lisäksi käyttöohjeisiin tulee sisällyttää ja tarvittaessa korostaa aiemmin riskienarvioinnissa esiin nousseet, laitteen virheellisestä käytöstä syntyvät, jäljelle jäävät vaarat ja niiden mukaiset riskit. Suunnitteluominaisuuksien osalta on korostettava niitä tietoja, jotka ovat ratkaisevia laitteen käyttöiän kannalta. Näitä käytön kannalta olennaisia tietoja ovat esimerkiksi laitteen käyttöikään vaikuttavat käytöstä johtuvat kulumisilmiöt, joita ovat muun muassa

korroosio, viruminen ja väsyminen. (PED, LIITE I, 3.4 kohta.) Valmistajan on käyttöohjeissa toimitettava tietoja tarvittavista toimenpiteistä liittyen osien kulumiseen ja vaihtotarpeeseen, joiden avulla laitteen käyttöä voidaan jatkaa ilman esiintyvää vaaraa (soveltamisohje H-03 & PED, LIITE I, 2.7 kohta).

Käyttöohjeet on toimitettava laitteen vaatimustenmukaisuuden arvioinnista vastaavalle ilmoitetulle laitokselle arvioinnin yhteydessä ja ilmoitetun laitoksen on tarkastettava ohjeiden sisältö. Tämä siis edellyttää, että ilmoitettu laitos on mukana painelaitteen vaatimustenmukaisuuden arvioinnissa. Ilmoitetun laitoksen on tarkastuksen perusteella varmistettava, että käyttöohje ovat painelaitedirektiivin vaatimusten mukaiset. (soveltamisohje D-07.) Lisäksi on huomioitava, että käyttöohjeet on tarvittaessa toimitettava sen maan virallisella kielellä, jossa painelaite tai -kokonaisuus toimitetaan käyttäjälle. Kielivaatimus on voimassa, mikäli kyseinen jäsenvaltio vaatii tietojen toimittamista virallisella kielellä voimassa olevan kansallisen lainsäädännön perusteella. (soveltamisohje I-21.) Suomessa laitteen mukana toimitettavat käyttöohjeet, merkinnät, turvallisuuteen liittyvät tiedot sekä asiakirjat on oltava suomen tai ruotsin kielellä (Painelaitelaki 1144/2016, 18 §).

### **3.12 Vaatimustenmukaisuustodistus ja -vakuutus**

Moduulin G mukaisesta painelaitteen tai laitekokonaisuuden vaatimustenmukaisuuden arvioinnista vastaava ilmoitettu laitos myöntää tehtyjen tarkastusten ja testien perusteella vaatimustenmukaisuustodistuksen, jota valmistaja on velvollinen säilyttämään kymmenen vuotta laitteen markkinoille saattamisen jälkeen, ja kiinnittää tai kiinnityttää omalla vastuulla ilmoitetun laitoksen tunnusnumeron hyväksymäänsä painelaitteeseen. (PED, LIITE III, 10 kohta.)

Vaatimustenmukaisuustodistuksessa esitettävät tiedot ja sisältö määräytyvät vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyn eli käytetyn arviointimoduulin perusteella kansallisen lainsäädännön asettamasta vaatimuksesta (VnA 1548/2016, 16 §). Painelaitedirektiivissä ei suoraan aseteta vaatimuksia vaatimustenmukaisuustodistuksen sisällölle.

Vaatimustenmukaisuustodistuksen antamisen jälkeen valmistaja laatii painelaitteelle tai laitekokonaisuudelle EU-vaatimustenmukaisuusvakuutuksen. EU-vaatimustenmukaisuusvakuutuksen on täytettävä sisällöltään painelaitedirektiivin liitteen IV vaatimukset ja valmistajan on säilytettävä vakuutusta kansallisten viranomaisten saatavilla kymmenen vuoden ajan laitteen markkinoille saattamisen jälkeen. Vaatimustenmukaisuusvakuutukseen on sisällytettävä kaikkien sovellettavien unionin säädösten tunnistetiedot julkaisuviitteet mukaan lukien, jolloin valmistaja ottaa vastuun, että painelaite on kaikkien sovellettavien säädösten vaatimusten mukainen. (PED, 17 artikla & LIITE III 10 kohta.)

## 4 KATTILALAITTEKOKONAISUUS

Painelaitedirektiivin määritelmän mukaisesti laitekokonaisuus on valmistajan yhtenäiseksi ja toiminnalliseksi kokoama useasta painelaitteesta koostuva kokonaisuus (PED, 2 artikla). Määritelmän perusteella esimerkiksi PED:n soveltamisalan mukainen säiliö ja siihen lisättävä varolaitte muodostavat laitekokonaisuuden. Laitekokonaisuuksia koskevat samat olennaiset turvallisuusvaatimukset kuin yksittäisiä painelaitteita (PED, LIITE I). Laitekokonaisuuksien, jossa on vähintään yksi liekillä tai muulla tavoin lämmitettävä painelaitte, jossa on vaara ylikuumentumiselle sekä tuotettavan höyryn tai kuumen veden lämpötila on yli 110 °C on täytettävä painelaitedirektiivin olennaiset turvallisuusvaatimukset (PED, 4 artikla 2 kohta).

Laitekokonaisuuksien osalta vaatimustenmukaisuuden arviointimenettely määräytyy kokonaisuuteen liitettyjen laitteiden suurimman luokan mukaan, eli mikäli laitekokonaisuus muodostuu II-, III- ja IV-luokan painelaitteista, tulee laitekokonaisuuden vaatimustenmukaisuus arvioida IV-luokan mukaisen arviointimenettelyn, kuten moduulin G perusteella. Varolaitteet luokitellaan suoraan IV-luokkaan, lukuun ottamatta varolaitteita, jotka on valmistettu tiettyyn laitteeseen (PED, LIITE II, 2 kohta). Niiden luokitus ei kuitenkaan vaikuta laitekokonaisuuden arviointimenettelyn määräytymiseen. (PED, 14 artikla, 6 b) kohta.)

Laitekokonaisuuteen kuuluvia yksittäisiä painelaitteita yhdistäviä pysyviä liitoksia luokitellaan tapauskohtaisesti ja arvioiden liitoksen vaikutukset liitettävien painelaitteiden eheyteen. Esimerkiksi painesäiliöön jo valmiiksi hitsatun yhteen ja siitä lähtevän putken välinen liitos luokitellaan tavallisesti putkiston luokan mukaan, edellyttäen että liitos ei vaikuta säiliön eheyteen. (soveltamisohje C-15.) Painelaitteita yhdistävien liitosten eheys ja lujuus on varmistettava laitekokonaisuuden painekokeella tai ainetta rikkomattoman koetuksen perusteella (soveltamisohje C-06).

Kattilalaittekokonaisuuden määritelmä perustuu PED:n yhdenmukaistettuun standardiin EN 12952-1:2015 ja se täyttää painelaitedirektiivin liitteen I kohdan viisi määritelmän. Näin ollen liitteen I kohdan viisi erityisvaatimukset tulee myös ottaa huomioon kattilalaittekokonaisuutta valmistettaessa. Laitekokonaisuuden vähimmäiskokoonpano on määritetty soveltamisohjeessa C-04 ja sen mukainen kokoonpano on seuraava:

*”Laitekokonaisuuden tulee muodostua vähintään itse kattilasta, johon kuuluu kaikki paineenalaiset osat syöttöveden tuloputkesta alkaen (tuloputken venttiili mukaan lukien) höyryn ja/tai kuuman veden lähtöputkeen saakka (lähtöputken venttiili – tai jos venttiiliä ei ole, lähtöputken ensimmäinen poikittaisliitos tai laippa – mukaan lukien).*

*Näihin osiin kuuluvat kaikki esilämmittimet, tulistimet ja yhdysputket, jotka saattavat joutua alttiiksi ylikuumenemiselle ja joita ei voi eristää pääjärjestelmästä sulkuventtiilien avulla. Lisäksi kyseisiin osiin kuuluvat liitetyt varolaitteet sekä esim. tyhjennykseen, poistohöyryn jäähdytykseen yms. käytetyt kattilaan liitetyt putkistot – kattilasta putkiston lähtöpuolella olevaan ensimmäiseen sulkuventtiiliin saakka - mukaan lukien sulkuventtiili.”*

Laitekokonaisuuksien laajuuksille ei aseteta rajoja painelaitedirektiivissä, jolloin niiden määrittäminen jää valmistajan tehtäväksi. Laitekokonaisuus voi myös koostua muista laitekokonaisuuksista (Purje, konferenssiesitelmä ”Laitekokonaisuuden EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus”).

#### **4.1 Kattilalaitetekonaisuuden painelaitteet**

Kattilalaitetekonaisuudet muodostuvat painelaitedirektiivin mielessä putkistoista, säiliöistä, paineenalaisista lisälaitteista sekä varolaitteista. Lisäksi laitekokonaisuudessa tulee olla vähintään yksi PED:n 4 artiklan 1b kohdan mukainen painelaite, joka on määritetty seuraavasti:

*”liekillä tai muulla tavoin lämmitetyt painelaitteet, joissa on ylikuumenemisen vaara ja jotka on tarkoitettu höyryn tai ylikuumennetun veden tuotantoon yli 110 °C:n lämpötilassa, kun tilavuus on yli 2 L, sekä kaikki painekeitin (liite II, taulukko 5);”.*

Edellä mainitut kriteerit täyttävälle painelaitteelle asetetaan erityisvaatimuksia PED:n liitteen I kohdassa 5. Erityisvaatimukset on huomioitava painelaiteluokassa, johon esimerkiksi höyrykehittimet sekä höyry- ja kuumavesikattilat kuuluvat.

Höyrykehittimet mielletään yleisesti pienen kokoluokan höyrykattiloiksi. Toimintaperiaatteen mukaan ne voidaan usein määritellä läpivirtauskattiloiksi. Kattila- tai kehitin tyypistä riippuen, höyrykehittimet ja höyrykattilat sisältävät mm. seuraavia painelaitteita: syöttöveden tuloputkisto, syöttöveden esilämmittimet, höyrylieriö tai höyryn kuivain, tulistinputket, keittoputkisto tai höyrykierukka, höyryn tai veden kokooja- ja jakokammiot sekä päähöyryputkistot. Lisäksi kattilalaittekokonaisuutta ja sen sisältämiä painelaitteita suojataan erilaisilla varolaitteilla, kuten varoventtiileillä sekä rajoitinlaitteilla.

## 4.2 Vaaran ja riskien arviointi

Kappaleessa 3.2 on käyty läpi painelaitteiden vaaran ja riskien arviointiin liittyviä seikkoja, jotka pätevät myös laitekokonaisuuksiin. Lisäksi kattilalaittekokonaisuuksien osalta vaaraanalyysin ja sitä seuraavan riskien arvioinnin perusteella määritetään esimerkiksi, mitkä olennaiset turvallisuusvaatimukset on otettava huomioon. Tähän vaikuttaa olennaisesti muun muassa kattilan suunniteltu käyttötapa eli onko kattila esimerkiksi jatkuvan valvonnan piirissä eli onko käyttö miehitetty. Tällöin tavanomaista käyttöä valvotaan jatkuvasti kattilalaitoksessa tai sen ohjauspaikalla, joka sijaitsee enintään 5 minuutin päässä kattilalaitoksesta. Kattila voi myös kuulua kaukokäytön piiriin eli jatkuvan kaukovalvonnan piiriin, jolloin ohjauspaikka sijaitsee kattilalaitoksen ulkopuolella, miehitetyn käytön määritelmä ei täyty, mutta kattilan toimintaa valvotaan jatkuvasti. Lisäksi käyttö voi olla kokonaan miehittämätön, jolloin se kuuluu jaksottaisen valvonnan piiriin. Tällöin käyttö ja valvonta on järjestetty siten, että käyttäjä ei ole jatkuvasti kattilalaitoksessa tai sen ohjauspaikalla, mutta saa välittömästi tiedot hälytyksistä ja ryhtyy tarvittaviin käyttöohjeissa määritettyihin toimiin. Kyseiset käyttöön liittyvät määritelmät perustuvat kansallisen höyrykattilastandardin SFS 5712 käsitteisiin sekä niiden määritelmiin, eivätkä näin ollen liity painelaitedirektiivin vaatimuksiin.

Käyttötavan perusteella määritetään riittävät suojaustoimenpiteet olennaisten turvallisuusvaatimusten perusteella ja niitä voivat esimerkiksi jaksottaisen valvonnan osalta olla: kattilan toiminta oltava täysin automaattista, turvajärjestelmien vikaantuessa kattilan käyttö on estettävä, varolaitteet oltava soveltuvia estämään sallittujen arvojen ylittyminen, veden laatuvahtelujen aiheuttamat vaaratilanteet ja siitä johtuva sallittujen arvojen ylittymisen riski

on pystyttävä hallitsemaan varolaitteiden avulla, kattilassa oltava tarvittava määrä soveltuvia automaattisesti toimivia valvontalaitteita, joiden avulla käyttäjällä on mahdollisuus ryhtyä välittömiin toimiin kattilan pitämiseksi sallittujen arvojen rajoissa. Lisäksi kattila on tarvittaessa varustettava riittäväillä valvontalaitteilla, joissa on esitetty sallitut raja-arvot, sähkön syötön katketessa on taattava kattilan turvallinen pysähtyminen tai ohjausvirtapiirin varmennettu sähkön syöttö esimerkiksi varavoimakoneella. Suunnittelussa on otettava huomioon varolaitteiden virransyötön vikaantuminen, joka johtaa kattilan tai sen osan turvalliseen pysähtymiseen. Tiettyjen kattilan toimintojen on myös mahdollisesti pystyttävä toiminnassa, vaikka varolaitteiden virransyöttö katkeaa, jolloin ohjaustilan on muututtava automaattisesti pois jaksottaisen valvonnan alaisesta käytöstä. Kattilan pysähtyminen poikkeaman seurauksena aiheuttaa, että kattila ei voi käynnistyä uudelleen automaattisesti ja kattilan pysähtyttyä jäännöslämmön on poistuttava turvallisesti ilman ihmisen asiaan puuttumista. Polttimen lukkiutuessa, sen vapauttaminen ei tule olla mahdollista muuten kuin käsitoimisesti. (soveltamisohje H-15.)

On myös huomioitava, että kansallisessa lainsäädännössä ei voida asettaa lisämääräyksiä varojärjestelmien suunnittelulle, vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyille tai asennukselle, koskien CE- merkittyjä höyrykattiloita joita käytetään ilman jatkuvaa valvontaa. Tämä rajoittaisi tai häiritäisi tuotteiden asettamista saataville yhteisillä markkinoilla ja ajaisi valmistajat eriarvioiseen asemaan. (soveltamisohje I-20.)

### **4.3 Suojalaitteet**

Suojalaitteella tarkoitetaan laitetta, jonka tarkoitus on suojata painelaitetta sallittujen raja-arvojen, kuten ylimmän ja alimman sallitun paineen tai lämpötilan ylittymiseltä. Varo- ja valvontalaitteet muodostavat yhdessä käsitteen suojalaite (PED, 2 artikla 4) kohta). Varolaitteet jaetaan karkeasti kahteen osaan; suoraan painetta rajoittaviksi laitteiksi, kuten varoventtiili, murtokalvo, nurjahdustanko, ohjattu varoventtiili sekä rajoitinlaitteiksi, jotka aktivoivat korjaavan toimen tai aiheuttavat katkaisun tai katkaisun ja lukituksen. Rajoitinlaitteita ovat esimerkiksi paine-, lämpötila- ja nesteen pintaa tarkkailevat kytkimet sekä erilliset turvallisuuteen liittyvät valvonta-, mittaus- ja säätölaitteet. (PED, 2 artikla 4) kohta.) Yhdessä varolaitteiden kanssa, painelaitteiden tai laitekokonaisuuksien suojaukseen voidaan käyttää

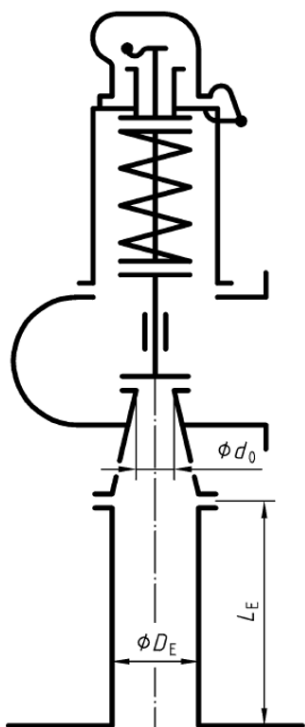
lisäksi asianmukaisia valvontalaitteita, joita ovat esimerkiksi hälyttimet ja osoittimet, jotka pitävät manuaalisesti tai automaattisesti painelaitteen sallittujen arvojen sisäpuolella (PED, LIITE I, 2.10 kohta). Painelaitedirektiivi ei kuitenkaan anna mahdollisuutta valita varo- tai valvontalaitteen välillä, vaan suojattavat painelaitteet tai laitekokonaisuudet on aina varustettava tarkoituksenmukaisella varolaitteella, jonka lisäksi suojausta voidaan parantaa valvontalaitteiden avulla (soveltamisohje E-06).

Varo- ja valvontalaitteiden vaaditun lukumäärän määrittäminen laitekokonaisuuksien osalta jää laitekokonaisuuden valmistajan tehtäväksi, eikä painelaitedirektiivi aseta lukumäärälle suoraan vaatimuksia (PED, LIITE I, 2.10 kohta). Höyrynkemittimien ja höyrykattiloiden suojalaitteille asetetaan kuitenkin erityisvaatimuksia paikallisesta tai yleisestä lämmöstä/ylikuumenemisestä johtuvien vaarojen välttämiseksi. Suojalaitteita määritettäessä on huomioitava lämmön syötön ja poiston sekä tarvittaessa veden pinnan korkeuden rajoittamiseksi vaaditut suojalaitteet. Lisäksi veden laadun seurantaan ja arvioimiseen tulee tarvittaessa varata näytteenottoa. (PED, LIITE I, 5 kohta.)

#### **4.3.1 Suoraan painetta rajoittavat varolaitteet**

Painelaitedirektiivin yhdenmukaistettu standardi EN 12952-10:2002 edellyttää tarkoituksenmukaista varolaitetta jokaiselle höyrykattilalle sekä sen erotettavissa olevalle rakenneosalle, kuten tulistimelle, välitulistimelle, syöttöveden esilämmittimelle. Varolaitteen on suojattava kohdettaan sallitun paineen ylitykseltä ja kaikkien höyrykattilaan sijoitettujen varolaitteiden varmennettujen puhalluskapasiteettien summan on oltava vähintään yhtä suuri kuin kattilan suurinta jatkuvaa tehoa (eng. maximum continous rating MCR) vastaava höyryn tuottokapasiteetti. Höyrykattilaan sijoitettujen varolaitteiden tarkoituksenmukaisuus on lisäksi osoitettava kuumakokeella kattilakokoonpanolle. (SFS-EN 12952-10:2002, 8)





Tunnus	Selitys	Yksikkö
$D_E$	tuloputken sisähalkaisija	mm
$d_0$	pienin virtaushalkaisija (vapaan porauksen vähimmäisarvo)	mm
$L_E$	tuloputken laskennallinen pituus	mm

Kuva 12 Varoventtiili sekä siihen liittyvät tunnuksat ja lyhenteet (SFS-EN 12952-10:2002, 8)

Tarkoituksenmukaisiksi varolaitteiksi luetaan muun muassa prEN 1268-1 standardin mukaiset suoraan kuormitetut, kevennysohjatut tai kuormitusohjatut varoventtiilit, prEN ISO 4126-4 tai prEN 1268-1 standardien mukaiset esiohjatut varoventtiilit, jotka sisältävät pääventtiilin jota ohjataan kolmella ohjausventtiilillä. Lisäksi tarkoituksenmukaiseksi katsotaan standardin prEN 1268-5 mukainen ohjattu varoventtiili, joka sisältää pääventtiilin ja jota ohjataan kolmelta mittauselimeltä tulevalla viestillä. (EN 12952-10:2002, 8) prEN 1268 standardisarja jäi kuitenkin luonnosvaiheeseen ja se on myöhemmin korvattu EN ISO 4126 standardisarjalla, jonka osat 1-5 sekä 7 ovat myös PED:n yhdenmukaistettuja standardeja. Kyseisen standardisarjan 1 osa koskettaa varoventtiileitä ja 7 osassa käydään läpi niiden mitoitus. prEN 12952-10:2020 luonnosehdotuksessa viitataan jo EN ISO 4126 standardisarjaan varolaitteiden osalta.

Muiden kuin painelaitedirektiivin yhdenmukaistettujen standardien mukaisten varolaitteiden käyttäminen on myös sallittu, jolloin tulee kuitenkin noudattaa jo aiemmin mainittua muuta tarkoituksenmukaista ohjeistusta. Esimerkiksi nyt jo kumottu Suomessa voimassa ollut kansallinen höyrykattilastandardi SFS 5712 antaa varoventtiilien mitoitukselle ja säätämislle seuraavia ohjeita:

*”Varoventtiilit mitoitetaan ja säädetään höyrykattilan suurinta jatkuvaa höyrytehoa vastaaviksi siten, että paine puhalluksen aikana nousee enintään 10% suurinta sallittua käyttöpainetta suuremmaksi. Useita varolaitteita käytettäessä on niiden kokonaispuhallustehon täytettävä tämän vaatimus.”*

Käytännössä tämä siis tarkoittaa sitä, että höyrykattilaan sijoitettujen varoventtiilien avautuessa täysin auki, paine kattilassa saa nousta korkeintaan 10% kattilan suurimman sallitun paineen yläpuolelle hetkellisesti. Kyseinen vaatimus täyttää PED:n olennaiset turvallisuusvaatimukset painesäiliöiden osalta, joille sallitaan 10% hetkellinen ylitys suurimpaan sallittuun paineeseen nähden (PED, LIITE I, 7.3 kohta). Samaa 10% hetkellistä ylitystä voidaan myös soveltaa höyrykattiloihin (Purje, sähköpostiviesti 13.4.2020). Varoventtiilien ollessa täysin auki puhutaan termistä avautumispaine. Varoventtiilin asetuspaineella ymmärretään painetta, jolloin varoventtiili laskee suojaavan laitteen sisältöä läpi hieman, mutta ei välttämättä ole täysin auki (EN ISO 4126-1:2013, 2). Varoventtiilien rakenteen ja vaaditun puhallusaukon min. poikkipinta-alan puhalluskapasiteetin ja rakenteen mitoitukselle annetaan ohjeita nyt jo kumotuissa kansallisissa SFS 3322 sekä SFS 3268 standardeissa.

Kattilaan sijoitettujen varoventtiilien mukana tulevasta datalehdistä saadaan tarvittavat tiedot mitoituslaskentaan, kuten pienin vaadittu puhallusaukon poikkipinta-ala  $A_0$ . Lopullisesta varolaitteiden vaatimustenmukaisuudesta, kuten varoventtiilin varmennetun ulospuhalluskerroimen sekä puhalluskapasiteetin määrittämisestä vastaa varoventtiilien valmistaja. Alla on esitetty AD 2000 - Merkblatt A2 koodin mukaiset varoventtiilien mitoituksessa käytettävät kaavat. Kaavat ovat vastaavat kuin saksalaisessa höyrykattiloiden varoventtiileitä koskevassa normissa TRD 421 (Purje, sähköpostiviesti 13.4.2020). Kyseisen saksalaisen koodin mukaisen mitoituksen katsotaan täyttävän painelaitedirektiivin olennaiset turvallisuusvaatimukset, joten se on myös soveltuva kattiloiden varoventtiilien mitoitukseen. (VDTüV-nettisivu) Yhtälöissä käytettyjen symbolien selitykset on esitetty symboliluettelossa.

Mitoituksessa käytettävän absoluuttisen paineen määrittäminen.

$$P_0 = P_{set} + \Delta P_{over} + P_{amb} \quad (7)$$

Ulospuhallettavan väliaineen virtausteknisen ominaisuuden sekä ulosvirtauskertoimen määrittäminen.

Subcritical flow	$\frac{p_a}{p_0} > \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}$	$\psi = \sqrt{\frac{k}{k-1}} \sqrt{\left(\frac{p_a}{p_0}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_a}{p_0}\right)^{\frac{k+1}{k}}}$
Critical flow	$\frac{p_a}{p_0} \leq \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}$	$\psi = \sqrt{\frac{k}{k+1}} \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{1}{k-1}}$

(8)

Pienin vaadittu puhallusaukon poikkipinta-ala.

$$A_0 = \frac{x q_m}{\alpha_w p_0} \quad (9)$$

Ulospuhallettavan väliaineen kertoimen määrittäminen.

$$x = 0.6211 \frac{\sqrt{p_0 v}}{\psi} \quad (10)$$

### 4.3.2 Rajoitinlaitteet

Vaara-analyysin ja siihen liittyvän riskinarvioinnin perusteella määritetään ne vaarat, joita ei voida täysin poissulkea, ja joiden todennäköisyyttä sekä vaikutuksia toteutuessaan pienennetään turva-automaation avulla. Tähän sisältyy turvatoiminnoille vaaditun eheystason eli turvallisuuden suorituskyvyn tason määrittäminen. (Ylinen, sähköpostiviesti 16.3.2020.) Turvallisuuden eheyden tasot on jaettu neljään tasoon standardissa IEC/TR 61508, joista taso neljä edustaa korkeinta tasoa, jossa vaatimukset ovat myös tiukimmat vaarallisen viikaantumisen todennäköisyyden pienentämiseksi (IEC/TR 61508-0:fi, 16).

Vesiputkirakenteisissa höyrykattiloissa tarvittaville suojuuksille asetetaan vaatimuksia yhdenmukaistetussa tuotestandardissa EN 12952-7:2012. Standardi erittelee olennaiset minimaatimukset kattiloissa tarvittaville suojuuksille ja niiden toteutuksessa käytetyille rajoitinlaitteille, jotta kattilat toimivat turvallisesti sallituissa rajoissa esimerkiksi paineen ja lämpötilan osalta. Standardin vaatimukset on jaettu kuumavesi- ja höyrykattiloita koskeviin yleisiin vaatimuksiin, sekä erityisvaatimuksiin. Lisäksi annetaan lisävaatimuksia kattiloille, joissa ei ole käsin tapahtuvaa toimintaan puuttumista.

Polttolaitteistojen sähkölaitteiden toteutuksen osalta nyt jo kumottu standardi EN 50156-1:2004 määrittelee vaatimukset sovellussuunnitelman ja asennusten osalta sekä ohjeet sähkö- ja ohjauslaitteistoille. Standardin vaatimusten avulla otetaan huomioon polttolaitteistojen käyttöolosuhteet, palamiseen liittyvät vaaratekijät sekä lämmitettyjen järjestelmien, kuten höyrykattiloiden tai höyrykehittimien järjestelmien turvallisuus. Suojausjärjestelmä voi mm. pitää sisällään turvalaitteita toiminnoille, kuten liekinvalvontaan polttoaineen kunnon syttymisen ja palamisen varmistamiseksi, tulipesään johdettavan polttoaineen virtauksen katkaisuun, tulipesän sekä savukaasukanavan tuuletukseen polttoaineen ja ilman räjähdysvaarallisen seoksen poistamiseksi, sekä höyrykattilan tai höyrykehittimen turvallisuusehtojen valvontaan painerungon vaurioiden välttämiseksi esimerkiksi veden pinnan rajoittimen avulla. Standardissa esitetään myös määräaikaistestauksen välit tyyppihyväksymättömien laitteiden osalta standardin taulukossa 2. (SFS-EN 50156-1:2004, 8)

Rajoitinlaitteiden, kuten paine- ja lämpötilakytkimien tulee olla soveltuvia aiottuun käyttöympäristöön, niiden asetteluarvot on oltava lukittavissa väärinkäytön estämiseksi, ja laukaisureleinä on syytä käyttää turvareleitä tai muuten laadukkaita tuotteita. Lisäksi releiden kärjet tulee suojata sulakkeilla kiinnihitsautumista vastaan. Yksinkertainen sarjaan kytkentä lukitusketjuna on yleinen ja luotettava, mikäli käytetyt komponentit ovat laadukkaita. Tällöin rajoittimen avautuva kosketin pysäyttää polttimen tai esimerkiksi polttoaineen syötön polttimelle. Kyseinen toteutustapa on yleinen pienillä kattiloilla. (Ylinen, sähköpostiviesti 16.3.2020.)

### **4.3.3 Valvontalaitteet**

Valvontalaitteita ovat esimerkiksi erilaiset osoittimet ja hälyttimet. Kuvassa 13 on esitetty esimerkki pinnan korkeuden osoittimesta.



Kuva 13 Pinnan korkeuden osoitin (WIKA)

Niiden avulla painelaitetta tai laitekokonaisuutta ei kuitenkaan voi pelkästään suojata sallittujen arvojen ylityksiltä, vaan valvontalaitteita voidaan käyttää yhdessä varolaitteiden kanssa tehostamaan suojaustoimintoja (soveltamisohje E-06). PED:n olennaisissa turvallisuusvaatimuksissa edellytetään, että lämpötilan valvontalaitteiden reaktioaika tulee olla riittävä sekä mittaustoiminnon kanssa yhteensopiva (PED, LIITE I, 2.11.3 kohta).

#### 4.4 Käyttöohjeet

Käyttöohjeiden sisällölle asetetut vaatimukset on esitetty kappaleessa 3.11. Painelaitteiden käyttöohjeiden laadinnan tueksi on myös olemassa tekninen raportti CEN/TR 764-6:2012, jossa käydään läpi sisällön vaatimukset sekä ohjeistetaan käyttöohjeiden teossa. Olennaista on, että käyttöohjeet laaditaan vaara-analyysin ja sitä seuraavan riskinarvioinnin perusteella. Laitekokonaisuuden yksittäisten painelaitteiden käyttöohjeet sisällytetään laitekokonaisuuden käyttöohjeiden tueksi.

Käyttöohjeita laatiessa on esimerkiksi otettava huomioon höyrykattilan tai höyryn kehittimen suunniteltu käyttötapa. Käyttötapa on ilmaistava selkeästi käyttöohjeissa, esimerkiksi ”kattila on tarkoitettu jaksottaisen valvonnan alaiseen käyttöön”. Sen lisäksi ohjeissa tulee painottaa ja kertoa jäljelle jäävistä vaaroista ja erikoistoimenpiteistä, joiden avulla esitettyjä vaaroja pystytään poistamaan käytön aikana. Ohjeisiin on esimerkiksi sisällytettävä maininta, miten ja millä aikavälillä varolaitteita tulee testata ja lisätä esim. logiikkakaavio selvittämään kyseisien testien toteuttamista, vaatimukset kattilan syöttöveden laadulle sekä kattilan uudelleenkäynnistysohjeet pysähtymisen varalta riippumatta pysähtymisen syystä. (soveltamisohje H-15.)

## 4.5 Laitekokonaisuuden CE-merkintä ja kilpi

Laitekokonaisuuksien CE-merkintä- ja kilpivaatimukset noudattavat kappaleessa 3.10 läpikäytyjä vaatimuksia. Laitekokonaisuuksissa oleville yksittäisille painelaitteille, kuten putkistoille, jotka arvioidaan laitekokonaisuuden arvioinnin yhteydessä, ei edellytetä erillistä CE-merkintää tai kilpeä eli painelaitedirektiivin liitteen I kappaleessa 3.3 edellytetyjä tietoja. Kyseiset tiedot voidaan sisällyttää laitekokonaisuuden käyttöohjeisiin, joissa on myös selvästi mainittava kaikki ne painelaitteet, joista kyseinen laitekokonaisuus muodostuu. (soveltamisohje C-18.)

Lisäksi valmistajan antamaan vaatimustenmukaisuusvakuutukseen on sisällytettävä kuvaus laitekokonaisuuteen liittyvistä luokkien I-IV painelaitteista sekä selvitys kunkin laitteen vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelystä. Niiden laitteiden osalta, jotka eivät kuulu PED:n soveltamisalaan tai ovat hyvän konepajakäytännön mukaisia laitteita, on kuvattava osana laitekokonaisuutta, mutta tällöin voidaan viitata kyseisiin tietoihin käyttöohjeissa. (soveltamisohje C-18 & J-08). Valmistajan tai ilmoitetun laitoksen suorittaessa laitekokonaisuuden yleisen vaatimustenmukaisuuden arvioinnin, on siihen sisältyvien painelaitteiden vaatimustenmukaisuus myös arvioitava niiden laitteiden osalta, joiden vaatimustenmukaisuutta ei ole vielä arvioitu (PED, 14 artikla 6 a) kohta).

## 5 MUUT LIITTYVÄT DIREKTIIVIT JA VAATIMUKSET

Laitekokonaisuuden tai yksittäisen painelaitteen CE-merkintä osoittaa tuotteen olevan kaikkien CE-merkinnän kiinnittämistä koskevien ja soveltamisalaan kuuluvien, unionin yhdenmukaistamislainsäädännön vaatimusten mukainen. Näin ollen kattilalaitetekonaisuuteen saattaa liittyä muitakin soveltamisalan piirissä olevia direktiivejä, joiden vaatimukset on huomioitava vaatimustenmukaisuuden arvioinnin yhteydessä valmistajan toimesta. Muita liittyviä direktiivejä voivat olla esimerkiksi ATEX-direktiivi, konedirektiivi, EMC-direktiivi, pienjännitelaitte-direktiivi, yksinkertaiset painesäiliöt-direktiivi ja hissidirektiivi. Kaikki sovelletut direktiivit tulee mainita vaatimustenmukaisuusvakuutuksessa. (Vartiainen, K. 26-27) Valmistajan on huomioitava, että painelaitedirektiivin mukainen ilmoitetun laitoksen tekemä vaatimustenmukaisuuden arviointi sisältää ainoastaan PED:n vaatimustenmukaisuuden arvioinnin, eikä näin ollen ota automaattisesti huomioon muiden sovellettävien direktiivien vaatimuksia.

Lisäksi esimerkiksi vakuutusyhtiöt, pelastusviranomaiset tai muut turvallisuudesta vastaavat viranomaiset saattavat asettaa omia vaatimuksia etenkin kattilalaitoksen sisäisille toiminnolle, kuten työturvallisuuteen, hätäpoistumisteihin ja paloturvallisuuteen liittyen. Suomessa esimerkiksi kattilalaitosten turvallisuuskomitea ”KLTK” on julkaissut turvallisuusohjeita, jotka täydentävät kattilalaitoksia koskevia standardeja, määräyksiä ja direktiivejä. Ohjeiden noudattaminen ei ole pakollista, mutta niiden tavoite on seuraava:

*”Ohjeiden julkaisemisen tavoitteena on antaa kattilalaitosten suunnittelusta, valmistuksesta, toteutuksesta ja käytöstä vastaaville henkilöille tietoa hyväksi koetuista teknisistä ratkaisuista eri polttotekniikoihin ja kattilalaitoksen turvallisuusjärjestelmiin liittyen.” (KLTK 1, 2008, 1)*

Suomessa myös esimerkiksi Tukes julkaisee omia ohjeita painelaitteiden käyttöön ja kansallisen lainsäädännön vaatimuksiin liittyen, kuten kattilalaitosten vaaranarvioinnin laatimiseen. Kuten kappaleessa 4.2 mainittiin, kansallinen lainsäädäntö tai ohjeistus ei kuitenkaan saa vaikuttaa unionin yhdenmukaistamislainsäädännön soveltamisalan piirissä oleviin tuotteisiin tai niiden vaatimuksiin.

## 6 CASE HÖYRYNKEHITIN VS VOIMALAITOKSEN HÖYRYKATTILA

Painelaitedirektiivin näkökulmasta pienen teholuokan höyrykehitin (<10 MW) tai suuri vesiputkirakenteinen luonnonkiertokattila (esim. 400 MW) ovat molemmat laitekokonaisuuksia, mikäli ne sisältävät PED:n soveltamisalaan kuuluvia painelaitteita. Höyrykehitin voidaan ajatuksen tasolla mieltää pieneksi, selvästi alemman vaarallisuusluokan laitekokonaisuudeksi verrattuna suureen höyrykattilaan. PED:n soveltamisalan piirissä olevien laitekokonaisuuksien arviointimenettelyn valintaan tai laitekokonaisuuksissa olevien painelaitteiden luokitteluun ei kuitenkaan vaikuta kehittimen tai kattilan teho, jolloin molempien vertailukohteenä olevien laitekokonaisuuksien vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelynä on käytettävä vaativuustasoltaan samaa moduulia tai moduuliyhdistelmää. Aiemmin mainittu G-moduuli on näistä joustavin, kun ei puhuta sarjatuotannosta. Tällöin myös vaatimukset molemmille laitekokonaisuuksille PED:n näkökulmasta ovat täysin samat.

Esimerkkinä kylläisen höyryn tuottamiseen käytettävän höyrykehittimen (noin 3MW) kierukka eli höyrystinosa, joka on usein kyseisen laitekokonaisuuden suurinta PED-luokkaa vastaava painelaite. Laitekokonaisuuden suurin sallittu paine (PS) on 10 bar ja kierukan ominaistilavuus (V) on 800 litraa. Kyseisillä arvoilla kierukan  $PS \cdot V$  ylittää 3000 bar\*litraa, jolloin PED liitteen II taulukon 5 mukaisesti painelaite luokitellaan luokkaan IV. Tällöin laitekokonaisuuden arviointimenettelyksi on valittava B+D, B+F, G tai H1 moduuli (taulukko 2). Suuren kokoluokan höyrykattilassa käytännössä kaikki siihen liittyvät painelaitteet ovat luokkaa III tai IV, riippuen painelaitteen tyypistä ja tällaisen monimutkaisen laitekokonaisuuden vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelynä on käytännössä käytettävä moduulia G.

Pienen höyrykehittimen vs. suuren höyrykattilan valmistajan resurssit eroavat suurella todennäköisyydellä huomattavasti toisistaan niin kaupallisessa mielessä, kuin jo pelkästään työntekijöiden määrässä ja sitä kautta yksittäisen työntekijän työtehtävien määrässä. Pienessä yrityksessä yksittäiseltä työntekijältä vaaditaan mahdollisesti paljon laajempaa tietotaitoutta ja käsitystä, jotta esimerkiksi eri direktiivien vaatimukset pystytään ottamaan huomioon ja tarvittaessa täyttämään. Suurissa yrityksissä yksittäisellä asiantuntijatehtävässä



työskentelevällä työntekijällä saattaa olla paljon pienempi kokonaistyötehtävien määrä, jolloin hänen on helpompi keskittää omia resursseja spesifiseen työskentelyyn.

Laitekokonaisuuden käyttötarkoitus ja sitä kautta suunnitteluarvot vaikuttavat mm. materiaalivalintoihin. Valmistuksellisesta näkökulmasta materiaalivalinnat taas vaikuttavat huomattavasti laitekokonaisuuden ja sen yksittäisten painelaitteiden valmistukseen sekä valmistuksessa tarvittavan tietotaidon määrään. Esimerkiksi kylläisen höyryn tuottamiseen käytettävässä höyrynkehittimessä höyryn lämpötilat pysyvät usein alueella, missä esimerkiksi höyrykierukka voidaan toteuttaa perinteisillä helposti hitsattavilla seostamattomilla kuumaalujilla teräksillä. Suuren kokoluokan höyrykattiloissa paineiden ja lämpötilojen yhdistelmät sekä esim. erilaiset savukaasujen aiheuttamat korroosio-olosuhteet aiheuttavat erityisvaatimuksia myös materiaaleille, jolloin joudutaan usein turvautumaan erikoismateriaaleihin tai niiden yhdistelmiin. Tällaiset runsasseosteiset materiaalit mielletään usein myös vaikeammin hitsattaviksi ja aiheuttavat huomioon otettavia asioita selvästi enemmän niin hitsauksen kuin muun valmistettavuuden kannalta.

Automaatio- ja suojalaittejärjestelmien osalta suuressa höyrykattilassa on selvästi enemmän huomioon otettavia asioita, kuin pienessä höyrynkehittimessä. Tämä johtuu jo pelkästään suojattavien laitekokonaisuuksien fyysisestä kokoerosta. Automaatiojärjestelmän on kyettävä pitämään kattilan ajotapahtuma mahdollisimman vakaana, ja suurissa kattiloissa se yleensä edellyttää suurempaa määrää mittauspisteitä/- dataa kattilan säätöjärjestelmiä varten. Lisäksi turva-automaatiojärjestelmät (PED:ssä rajoitinlaitteiden kokonaisuus) ovat toteutukseltaan usein laajempia ja monimutkaisempia suuressa kattilassa vs. pienessä. Myös kattilan/kehittimen tyyppi vaikuttaa esimerkiksi vaadittavien lukitusten ja hälytysten määrään. Yhdistävänä tekijänä molemmilla on, että suojalaitteilla turvataan ja mahdollisuuksien mukaan pienennetään kattilan tai kehittimen käytöstä johtuvia vaaroja ja niihin sisältyviä riskejä. Huomioon otetaan niin vesi-höyrypiirissä kuin savukaasupiirissä syntyviä vaaroja, toteutustavat ja -laajuus vain eroavat toisistaan. Kattilan koko ja käyttötarkoitus vaikuttavat suoraan painetta rajoittavien varolaitteiden lukumäärään sekä niiden suunnitteluarvioihin. Tällä on suoraan vaikutus myös niiden fyysiseen mitoittamiseen (esim. varoventtiileissä painerungon paineenkesto + puhalluskapasiteetti) ja edellisen kappaleen mukaisesti myös niissä toteutettuihin materiaalivalintoihin.

## 7 POHDINTA

Haastavinta PED:n mukaisen laitekokonaisuuden vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyn valinnassa on mielestäni siihen kuuluvien yksittäisten painelaitteiden luokittelu, jonka perusteella oikea moduuli tai moduuliyhdistelmä valitaan. PED:ssä ei ole välttämättä aina riittävän yksityiskohtaisesti määritelty eri käsitteitä, kuten putkisto tai säiliö. Esimerkiksi höyrykehittimen höyrykierukan voi herkästi mieltää putkistoksi, jonka nimelliskoko (DN) määrittelee yhdessä sisällön tyyppin ja ryhmän kanssa kyseisen painelaitteen luokan. PED määritelmän mukaan kyseessä on kuitenkin liekillä tai muulla tavoin lämmitetty painelaite, jolloin luokittelussa on otettava huomioon kierukan tilavuus siinä käytetyn putken nimelliskoon sijaan. Tällöin myös suurimmaksi luokaksi voi määräytyä luokka IV, putkistolle suurimman luokan III sijaan. Liekillä tai muulla tavoin lämmitetty painelaite ei ole myöskään PED:n ”painelaite” määritelmän sisällä artiklassa 2. Yksittäisten painelaitteiden luokittelun haastavuus korostuu myös erikoissisältöjen kohdalla.

PED:n mukainen painelaitteiden luokittelu ja luokkia vastaavat arviointimenettelyt osoittavat, että PED edellyttää herkästi vaativinta vaatimustasoa, mikäli kuluttajakäyttöön tarkoitettujen painelaitteiden ja laitekokonaisuudet jätetään pois laskuista. Tällöin valmistajan velvollisuutena on lähes aina käyttää ilmoitettua laitosta mukana vaatimustenmukaisuuden arvioinnissa jollakin tapaa, mikä taas vaikuttaa suoraan myös tuotteen valmistuskustannuksiin. Vaatimukset ovat täysin samat riippumatta missä EU maassa PED:n soveltamisalaan kuuluva painelaite tai laitekokonaisuus saatetaan markkinoille. Tällöin myös ilmoitettujen laitosten toiminta tulisi olla täysin läpinäkyvää ja keskenään yhdenmukaista EU:n sisällä.

PED:n soveltamisohjeet ovat erinomainen keino etsiä vastauksia haastaviin tilanteisiin, sillä niihin on usein koottu jo valmiiksi sellaisia esiin nousseita asioita, joilla on pyritty helpottamaan käytännön elämässä eteen tulleita ristiriitoja/huomioita PED:n vaatimusten suhteen. Lisäksi esimerkiksi ilmoitettuina laitoksina toimivat tarkastusalan yritykset tarjoavat usein myös konsultaatiopalveluita haastavien tilanteiden ratkaisemiseen. Nämä palvelut tarjotaan täysin irrallisina itse arviointityöstä, jotta puolueettomuusnäkökohdat säilyvät.

Laitekokonaisuuden, jonka vaatimustenmukaisuuden arvioinnin suorittaa ilmoitettu laitos, edellyttää yhteistyötä valmistajan ja ilmoitetun laitoksen toimesta. Arviointityö itsessään

suoritetaan täysin puolueettomasti, mutta on mielestäni molempien osapuolien etu, että molemmat tukevat toisiaan tarkoituksenmukaisin keinoin arviointityön edetessä ja loppuun saattamisessa. Tämä edellyttää mielestäni avoimuutta molempien osalta.

Sellaisten painelaitteiden tai laitekokonaisuuksien valmistus ja vaatimustenmukaisuuden arviointi, joille ei ole olemassa soveltamisalan piirissä olevia yhdenmukaistettuja standardeja ovat haastavia niin valmistajalle kuin ilmoitetulle laitokselle. Tällöin ei ole käytössä yhteistä selkeää linjaa, jonka mukaan toimittaessa täytetään em. standardeissa listatut PED:n olennaiset turvallisuusvaatimukset suoraan. Lisäksi jonkun muun kuin yhdenmukaistetun standardin soveltaminen aiheuttaa mielestäni aina eriarvoisen aseman valmistajalle sen toimiessa EU:n yhteisillä markkinoilla, koska mikäli selvää vaatimustasoa ei ole määritetty, vaatimuksista syntyvät kustannukset voivat vaihdella huomattavasti kahden eri ”valmistaja + ilmoitettu laitos”-yhdistelmän kohdalla. Pelkkä PED:n olennaisten turvallisuusvaatimusten täyttäminen on hyvin tulkinnanvaraista toimintaa, vaikka soveltamisohjeet antavat siihen vähän eväitä.

Kattilalaittekokonaisuuksien (ml. höyrykehittimet) osalta vaaranarvioinnin perusteella tehdyt ratkaisut suojalaitejärjestelmille voivat erota huomattavasti eri valmistajien kesken ja varsinkin, jos tuotteen käyttäjä ei ole mukana riittävän aikaisessa vaiheessa esimerkiksi vaaranarviointia laadittaessa. PED edellyttää vaaranarvioinnin yhteydessä kattavaa vaarojen tunnistamista ja niihin sisältyvien riskien arviointia sekä riskien vaikutusten minimoimista. Käytännössä tämä edellyttää valmistajaa ottamaan huomioon myös laitekokonaisuuteen liitettävien prosessien aiheuttamia vaaroja tai riskejä, jotka vaikuttavat kyseisen laitekokonaisuuden käyttöturvallisuuteen.

Lisäksi erityisesti höyrykattilan tai kehittimen käyttötavalla on mielestäni huomattavan suuri vaikutus suojalaitejärjestelmältä vaaditulle vaatimustasolle ja toiminnan eheydelle. Tämä siksi, että mikäli kattilan tai kehittimen käyttöä valvotaan 24/7 periaatteella ihmisen toimesta vs. kattila käy omineen pelkän automaation avulla, on selvä, että lukitus- ja pysäytystoiminnot on oltava täysin toimintavarmoja jälkimmäisessä tilanteessa turvallisen käytön takaamiseksi, koska ihminen ei puutu prosessiin ennakoimalla. PED ei kuitenkaan itsessään aseta

erilaisia vaatimuksia eri teholuokan tai käyttötapojen kattiloiden suojalaitteille tai niiden yhdistelmille, vaan kuten kappaleessa 4.2 mainittiin, nämä käytöstavasta riippuvat vaarat on otettava huomioon vaaran ja riskinarvioinnin yhteydessä.

Suomessa kansallinen painelaitteisiin liittyvä lainsäädäntö ottaa huomioon myös kattiloiden lämpötehon ja asettaa vaatimuksia teholuku ( $\text{bar} \cdot \text{MW}$ ) perusteisesti. Periaatteena on siis, että mitä suurempi teholuku, sitä tiukemmat vaatimukset niin käytön valvonnan sekä valvojan pätevyyden kuin esimerkiksi kattilalaitoksen vaaran arvioinnin suhteen. Teholuku perusteinen lähestymistapa voisi olla tervetullut myös PED luokituksen perusteena, mutta ongelmaksi muodostuisi mielestäni selkeän kattilalaittekokonaisuuden määritelmän puute PED:ssä. Kattilalaittekokonaisuuden määritelmä puuttuu kokonaan, ja kuten aiemmin mainittu, tällä hetkellä määritelmä perustuu PED:n yhdenmukaistettuun standardiin EN 12952-1:2015.

Lisäksi PED rajaa muut kuin höyry- tai vesisisältöiset kattilat ulos liekillä lämmitettävän painelaitteen sisältävän laitekokonaisuuden määritelmästä, joten esimerkiksi kuumaöljykattilat on käsiteltävä säiliöinä tai laitekokonaisuuksina, joissa ei ole artiklan 4 kohdan 2a) mukaista painelaitetta (soveltamisohje B-06). Laitekokonaisuuksien osalta vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyn määrää laitekokonaisuudessa olevien yksittäisten painelaitteiden luokat ja teholuku perusteinen luokitus tulisi taas mielestäni kohdentaa suoraan kattilalaittekokonaisuudelle, eikä sen yksittäisille painelaitteille.

## 8 YHTEENVETO

Kattilalaitetekonaisuuden vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyn valinta perustuu laitekokonaisuuden muodostavien yksittäisten painelaitteiden suurin luokka varolaitteet pois lukien. Yksittäisten painelaitteiden luokitus perustuu laitteen suurimpaan sallittuun paineeseen ja tyyppiin, sisällön tyyppiin ja ryhmään sekä nimelliskokoon tai tilavuuteen. Yksikkökohtaiseen tarkastukseen perustuva arviointimenettely moduuli G on joustavin keino yksittäisten painelaitteiden tai laitekokonaisuuksien vaatimustenmukaisuuden arviointiin, kuten suuren kokoluokan höyrykattiloihin. Moduuli G kattaa PED mielessä vaatimimmat painelaitteet tai laitekokonaisuudet, joten sitä voidaan soveltaa kaikkiin PED:n soveltamisalan piirissä oleviin painelaitteisiin tai laitekokonaisuuksiin pl. hyvän konepajakäytännön laitteet, joita ei CE-merkitä. Kaikki II, III tai IV- luokkaa vastaavat arviointimenettelyt edellyttävät valmistajaa käyttämään arvioinnissa mukana ilmoitettua laitosta. G moduulin mukaisessa vaatimustenmukaisuuden arvioinnissa ilmoitettu laitos antaa vaatimustenmukaisuustodistuksen ja valmistaja vaatimustenmukaisuusvakuutuksen.

PED edellyttää olennaisten turvallisuusvaatimusten täyttämistä kaikkien sen soveltamisalan piirissä olevien painelaitteiden tai laitekokonaisuuksien osalta pl. hyvän konepajakäytännön mukaiset laitteet. Olennaisiin turvallisuusvaatimuksiin sisältyy muun muassa kohdat vaaran arviointiin, lujuustekniseen mitoitukseen sekä muuhun suunnitteluun, suojalaitteisiin, materiaaleihin, pysyvien liitosten tekijöiden päteväntiin, pysyvien liitosten menetelmien päteväntiin, paineenalaisten osien muovaukseen, lämpökäsittelyyn, rikkomattomaan aineenkoetukseen ja sitä suorittavan henkilöstön päteväntiin sekä lopputarkastukseen liittyen. Lisäksi olennaisissa turvallisuusvaatimuksissa käydään läpi CE-merkintää ja käyttöohjeita koskevat vaatimukset.

Valmistajan kannalta yksinkertaisin keino osoittaa PED:n olennaisten turvallisuusvaatimusten täyttäminen on soveltaa jotakin soveltamisalan piirissä olevaa yhdenmukaistettua standardia tai tuotestandardia ko. standardin ZA-liitteessä esitettyjen olennaisten turvallisuusvaatimusten osalta. Yhdenmukaistettua standardia tai tuotestandardia voidaan myös soveltaa sellaisiin painelaitteisiin tai laitekokonaisuuksiin, jotka eivät kuulu ko. standardin soveltamisalaan, mutta tällöin valmistajalta ja ilmoitetulta laitokselta edellytetään erityisharkintaa. PED:n olennaisten turvallisuusvaatimusten täyttäminen voidaan myös osoittaa

jollakin muulla tarkoituksenmukaisella asiakirjalla, kuten yhdenmukaistetun standardin luonnosehdotuksella, ammatillisella asiakirjalla, oppaalla, ilmoitetun laitoksen tai tunnustetun kolmannen osapuolen laatimalla asiakirjalla, yrityksen tai valmistajan itse laatimalla asiakirjalla. Valmistajan on tässä tapauksessa selvitettävä käyttämänsä ratkaisut olennaisen turvallisuusvaatimusten täyttämiseksi teknisissä asiakirjoissaan, jotka ilmoitettu laitos tarvittaessa arvioi.

Kattilalaitetekonaisuuden määritelmä perustuu PED:n yhdenmukaistetun standardin EN 12952-1:2015 määritelmään, jossa kattilalaitetekonaisuudelle määritetään minimikokoonpano. Kattilalaitetekonaisuus sisältää mahdollisesti PED mielessä liekillä tai muulla tavoin lämmitettyjä painelaitteita, joissa on ylikuumentumisen vaara ja jotka on tarkoitettu ylikuumennetun veden (>110 °C) tai höyryn tuotantoon, joiden tilavuus on yli 2 litraa. Tällöin on otettava huomioon olennaisissa turvallisuusvaatimuksissa esitetyt erityisvaatimukset mm. suojalaitteiden osalta.

Valmistajan on huomioitava kaikkien soveltamisalan piirissä olevien EU:n yhdenmukaistamislainsäädännön mukaisten direktiivien vaatimukset kattilalaitetekonaisuutta valmistessa ja lisäksi tarvittaessa esimerkiksi kattilalaitoksen osalta mahdolliset kansalliset lainsäädännölliset sekä viranomaisohjeet.

## LÄHTEET

CEN – European Committee for Standardization. European Standards in relation

CEN GUIDE 17. 2019-01. Safety of pressure equipment - Rules and recommendations for the drafting and presentation of safety standards, Edition 1.

CEN/TR 764-6:fi: 2012. Painelaitteet. Osa 6: käyttöohjeiden rakenne ja sisältö. Laatinut: CENin tekninen komitea CEN/TC 54. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. 16 sivua.

<https://www.vdtuev.de/IG-NB/vdtuev-en/shop/ad-2000-code>, VdTüV nettisivu

Huhtinen, Markku, Kettunen, Arto, Nurminen, Pasi, Pakkanen, Heikki. 2000. Höyrykattilatekniikka. 5. painos, Helsinki: Oy Edita Ab

IEC/TR 61508-0:fi:2011. Sähköisten/elektronisten/ohjelmoitavien elektronisten turvallisuuden liittyvien järjestelmien toiminnallinen turvallisuus. Osa 0: toiminnallinen turvallisuus ja iec 61508. Laatinut: IEC. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. 29 sivua.

International Welding Engineer (IWE) kurssimateriaali. 2019. Lukkari, Juha, Suoranta, Raimo, Martikainen, Jukka, Toikka, Petri. LUT University, Vaatii käyttöoikeudet.

KLTK 1. 2008. Kattilalaitosten turvallisuusohjeet. Laatinut: Kattilalaitosten Turvallisuuskomitea.

Kyröläinen, Antero & Kauppi, Timo, 2016. Hitsauksen materiaalioppi, Osa 1: Metallioopin perusteet, terästen luokittelu ja valmistus, rakenneterästen käyttäytyminen hitsauksessa, murtuminen ja korroosio, Helsinki: Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys r.y.

L 1.1.2017/1144. Painelaitelaki.

Okkonen, Tatu. 2020. Kiwa Inspecta. Menetelmäkuvaukset, NDT-tarkastukset. Kiwa Inspecta koulutusmateriaali. Vaatii käyttöoikeuden.

Painelaitedirektiivin 2014/68/EU (PED) soveltamisohjeet. Laatinut: ”Sovelmisohjeet” työryhmä (WPG). Viimeisin versio: PED\_2014-68-EU\_Guidelines\_EN\_v5.2.docx.

PSK 4917:2020. Teollisuuden kone- ja laitehankinnat. painelaitteet. asiakirjamallit. Laatinut: PSK Standardisointiyhdistys ry. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry. 8 sivua. 24 liitettä. 2. painos.

Purje, Juha. 2019. Inspecta Tarkastus Oy. Valmistajamäärittely. PED Expert – Painelaittevalmistuksen perusteet 2. – 3.10.2019. Konferenssiesitelmä. Vaatii käyttöoikeuden.

Purje, Juha. Inspecta Tarkastus Oy. Laitekokonaisuuden EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus. Koulutusmateriaali. Vaatii käyttöoikeuden.

Roberto, Villarroel, Murilo, Silva, Saulo, Silotti. 2018. Perfil transversal das temperaturas dos superaquecedores como ferramenta de avaliação da condição operacional em caldeiras de recuperação. Eldorado Brasil. Três Lagoas, MS, Brasil. Konferenssiesitelmä. Vaatii käyttöoikeuden.

SFS 3052:2020. Hitsaussanasto. Yleistermi. Laatinut: SFS / SHY. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. 128 sivua. 6. painos.

SFS 5712:1993. Höyrykattilat. Höyrykattilalaitos. Rekisteröitävä höyrykattila. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. 29 sivua. 2.painos.

SFS-EN 12952-1:2015. Vesiputkikattilat ja niihin liittyvät laitteistot. Osa 1: Yleistä. Laatinut: CENin tekninen komitea CEN/TC 269. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. 32 sivua.

SFS-EN 12952-2:2011. Vesiputkikattilat ja niihin liittyvät laitteistot. Osa 2: kattiloiden ja niiden varusteiden paineenalasiin osiin tarkoitettut materiaalit. Laatinut: CENin tekninen komitea CEN/TC 269. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. 71 sivua. 2.painos



SFS-EN 12952-3:2012. Vesiputkikattilat ja niihin liittyvät laitteistot. Osa 3: paineenalais-  
ten osien suunnittelu ja laskenta. Laatinut: CENin tekninen komitea CEN/TC 269. Hel-  
sinki: Suomen standardoimisliitto SFS. 286 sivua. 2.painos

SFS-EN 12952-5:2011. Vesiputkikattilat ja niihin liittyvät laitteistot. Osa 5: paineenalais-  
ten osien valmistus. Laatinut: CENin tekninen komitea CEN/TC 269. Helsinki: Suomen  
standardoimisliitto SFS. 156 sivua. 2.painos

SFS-EN 12952-6:2011. Vesiputkikattilat ja niihin liittyvät laitteistot. Osa 6: kattilan pai-  
neenalaisten osien valmistuksen aikainen tarkastus, dokumentointi ja merkintä. Laatinut:  
CENin tekninen komitea CEN/TC 269. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. 62 si-  
vua. 2.painos

SFS-EN 12952-7:2013. Vesiputkikattilat ja niihin liittyvät laitteistot. Osa 7: vaatimukset  
kattilan varusteille. Laatinut: CENin tekninen komitea CEN/TC 269. Helsinki: Suomen  
standardoimisliitto SFS. 85 sivua. 2.painos

SFS-EN 12952-10:2002. Vesiputkikattilat ja niihin liittyvät laitteistot. Osa 10: vaatimukset  
sallitun paineen ylitykseltä suojaaville turvajärjestelmille. Laatinut: CENin tekninen komi-  
tea CEN/TC 269. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. 19 sivua.

prEN 12952-10:2020. Water-tube boilers and auxiliary installations - Part 10: Require-  
ments for safety devices against excessive pressure. Laatinut: CENin tekninen komitea  
CEN/TC 269. 14 sivua. Luonnosehdotus.

SFS-EN 50156-1:2005. Polttolaitteistojen sekä niiden apulaitteiden sähkölaitteet. Osa 1:  
vaatimukset sovellussuunnittelulle ja asennukselle. Laatinut: Saksan kansallinen komitea.  
Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. 153 sivua. Kumottu.

SFS-EN ISO 4126-1:2013. Safety devices for protection against excessive pressure. Part 1:  
safety valves (ISO 4126-1:2013). Laatinut: Tekninen komitea ISO/TC 185. Helsinki: Suo-  
men standardoimisliitto SFS. 19 sivua.

SFS-EN ISO 9712:2012. Rikkomaton aineenkoetus. NDT-henkilöiden pätevänti ja sertifiointi. Yleisperiaatteet. Laatinut: Tekninen komitea CEN/TC 138. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. 65 sivua.

Teir, Sebastian & Jokivuori, Anne, 2002. Heat Exchangers in Boilers. Espoo, Helsinki University of Technology Department of Mechanical Engineering, Energy Engineering and Environmental Protection Publications, Steam Boiler Technology eBook

European Standards in relation to pressure equipment. pdf-tiedosto. Internetlähde (CEN nettisivut). [https://www.cen.eu/news/brochures/brochures/CEN\\_Pressure\\_2014.pdf](https://www.cen.eu/news/brochures/brochures/CEN_Pressure_2014.pdf)

Vakkilainen, Esa. 2005. Kraft recovery boilers - Principles and practice.

Vakkilainen, Esa. 2011. Höyrykattilatekniikka kurssimateriaali SGfB. Vaatii käyttöoikeuden.

Vartiainen, Keijo. 2008. Savonia-AMK Varkaus. Vaatimustenmukaisuuden arviointinnettely. Voimalaitosautomaatio-kurssimateriaali. Vaatii käyttöoikeuden.

VNa 1.1.2017/1549. Valtioneuvoston asetus painelaiteturvallisuudesta.

Ylinen, Antti. 2020. Tarkastusinsinööri. Inspecta Tarkastus Oy. Sähköpostihaastattelu.