

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teknillinen tiedekunta

Konetekniikan koulutusohjelma

*Tuomas Liukkonen*

**ARKTISISSA OLOSUHTEISSA KÄYTETTÄVILLE MATERIAALEILLE JA  
HITSATUILLE RAKENTEILLE ASETETUT VAATIMUKSET**

Työn tarkastajat:

Professori Jukka Martikainen

DI Mikko Pölkki

## **TIIVISTELMÄ**

Lappeenrannan teknillinen yliopisto  
Teknillinen tiedekunta  
Konetekniikan koulutusohjelma

Tuomas Liukkonen

### **Arktisissa olosuhteissa käytettäville materiaaleille ja hitsatuille rakenteille asetetut vaatimukset**

Diplomityö

2014

128 sivua, 27 kuvaa ja 31 taulukkoa

Tarkastajat: Professori Jukka Martikainen  
DI Mikko Pölkki

Hakusanat: arktinen, hitsaus, hitsaustuotanto, laaduntarkastus, DNV, NORSOK, RMRS, sertifiointi

Diplomityössä tarkastellaan kohdeyrityksen hitsatuille teräsrakenteille asetettuja vaatimuksia Norjan ja Venäjän arktisilla alueilla. Teknisten vaatimusten lisäksi tutkitaan terästen kylmäkäyttäytymistä ja hitsaustuotannolle kohdistettuja vaatimuksia. Tutkimuksen lopussa käsitellään Venäjän ja Norjan markkinoiden erityispiirteitä ja keinoja markkinoille pääsemiseksi. Tutkimuksen perusteella havaitaan, että kohdeyritys voi suunnitella ja valmistaa sekä Norjan että Venäjän vaatimusten mukaisia rakenteita ilman suuria muutoksia rakenteisiin tai hitsaustuotantoon. Materiaalien ja valmistuksen laadun sekä niiden valvonnan merkitys korostuu arktisissa hankkeissa. Yrityksellä on käytössään standardit EN 1090, ISO 9001, ISO 3834 ja ISO 14122, jotka edesauttavat yrityksen kansainvälistymistä. Hitsattujen rakenteiden haurasmurtumariski kasvaa kylmissä olosuhteissa. Haurasmurtuman ydintymistä edesauttavat tekijät täytyy tunnistaa ja niitä on vältettävä suunnittelussa ja valmistuksessa. Lujempien ja sitkeämpien terästen käyttäminen kylmissä olosuhteissa on perusteltua, mutta ne asettavat omat haasteensa hitsaukselle.

## **ABSTRACT**

Lappeenranta University of Technology  
Faculty of Technology  
Department of Mechanical Engineering

Tuomas Liukkonen

### **Requirements for metals and welded structures in Arctic conditions**

Master's Thesis

2014

128 pages, 27 figures, and 31 tables

Examiners: Professor Jukka Martikainen  
M.Sc. Mikko Pölkki

Keywords: Arctic, welding, welding production, quality control, DNV, Norsok, RMRS, certificate

This master's thesis studies requirements for target company's welded structures in the Arctic regions of Norway and Russia. This master's thesis also studies behavior of metals in arctic conditions. Additionally requirements for welding production are examined. Special features of markets of both countries are studied at the end of the work. Based on this study it can be stated that the company can design and produce structures for arctic markets with minor changes to structures and production. Quality of steels and production have substantial role in Arctic investments. Thus supervision and traceability are also a major part of the Arctic projects. The company has certificates EN 1090, ISO 9001, ISO 3834 and ISO 14122 which assist company's internationalization and establishing. Susceptibility to brittle fracture increases in cold conditions. The factors causing brittle fracture should be recognized and need to be avoided in design and production. Using of higher strength and more toughness steels in cold conditions is possible but it makes welding more challenging.

## **ALKUSANAT**

Tämä diplomityö on tehty Premekon Oy:lle Lappeenrannan teknillisellä yliopistolla osana Arktika-projektia.

Haluan kiittää professori Jukka Martikaista diplomityöni ohjaamisesta, tarkastamisesta ja monipuolisista neuvoista työni aikana. Kiitos kuuluu myös työn toiselle tarkastajalle Mikko Pölkille. Lisäksi iso kiitos kuuluu työni ohjaajalle Ville Immoselle, joka omien työkiireidensä ohessa antoi kehittävää palautetta ja vastaili kysymyksiini. Kiitokset haluan esittää myös projektipäällikkö Markku Piriselle, joka osaltaan mahdollisti tämän työn tekemisen.

Todella iso kiitos kuuluu avopuolisolleni Sailalle, joka on tukenut sekä kannustanut minua niin opinnoissa kuin tässä diplomityössä. Suuret kiitokset myös vanhemmilleni ja sisaruksilleni, joiden korvaamaton tuki on auttanut läpi koko opiskeluajan. Lopuksi haluan kiittää opiskelutovereita, jotka tekivät opiskeluajastani ikimuistaisen kokemuksen.

Tuomas Liukkonen

Lappeenrannassa 16.7.2014

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>TIIVISTELMÄ .....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>2</b>
<b>ALKUSANAT .....</b>	<b>3</b>
<b>SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO.....</b>	<b>9</b>
<b>VIITESTANDARDIT .....</b>	<b>13</b>
<b>1 JOHDANTO.....</b>	<b>16</b>
1.1 Työn tausta.....	16
1.2 Tavoite ja rajausta.....	16
1.3 Hanke- ja yritysesittely .....	17
1.3.1 Arktika-projekti .....	17
1.3.2 Premekon Oy .....	18
<b>2 ARKTINEN ALUE.....</b>	<b>19</b>
2.1 Arktisen alueen määrittely .....	19
2.2 Luonnonvarat .....	20
2.3 Koillisväylä.....	22
2.4 Arktiset olosuhteet teräsrakentamisen kannalta.....	23
<b>3 TUTKITTAVAT RAKENTEET .....</b>	<b>26</b>
3.1 Hoitotasot.....	26
3.2 Kaiteet.....	27
3.3 Portaat ja porrastornit.....	27
3.4 Tikkaat .....	28
<b>4 TERÄSTEN KÄYTTÄYTYMINEN KYLMISSÄ OLOSUHTEISSA .....</b>	<b>29</b>
4.1 Terästen transitiokäyttäytyminen.....	29
4.2 Haurasmurtuma.....	32

4.3	Sitkeä murtuma .....	34
4.4	Materiaalien testausmenetelmät .....	35
4.4.1	Charpyn V- & U-kokeet .....	35
4.4.2	CTOD & CTOA .....	36
4.4.3	Jännitysintensiiteettikerroin $K$ .....	38
4.4.4	Pellinin pudotusvasarakoe .....	39
4.4.5	DWT-koe .....	39
4.4.6	J-integraali .....	40
<b>5</b>	<b>STANDARDIEN ASETTAMAT VAATIMUKSET JA MÄÄRÄYKSET</b>	
	<b>MATERIAALEILLE JA HITSAUSTUOTANNOLLE .....</b>	<b>41</b>
5.1	NORSOK .....	41
5.1.1	Suunnitteluluokat .....	41
5.1.2	Portaiden suunnitteluperusteet .....	43
5.1.3	Kaiteiden suunnitteluperusteet .....	44
5.1.4	Hitsausohjeen hyväksyttäminen .....	45
5.1.5	Menetelmäkoekappaleiden testaus .....	47
5.1.6	Hitsaajat, hitsausoperaattorit ja hitsauksen koordinointi .....	49
5.1.7	Laaduntarkastus ja jäljitettävyys .....	49
5.1.8	Tuotantohitsaus .....	50
5.1.9	Liitosten NDT-tarkastus .....	50
5.1.10	Laatuluokkien mukaiset teräkset .....	52
5.1.11	Ruostumaton teräs ja nikkelseokset .....	53
5.1.12	Alumiini .....	54
5.1.13	Pulttimateriaalit .....	55
5.1.14	Korroosiosuojaus .....	55
5.2	Det Norske Veritas .....	56
5.2.1	Terästen luokittelu ja merkintä .....	57

5.2.2	Normaalilujat teräkset.....	59
5.2.3	Lujat teräkset.....	59
5.2.4	Erikoislujat teräkset .....	59
5.2.5	Materiaalin valinta ja rakenteiden luokittelu .....	60
5.2.6	Suunnitteluperusteet.....	61
5.2.7	Hitsien laaduntarkastus .....	62
5.2.8	Hitsausohjeen hyväksyminen .....	63
5.2.9	Aineenkoetus menetelmäkoekappaleille.....	65
5.2.10	Hitsaajien pätevyys .....	67
5.2.11	Pulttiliitokset .....	67
5.2.12	Alumiini .....	68
5.2.13	Ruostumaton teräs.....	70
5.2.14	Korroosiosuojaus .....	70
5.3	Russian Maritime Register of Shipping.....	71
5.3.1	Käytettävät rakenneteräkset .....	71
5.3.2	Suunnitteluohjeet ja – vaatimukset .....	73
5.3.3	Hitsaustuotanto .....	74
5.3.4	Hitsausohjeen hyväksyttäminen .....	75
5.3.5	Hitsien laaduntarkastus .....	77
5.3.6	Ruostumaton teräs.....	78
5.3.7	Alumiini .....	79
5.3.8	Korroosiosuojaus .....	82
<b>6</b>	<b>TUOTTEIDEN VIENTI JA SERTIFIOINTI VENÄJÄLLÄ .....</b>	<b>83</b>
6.1	Tulliliitto .....	83
6.2	Sertifioinnin polku .....	84
6.3	Tullinimikkeet.....	84
6.4	Tulliliiton sertifikaatit .....	85

6.5	Venäjän sertifikaatit.....	86
6.5.1	GOST R-sertifikaatti.....	87
6.5.2	GOST R-vastaavuusvakuutus .....	87
6.5.3	Vapaaehtoinen GOST R-sertifikaatti.....	87
6.5.4	TM-vastaavuussertifikaatti .....	87
6.5.5	TM-vastaavuusvakuutus .....	88
6.6	Tullikoodin mukaiset tuontitiedot ja sertifiointitarve .....	88
<b>7</b>	<b>CASE: RITILÄTUOTTEIDEN SOVELTUVUUS ARKTISEEN RAKENTAMISEEN.....</b>	<b>91</b>
7.1	Käyttöympäristön erityispiirteet ja vaikutukset ritilätuotteisiin .....	91
7.2	Ritilät yleisesti .....	93
7.3	Alihankkijat .....	93
7.4	Materiaalit ja niiden soveltuvuus kylmään ilmastoon .....	94
7.5	Suunnitteluseikkoja ja -vaatimuksia .....	95
7.6	Arktisiin olosuhteisiin ja kohdeyrityksen tuotteisiin soveltuvat ritilät .....	97
<b>8</b>	<b>MARKKINAPOTENTIAALI JA LIKETOIMINTAYMPÄRISTÖ ARKTISELLA ALUEELLA .....</b>	<b>100</b>
8.1	Norjan markkina-alueet .....	100
8.2	Venäjän markkina-alueet .....	102
8.3	Markkinapotentiaali ja liiketoimintaympäristön erityispiirteet Norjassa .....	104
8.4	Markkinapotentiaali ja liiketoimintaympäristön erityispiirteet Venäjällä .....	106
<b>9</b>	<b>JOHTOPÄÄTÖKSET.....</b>	<b>110</b>
<b>10</b>	<b>YHTEENVETO .....</b>	<b>115</b>
	<b>LÄHTEET .....</b>	<b>117</b>

## SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

°C	Celsius-aste
3D	Kolmiulotteinen
a	Vuosi
A <sub>5</sub>	Murtovenymä, mittapituus 5 x halkaisija, [%]
Al	Alumiini
C	Hiili
Cr	Kromi
d	Päivä
E	Kimmokerroin
J	Joule
J <sub>pl</sub>	J-integraalin plastinen komponentti
K	Jännitysintensiiteettikerroin
K <sub>IC</sub>	Kriittinen jännitysintensiiteetti
KV	Sitoutunut energia, koesauvan loven geometria V
KV <sub>8</sub>	Sitoutunut energia, koesauvan loven geometria V, 8 mm heiluri
<i>l</i>	Hitsin pituus, jolla esiintyy virheitä
<i>m</i>	Halkeaman funktio
mm	Millimetri
Mn	Mangaani
MPa	Megapascal, [N/mm <sup>2</sup> ]
N	Newton, [kg m/s <sup>2</sup> ]
Ni	Nikkeli
P	Fosfori
P3	Esikäsittelyaste, erittäin perusteellinen esikäsittely
P <sub>cm</sub>	Säröparametri
<i>s</i>	Koko hitsin pituus
S	Rikki
Sa2½	Puhdistusaste
<i>T</i>	Lämpötila
<i>t</i> <sub>8/5</sub>	Jäähtymisaika
<i>T</i> <sub>A</sub>	Ympäristön lämpötila

$T_d$	Suunnittelulämpötila
Ti	Titaani
$T_t$	Transitiolämpötila
W	Parannettu hitsattavuus
$\delta$	Särön kärjen avauma
$\mu\text{m}$	Mikrometri [ $10^{-6}$ m]
$\sigma_y$	Tehollinen myötölujuus
$\tau_k$	Leikkausjännityksen kriittinen arvo
$\nu$	Poissonin vakio
AcC	Accelerated cooling, nopeutetusti jäähdytetty
ACCP	ASNT Central Certification Program, amerikkalainen sertifiointiohjelma NDT-tarkastajille
AISI	American Iron and Steel Institute
ANSI	American National Standards Institute
AR	AS-rolled, valssattu
ASNT	The American Society for Nondestructive Testing
ASTM	American Society for Testing and Materials
AVL	Approved Vendor List, hyväksytyjen toimittajien lista
CAFF	Conservation of Arctic Flora and Fauna
CE	Conformité Européenne, merkinnällä valmistaja vakuuttaa tuotteen olevan EU-direktiivien mukainen
CEV	Carbon equivalent value, hiiliekvivalentti
CN	Combined Nomenclature, Euroopan yhteisön yhdistetty nimikkeistö
CNC	Computerized Numerical Control, numeerinen ohjaus
CTF	Coating Technical File, pinnoitusseloste
CTOA	Crack tip opening angle, särön kärjen avautumiskulma
CTOD	Crack tip opening displacement, särön kärjen avautuma
DC	Design Class, suunnitteluluokka
DNV	Det Norske Veritas
DT	Destructive Testing, rikkova aineenkoetus
DWT	Drop Weight Test
DWTT	Drop Weight Tear Test

EAKR	Euroopan aluekehitysrahasto
EHS	Extra high strength steel, erikoisluja teräs
EN	Eurooppalainen standardi
ES	Etiopialainen standardi
ETA	Euroopan talousalue
FROSIO	Norjalainen sertifiointijärjestelmä pintakäsittelylle
GOST	Venäjän kansallinen standardi
HS	Harmonized System, harmonoidun järjestelmän nimikkeistö
HS	High strength steel, luja teräs
HSE	Health, Safety & Environment, terveys, turvallisuus & ympäristö
IACS	International Association of Classification Societies
ICT	Information and communication technology, tieto- ja viestintäteknologia
IIF	Institute of International Finance
IIW	International Institute of Welding
IMO	International Maritime Organization, Kansainvälinen merenkulku-organisaatio
ISO	International Organization for Standardization, kansainvälinen standardi
IWE	International Welding Engineer, kansainvälinen hitsausinsinööri
IWI	International Welding Inspector, kansainvälinen hitsaustarkastaja
IWT	International Welding Technologist, kansainvälinen hitsausteknikko
IVY	Itsenäisten valtioiden yhteisö
LNG	Liquefied Natural Gas, nesteytetty maakaasu
MAG	Metal Active gas Welding, metallikaasukaarihitsaus aktiivisella suojakaasulla
MEK	Matkailun edistämiskeskus
N	Normalizing, normalisoitu
NACE	National Association of Corrosion Engineers
NDT	Nil-Ductile-Transition, nollasitkeys
NDT	Nondestructive testing, rikkomaton aineenkoetus
NORSOK	Norjan öljyteollisuuden kehittämä standardisarja
NR	Normalizing rollig, normalisointivalssattu
NS	Normal steel, normaaliluja teräs
OKP	Tulliliiton ja Venäjän sisäinen tuoteluokitusjärjestelmä
Pkk	Pintakeskinen kuutiollinen hila

PRE	Pitting Resistance Equivalent, Pistekorrosiokestävyyden ekvivalentti
PT	Penetrant Testing, tunkeumanestetarkastus
PWHT	Jälkilämpökäsittely
pWPS	preliminary Welding Procedure Specification, alustava hitsausohje
QT	Quenching and Tempering, karkaistu ja nuorrutettu
RMRS	Russian Maritime Register of Shipping
RS	Russian Maritime Register of Shipping
RT	Radiographic Testing, radiografinen tarkastus
SFS	Standardi on vahvistettu Suomessa, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry
SMYS	Specified Minimum Yield Stress, vähimmäismyötölujuus
SVKK	Suomalais-Venäläinen kauppakamari
Tkk	Tilakeskinen kuutiollinen hila
TM	Tekniset Määräykset
TM	Thermo-mechanical rolling, kuumavalssattu
TN VED	Tulliliiton tavaranimikkeistö
UNS	Unified Numbering System
UT	Ultrasonic Testing, ultraäänitarkastus
WPQR	Welding Procedure Qualification Record, menetelmäkoepöytäkirja
WPS	Welding Procedure Specification, hitsausohje
VT	Visual Testing, silmämääräinen tarkastus

**VIITESTANDARDIT**

ASTM E2472-06e1: 2006	Standard test method for determination of resistance to stable crack extension under low-constraint conditions
ASTM E562: 2011	Standard test method for determining volume fraction by systematic manual point count
EN 473: 2008	Rikkomaton aineenkoetus. NDT-henkilöiden pätevänti ja sertifiointi. Yleisperiaatteet. (kumottu)
IACS No. 47 Rev. 7: 2013	Shipbuilding and repair quality standard
ISO 19906: 2010	Petroleum and natural gas industries-Arctic offshore structures
NORSOK M-601: 2008	Welding and inspection of piping
NS 477: 2012	Welding inspectors- Tasks, education and certification
SFS-EN 1011-1: 2009	Hitsaus. Metallisten materiaalin hitsaussuositukset. Osa 1: Yleisohjeet kaarihitsauksella
SFS-EN 1011-3: 2001	Hitsaus. Metallisten materiaalien hitsaussuositukset. Osa 3: Ruostumattomien terästen kaarihitsaus
SFS-EN 10204: 2004	Metallituotteiden ainestodistukset

SFS-EN 1090: 2012	Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus
SFS-EN 14122: 2010	Koneturvallisuus
SFS-EN 287-1: 2011	Hitsaajan pätevyyskoe. Sulahitsaus. Osa 1: Teräkset
SFS-EN ISO 10042: 2006	Hitsaus. Alumiini ja alumiiniseosten kaarihitsaus. Hitsiluokat
SFS-EN ISO 12944-3: 1998	Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionestosuojamaaliyhdistelmillä. Osa 3: Rakenteet suunnitteluun liittyviä näkökohtia
SFS-EN ISO 14731: 2006	Hitsauksen koordinointi. Tehtävät ja vastuut
SFS-EN ISO 15609-1: 2004	Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Hitsausohjeet. Osa 1: Kaarihitsaus
SFS-EN ISO 15614-1: 2012	Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Hyväksyntä menetelmäkokeella
SFS-EN ISO 17662: 2005	Hitsaus. Hitsauksessa ja siihen liittyvissä oheistoiminnoissa käytettävien laitteiden kalibrointi, todentaminen ja kelpuus
SFS-EN ISO 3834-2: 2006	Metallien sulahitsauksen laatuvaatimukset. Kattavat laatuvaatimukset
SFS-EN ISO 5817: 2014	Hitsaus. Teräksen, nikkelin, titaanin ja niiden seosten sulahitsaus. Hitsiluokat

SFS-EN ISO 6507-1: 2006	Metallien Vickersin kovuuskoe. Osa 1: Menetelmä
SFS-EN ISO 898-1: 2013	Kiinittimien lujuusominaisuudet. Seostamattomat ja seosteräkset. Osa: 1 Ruuvien ja vaarnaruuvien lujuusluokat. Vakiokierre ja taajakierre
SFS-EN ISO 9001: 2008	Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset
SFS-EN ISO 9606-1: 2013	Hitsaajan pätevyyskoe. Sulahitsaus. Osa 1: Teräkset
SFS-EN ISO 9712: 2012	Rikkomaton aineenkoetus. NDT-henkilöiden pätevöinti ja sertifiointi. Yleisperiaatteet.
SNT-TC-1A: 2011	Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing (ASNT)

## 1 JOHDANTO

Ilmaston lämpenemisestä johtuva arktisen jääpeitteen vetäytyminen avaa mahdollisuuden hyödyntää arktisten alueiden luonnonvaroja. Lisäksi pohjoisten merireittien avautuminen ympärivuotiseen käyttöön voi tulevaisuudessa muuttaa koko maailman logistiikkavirtaa. Useat valtiot kuten Norja ja Venäjä panostavat vahvasti pohjoiseen. Hankkeiden pääpaino on offshore-teollisuudessa sekä infrastruktuurin kehittämisessä. Jotta arktisten alueiden luonnonvaroja voidaan turvallisesti hyödyntää, tulee erityistä huomiota kiinnittää rakenteiden laatuun, turvallisuuteen ja ympäristöystävällisyyteen.

### 1.1 Työn tausta

Tämä diplomityö on tehty osana Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR) ja yritysten rahoittamaa Arktika-projektia, jonka tavoitteena on mahdollistaa eteläkarjalaisten yritysten pääsy arktisen alueen voimakkaasti kasvavan teollisuuden ja infrastruktuurin rakentamisen pariin. Diplomityössä tutkitaan Premekon Oy:n mahdollisuuksia verkostoitua, valmistaa ja myydä tuotteitaan arktiselle alueelle.

Verkostoituminen mahdollistaa Etelä-Karjalan alueen konepajojen liittymisen niihin globaaleihin verkostoihin, jotka operoivat arktisilla alueilla. Jotta yritys voi markkinoida ja myydä tuotteitaan, on sen varmistuttava tuotteidensa turvallisuudesta vaativissakin käyttöolosuhteissa. Arktinen ilmasto asettaa teräsrakenteet erityisen koville ja rakenteiden rikkoutuminen voi johtaa hyvin vakaviin seuraamuksiin niin ihmisille kuin luonnolle. Rakenteille ja materiaaleille on asetettu vaatimuksia, joissa on maakohtaisia eroja. Eri maiden standardien lisäksi luokituslaitokset asettavat vaatimuksia etenkin offshore-teollisuuden tuotteille. Pelkkä vaatimusten ja asetusten tunteminen ei kuitenkaan riitä takaamaan rakenteiden kestävyyttä. On ymmärrettävä myös materiaalin käyttäytyminen niin hitsauksessa kuin kovassa, jopa  $-60\text{ °C}$  pakkasessa.

### 1.2 Tavoite ja rajaus

Työn tavoitteena on selvittää hoitotasojen, kaiteiden, tikkaiden, portaiden ja porrastornien valmistusmateriaaleille asetetut vaatimukset arktisella alueella. Lisäksi tutkitaan koko

hitsaustuotannolle kohdistettuja velvoitteita. Kohdeyrityksen valmistamat hitsatut rakenteet on suunniteltu niin, että ne voidaan asentaa ilman hitsausta. Näin ollen hitsaus kylmissä olosuhteissa rajataan työn ulkopuolelle.

Tarkasteltavia materiaaleja ovat hiiliteräs, ruostumaton teräs ja alumiini. Rakenteet arktisella alueella ovat usein offshore-rakenteita, joiden suunnittelu ja valmistus kuuluvat luokituslaitosten valvonnan alaisuuteen. Tästä syystä tutkimus kohdistuu luokituslaitosten asettamiin vaatimuksiin. Luokituslaitokset, joiden ohjeita ja vaatimuksia tutkitaan, ovat norjalainen Det Norske Veritas (DNV) ja venäläinen Russian Maritime Register of Shipping (RMRS tai RS). Lisäksi tarkasteluun otetaan Norjan öljyteollisuuden kehittämä standardisarja NORSOK. Standardia ISO 19906 ”Arctic Offshore structures” käytetään soveltuvilta osin.

Työn yhtenä osana tarkastellaan kohdeyrityksen tuotteille asetettuja sertifiointivaatimuksia ja sertifiointiprosessia yleisesti Venäjän kauppaan liittyen. Case-esimerkkinä tutkitaan ritilätuotteiden soveltuvuutta kylmiin olosuhteisiin. Case-tuotteet ovat alihankkijalta ostettavia teräs- ja alumiiniritilöitä, joita käytetään esimerkiksi porrasaskelmina ja kulkutasoina. Lopuksi tarkastellaan arktisen alueen markkinapotentiaalia ja liiketoimintaympäristön erityispiirteitä. Osiossa esitellään tärkeimmät markkina-alueet arktisessa Norjassa ja Venäjällä.

### 1.3 Hanke- ja yritysesittely

Tämä diplomityö kuuluu olennaisesti Lappeenrannan teknillisen yliopiston toteuttamaan Arktika-projektiin, johon osallistuu myös eteläkarjalainen yritys Premekon Oy.

#### 1.3.1 Arktika-projekti

Arktika-projekti on Euroopan aluekehitysrahaston rahoittama projekti, jonka toteuttajana toimii Lappeenrannan teknillinen yliopisto yhdessä neljän eteläkarjalaisen yrityksen kanssa. Yritykset ovat Premekon Oy, Karjalan Konepaja Oy, Astex Gear Oy ja Rämö Oy. Projektin toteutusaika on 1.10.2013 – 31.12.2014. Arktikan keskeisenä tavoitteena on mahdollistaa Etelä-Karjalan alueen kone- ja metallialan yrityksille pääsy arktisen alueen voimakkaasti kasvavan teollisuuden ja sen ympärille rakentuvan infrastruktuurin rakentamisen pariin. (Arktika, 2013.)

Arktisella alueella tapahtuva öljyn- ja kaasunporaus sekä laivaliikenne pohjoisilla merireiteillä tulevat lisääntymään ilmastonlämpenemisen ja teknologian kehityksen myötä. Projekti Arktika pyrkii edistämään yritysten verkostoitumista niihin globaaleihin verkostoihin, jotka jo toimivat arktisella alueella. Tutkimuksen avulla vahvistetaan yritysten osaamista esimerkiksi lujien terästen käytettävyyden, rakenteille asetettujen vaatimusten ja hitsauksen osalta kylmissä olosuhteissa. Laajemmassa kuvassa tutkimuksen kohdistaminen arktiseen rakentamiseen edesauttaa suomalaisen konepajateollisuuden profiloitumista todelliseksi arktisen rakentamisen osaajaksi. (Arktika, 2013.)

### 1.3.2 Premekon Oy

Premekon Oy on Joutsenossa sijaitseva kokonaisvaltaisia hoitotasojen ja porrastornien ratkaisuja tarjoava konepaja. Premekonin erityisalaa ovat hoitotasojen ja porrastornien valmistus mittatilaustyönä aina 3D-suunnittelusta asennukseen. Hoitotasojen ja porrastornien lisäksi yritys valmistaa kaiteita, tikkaita, portaita ja muita teräsrakenteita. Sekä suunnittelu että valmistus tapahtuvat Joutsenossa. (Tuotteet ja Palvelut, 2014.)

Premekon on toimittanut tuotteitaan Eurooppaan, Aasiaan sekä Pohjois- ja Etelä-Amerikkaan. Yrityksessä on käytössä laatujärjestelmä ja toiminta auditoidaan vuosittain ISO 9001 ja SFS – EN 3834 mukaan. Lisäksi yrityksellä on EN 1090 (CE-sertifikaatti) ja ISO 14122 koneturvallisuusstandardin mukainen sertifikaatti. (Tuotteet ja Palvelut, 2014.)

## 2 ARKTINEN ALUE

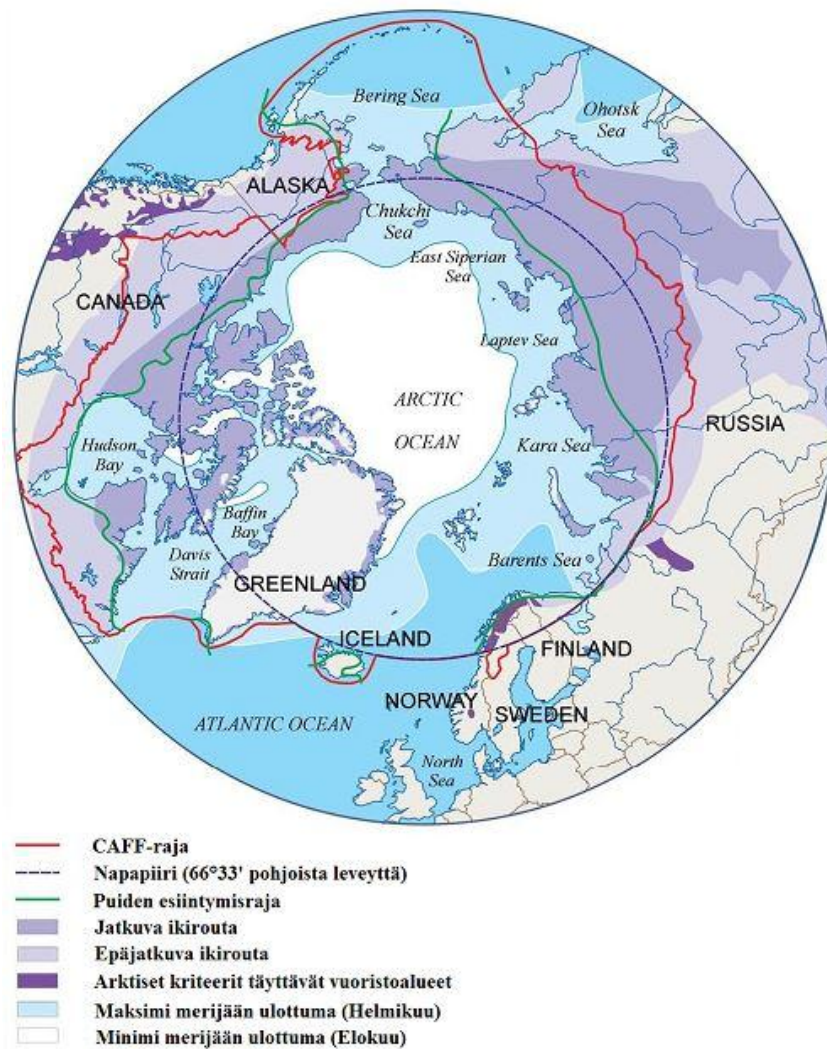
Arktikan kaasu- ja öljyvarojen hyödyntämisessä on valtavat mahdollisuudet, mutta myös suuret riskit. Arktinen ilmasto on teräsrakentamiselle ja öljyn- sekä kaasunporaukselle hankala. Teollisuuden on osoitettava, että alueella voidaan operoida turvallisesti ja välttää onnettomuudet sekä öljykatastrofit.

### 2.1 Arktisen alueen määrittely

Arktisen alueen määrittely tehdään yleensä luonnontieteellisen ilmiön tai teknisen toiminnan näkökulmasta. Näin ollen sillä ei ole täysin yksiselitteistä määritelmää. Arktinen alue voidaan määrittellä esimerkiksi seuraavin perusteiden mukaan (Lausala & Jumppanen, 2002, s. 9):

- leveysaste: napapiiri
- kasvillisuus: puiden esiintymisraja
- ikiroudan esiintymisraja
- merijään ulottuma
- lämpötila: vuoden tai kuukauden keskilämpötilan isotermi
- pitkäaikaisen roudan ja lumen esiintymisalue
- kasvien ja eläimien luonnonsuojelunäkökohtiin perustuen (Conservation of Arctic Flora and Fauna eli CAFF-raja)

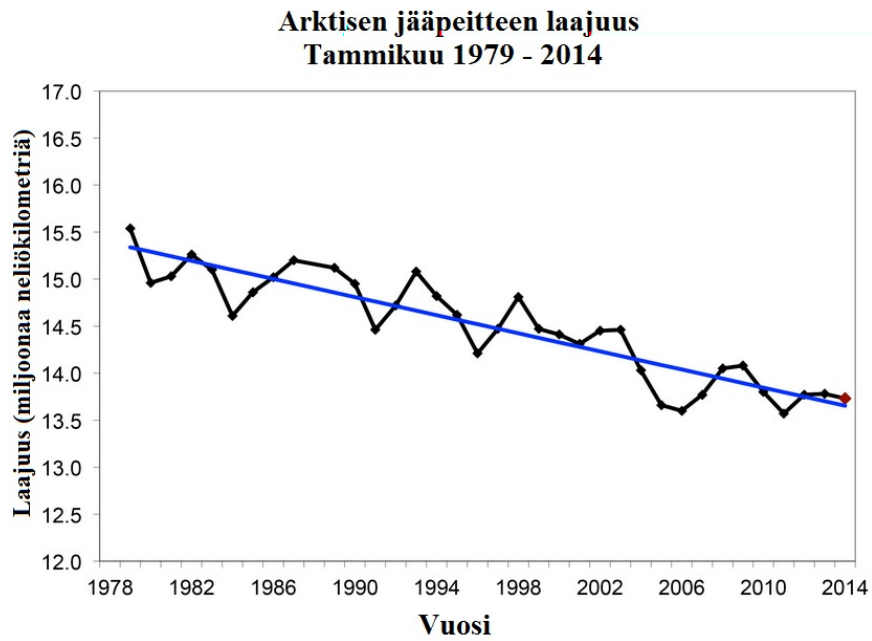
Kuvassa 1 esitetään edellä mainittujen luokitteluperusteiden mukaisia arktisen alueen rajoja.



**Kuva 1.** Arktisen alueen rajat (suomennettu Lausala & Jumppanen, 2002, s. 43).

## 2.2 Luonnonvarat

Ilmastonlämpenemisestä johtuva jääpeitteen sulaminen tarjoaa mahdollisuuden hyödyntää alueen luonnonvaroja sekä avata pohjoisia merireittejä ympärivuotiseen käyttöön. Kuvassa 2 esitetään Arktisen jääpeitteen kehittyminen viime vuosina. Kuvasta nähdään, että jääpeite on vähentynyt noin 3,2 % vuosivauhdilla. Arvioiden mukaan Arktisella alueella on noin 13 % maailman löytämättömistä öljyvaroista ja 30 % kaasunvarjoista (Gautier et al., 2009, s. 1175). Vuonna 2013 Länsi-Siperian ja Alaskan Prudhoe Bayn alueilla tuotettiin kymmenes maailman öljystä ja yli neljännes kaasusta. Lukujen kasvua on helppo ennustaa ottaen huomioon alueen valtavat luonnonvarat, pidentyvän porauskauden sekä tutkimusteknologian kehityksen (Borgerson, 2013). Hiilivetyvarojen lisäksi Arktikalla sijaitsee runsaasti mineraali- ja metsävarantoja (Lausala & Jumppanen, 2002, s. 3).



**Kuva 2.** Arktisen jääpeitteen laajuus (suomennettu National Snow & Ice Data Center, 2014).

Vuonna 2012 julkaistun tutkimuksen mukaan arktisilla merialueilla arvioidaan olevan noin 66 miljardia barrelia öljyä ja 1 623 biljoonaa ( $10^{12}$ ) kuutiojalkaa kaasua. Suurimmat kaasuresurssit sijaitsevat Venäjällä, Etelä-Karanmerellä sekä etelä- ja pohjoisosissa Barentsinmerta. Suurimmat öljyresurssit löytyvät puolestaan Yhdysvalloista, Alaskan alueelta (Brownfield et al., 2012). Vuoteen 2035 mennessä öljyn tarpeen arvioidaan kasvavan viidenneksen ja kaasun tarpeen jopa kaksinkertaistuvan. Ennusteiden mukaan yli puolet vuoden 2035 öljyn ja kaasuntuotannosta suuntautuu alueille, joita ei ole vielä löydetty tai rakennettu. (Biro, 2010.)

Käytännössä kaikki uusille alueille suuntautuvat luonnonvarojen hyödyntämishankkeet tarvitsevat ympärilleen toimivan infrastruktuurin. Toimivan infrastruktuurin puute näkyy etenkin Venäjän pohjoisosissa, jossa tärkeimmät kehityshankkeet liittyvät kuljetuksiin (rautatiet, tiet ja meritiet, putkilinjat) ja ICT-palveluiden (informaatio- ja kommunikaatioteknologia) kehittämiseen. Myös energia- ja vesihuolto on puutteellista tai puuttuu kokonaan useista arktisista yhdyskunnista. (Lausala & Jumppanen, 2002, s. 3.)

### 2.3 Koillisväylä

Merijään vetäytyminen mahdollistaa Koillisväylän avautumisen, mikä lyhentäisi rahdin kuljetusmatkaa Euroopan ja Aasian välillä jopa kolmanneksella. Tämä voi tulevaisuudessa muuttaa koko maailman logistiikkavirtaa. Kuvassa 3 on esitetty Koillis- ja Luoteisväylät. Arvioiden mukaan ympärivuotinen meriliikenne Koillis- ja Luoteisväylillä on mahdollista vasta kymmenien vuosien kuluttua. Tästä huolimatta Barentsin alueen taloudellinen ja poliittinen merkitys on lisääntynyt merkittävästi. Itämeri säilyttää kuitenkin edelleen asemansa Suomen meriliikenteen pääväylänä tulevina vuosina. Pohjoisten merireittien avautuminen ja lisääntyvä liikennöinti edellyttävät yhdenmukaisia merenkulun sääntöjä ja turvallisuusmääräyksien noudattamista kaikilta käyttäjiltä. Alueen liiketoimintamahdollisuuksia on parannettava kehittämällä liikenne-, viestintä- ja logistiikkaverkostoja. (Valtioneuvoston kanslia, 2010, s. 5, 14.)



**Kuva 3.** Koillis- ja Luoteisväylät (Mikkola, 2010).

Koillisväylä on pituudeltaan noin 6500 kilometriä. Nykyinen purjehduskausi Koillisväylällä on  $49 \pm 18$  vuorokautta. Ilmaston lämpenemisen seurauksena purjehduskauden arvioidaan olevan vuosisadan lopulla  $134 \pm 38$  vuorokautta. Koillisväylän laivaliikenteen kehitys viime vuosina näkyy taulukosta 1. Ympärivuotinen liikennöinti väylällä olisi nykyisellään erittäin kallista korkeiden jäänmurtokustannusten vuoksi. Liikennöintiä hankaloittavat merenpohjan paikoittainen mataluus, jäävuoret sekä jäälautat. Lyhin reitti ei välttämättä ole kuitenkaan taloudellisin vaihtoehto rahdille, koska Venäjä perii Koillisväylän käytöstä maksuja väylä- ja murtamispalveluista. Lisäksi sopivan kaluston hankkiminen ja merenkulun turvallisuuden takaaminen vaikuttavat

reittivalintoihin. Venäjän harjoittama politiikka koskien Koillisväylää vaikuttaa ratkaisevasti reitin hyödyntämismahdollisuuksiin. (Valtioneuvoston kanslia, 2010, s. 15.)

*Taulukko 1. Koillisväylän laivaliikenteen kehitys (Balmasov, 2010, 2011, 2012 & 2013).*

	2010	2011	2012	2013
Laivat [kpl]	4	41	46	71
Rahti [t]	111 000	820 789	1 261 545	1 355 897

#### 2.4 Arktiset olosuhteet teräsrakentamisen kannalta

Arktisille alueille on ominaista erittäin kylmä ilmasto ja vaikeat geotekniset olosuhteet. Lisäksi infrastruktuurin puute sekä pitkät välimatkat aiheuttavat ongelmia rakentamiseen. Rakennusmateriaaleille suurin haaste on kestää kovia, jopa  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ :een pakkasia. Rakenneterästen iskusitkeys alenee matalissa lämpötiloissa ja teräksen murtumiskäyttäytyminen muuttuu matalissa lämpötiloissa sitkeästä hauraaksi. Suurin haaste alueen hitsatuille rakenteille onkin taata riittävä sitkeys hitsin muutosvyöhykkeellä. (Horn et al., 2012, s. 291; Hauge, 2012, s. 278.)

Tapauskohtaisesti offshore – rakentamisessa on otettava huomioon monia tekijöitä. Keskeisiä huomioon otettavia seikkoja ovat esimerkiksi ilman lämpötila ja sen vaihtelut, tuuli, päivän pituus, pimeys, lumi, näkyvyys, polaarimatalat (arktiset pyörremyrskyt), aallot, jään ja jäävuorten liikkeet sekä alueen seisminen aktiivisuus. Koneiden, laitteiden ja kulkureittien suojaaminen tuulen mukana merenpinnasta irtoavilta vesipisaroilta on tärkeää, koska pisarat jäätyvät laivojen ja lauttojen kansirakenteisiin heikentäen niiden toimintaa ja turvallisuutta. (ISO 19906, 2010, s. 15-18, 313.)

Seuraavaksi esitellään kahden liiketoiminnan kannalta tärkeän arktisen alueen ympäristöolosuhteita. Taulukkoon 2 on koottu tietoa Barentsin- ja Laptevinmerellä vallitsevista ympäristöolosuhteista. Barentsinmeri on jaettu taulukossa kolmeen osaan, jotka ovat länsi-, koillis- ja kaakkoisosaa. Kaakkoisosaan sisältyy Petšoranmeren alue. Aluejaottelu sekä merien sijainnit on esitetty kuvassa 4.

Taulukko 2. Barentsin- ja Laptevinmeren ympäristöolosuhteet (ISO 19906, 2010, s. 407-409, 416-423).

	Barentsinmeri			Laptevinmeri
	Länsiossa (1)	Koillisosa (2)	Kaakkoisosaa (3)	
Talven pituus	12 kk	12 kk	10 kk	9kk
Lämpötila [°C]	7...-9	9...-39	10...-20	33...-52
Tuulenoisuus 10 m korkeudella [m/s]	25...28	20...35	20...25	34...51
Näkyvyys ( d/a), < 1 km [kpl]	50...80	50...80	50...80	40...68
Aallonkorkeus [m]	2...10	2...9	1,5...7	4...10
Jään nopeus merellä [m/s]	0,5...0,7	0,4...0,8	Ei dataa	0,08...0,15
Jään nopeus rannikolla [m/s]	0,4...0,6	Ei dataa	0,6...0,8	Ei dataa
Jäävuoria/vuosi [kpl]	10...40	Ei dataa	Ei dataa	Ei dataa
Jäänpaksuus [m]	2,2...2,8	2,2...2,8	-	2,4...3,2
Veden suolapitoisuus [‰]	34,5...35	33,3...34,2	25...33	15...29,5



**Kuva 4.** Barentsinmeren ja Laptevinmeren sijainti sekä Barentsinmeren aluejaottelu (Muokattu Free World Maps, 2011; ISO 19906, 2010, s. 404).

Vertailutaulukon perusteella huomataan, että jo merialueiden sisällä ympäristöolosuhteet voivat muuttua merkittävästi. Eri arktisten merien välillä vaihtelut ovat vielä suurempia. Tämän takia on tärkeää selvittää tuotteen käyttökohde ja vallitsevat olosuhteet hyvin tarkkaan. Matalimpia vuotuisia lämpötiloja Norjan ja Venäjän merialueilla on mitattu Laptevinmerellä, jossa lämpötila laskee  $-52\text{ °C}$ :seen. Karanmereltä ja Itä-Siperian mereltä mitatut  $-51\text{ °C}$  ja  $-48\text{ °C}$  ovat myös lähellä Laptevinmeren mitattuja ilmanlämpötiloja (ISO 19906, 2010, s. 412, 427). Laptevinmeren rannikolla voi talven ja kesän välinen lämpötilaero kasvaa  $85\text{ °C}$ :seen. Tällaisessa käyttöympäristössä on tärkeää varmistua siitä, etteivät rakenteet murre hauraasti. Näin ollen iskutikeys on tärkeimpiä kriteerejä

materiaalinvalinnassa. Teräsrakenteiden turvallisuuden ja kestävyuden varmistamiseksi on materiaalin sitkeys pystyttävä takaamaan ulkoilmalle altistuvissa rakenteissa  $-40\text{ °C}$ :ssa tai sitä matalammissa lämpötiloissa.

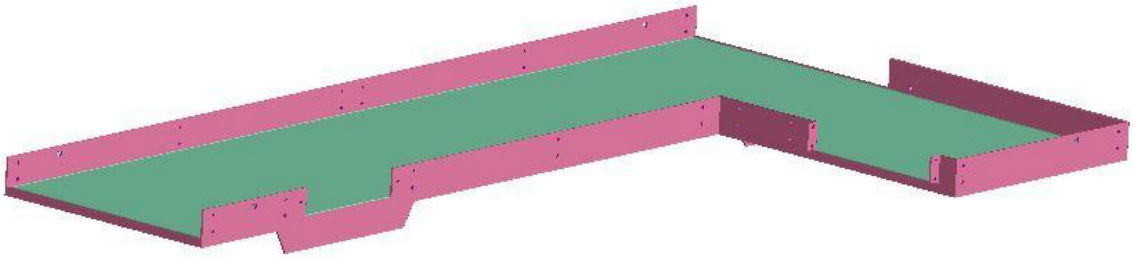
### 3 TUTKITTAVAT RAKENTEET

Rakenteiden suunnittelu tehdään tietokoneella 3D-ympäristössä. Suunnittelussa voidaan ottaa laajasti huomioon asiakkaan erityistarpeet materiaalien, pintakäsittelyn ja dimensioiden suhteen. Suunnittelun ja valmistuksen yhdistäminen on selvä kilpailuvaltti ja edesauttaa yrityksen sopeutumista arktisen alueen vaatimuksiin. Premekonilla on ISO 14122 sertifiointi, joka luo raamit koneturvallisuudelle kiinteiden kulkuteiden osalta. Lisäksi yrityksellä on EN 1090 sertifiointi sekä ISO 9001 mukainen laadunhallintajärjestelmä, jonka apuvälineenä hyödynnetään standardia ISO 3834. Hitsaustuotannon osalta yrityksellä ei ole tällä hetkellä käytössään robotisointi- tai mekanisointilaitteita, vaan kaikki hitsaus suoritetaan käsin.

#### 3.1 Hoitotasot

Hoitotasot voidaan valmistaa rakenneteräksestä, ruostumattomasta teräksestä tai alumiinista tilaajan vaatimuksen mukaan. Kuvan 5 hoitotaso koostuu tasokehikosta ja tasokehikon sisäpuolelle asennettavasta kulkutasosta. Tasokehikko valmistetaan kulmaraudasta, jossa kulmarauta toimii jalkalistana sekä kantavana rakenteena. Varsinaiset kuormaakantavat primäärikannakkeet suunnitellaan tapauskohtaisesti. Kulkupintaprofiilina voidaan käyttää ritilää, kyynellevyä tai reikälevyä. Kaiteet kiinnitetään pultein ja mutterein tasokehikkoon. Hoitotasoihin valmistetaan tarpeen mukaan tikas-, porras- ja kulkuaukkoja. Tasot ovat hitsattuja kokonaisuuksia, jotka asennuksen yhteydessä liitetään pultiliitoksiin.

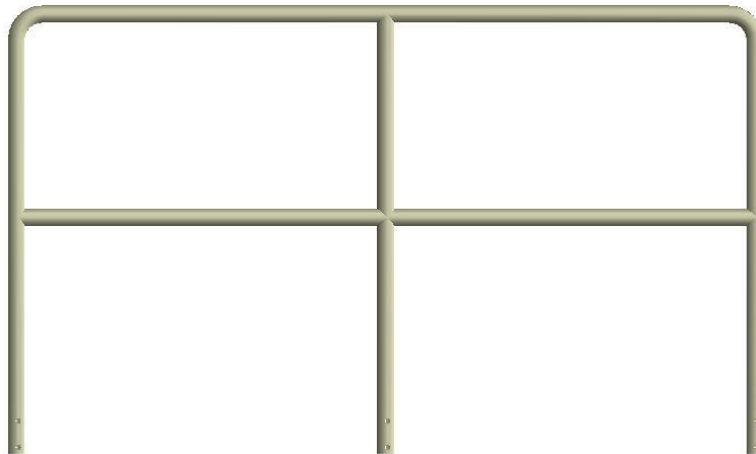
Hoitotasojen osavalmistus tehdään putki- ja levylasereilla, jotka takaavat hyvän valmistustarkkuuden. Rakenneteräksiset kulmaraudat ovat kuumavalssattuja ja ruostumattomasta teräksestä valmistettavat kulmaraudat särmätään levystä. Alumiiniset kulmaprofiilit tehdään suulakepuristamalla. Kokoonpanohitsauksen jälkeen materiaalista riippuen hoitotasot anodisoidaan, peitataan, hiekkapuhalletaan ja maalataan.



**Kuva 5.** 3D-malli hoitotasosta.

### 3.2 Kaiteet

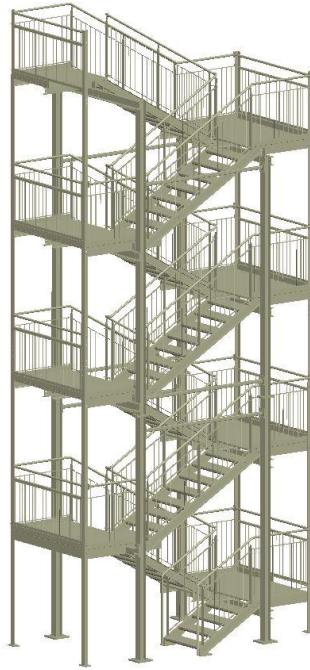
Kaidemateriaaleina ovat rakenne- ja ruostumattomat teräkset sekä alumiini. Kuvan 6 kaide valmistetaan putkiaihiosta, joka taivutetaan CNC-putkentaivuttimella haluttuun muotoonsa. Taivutuskoneen käyttö vähentää hitsausliitosten määrää. Väliputkien leikkaus ja loveaminen tehdään laserilla, jonka ansiosta sovitus on erittäin tarkka. Väliputkien liitokset hitsataan käsin. Kaiteiden dimensiot voivat vaihdella tilauskohtaisesti. Kaiteiden kiinnitys tapahtuu joko pulttiliitoksin tai erillisellä kiinnitysholkilla.



**Kuva 6.** 3D-malli kaiteesta.

### 3.3 Portaat ja porrastornit

Porrastornit ovat kokonaisuus, jossa yhdistyvät portaat, kaiteet, tasot ja kantavat teräsrakenteet. Kuvassa 7 esitetään porrastornin perusrakenne. Porrastorneihin Premekon Oy on kehittänyt oman vakiorakenteensa, minkä ansiosta kaikki asennuspaikalla tehtävät liitokset ovat pulttiliitoksia. Vakiorakenne tehostaa myös suunnittelua. Premekon asentaa porrastornit usein itse. Portaat valmistetaan joko alumiinista tai teräksestä. Askelmaprofiilina voidaan käyttää ritilää, kyynellevyä tai reikälevyä.



**Kuva 7.** 3D-malli porrastornista.

### 3.4 Tikkaat

Tikkaat valmistetaan rakenneteräksestä tai ruostumattomasta teräksestä. Tikkaat voidaan valmistaa selkäsuojailla, kuten kuvassa 8. Lisäksi kaikki tikkaat toimitetaan jousiportilla varustettuina.



**Kuva 8.** 3D-malli tikkaista.

## 4 TERÄSTEN KÄYTTÄYTYMINEN KYLMISSÄ OLOSUHTEISSA

Suunniteltaessa ja valmistettaessa teräsrakenteita kylmiin olosuhteisiin on ymmärrettävä terästen murtumiskäyttäytymisen muutos kylmissä olosuhteissa. Matalissa lämpötiloissa teräs voi murtua nopeasti ja hauraasti. Rakenteen haurasmurtuma-alttiutta voidaan vähentää välttämällä haurasmurtumaa edesauttavia tekijöitä niin suunnittelussa kuin valmistuksessa. Terästen sitkeyden arviointiin on kehitetty useita menetelmiä, joita hyödyntämällä saadaan valittua käyttökohteeseen soveltuva materiaali.

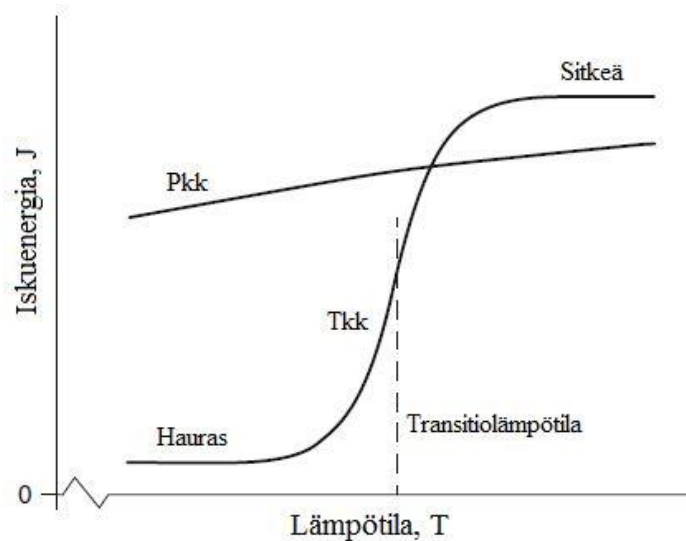
### 4.1 Terästen transitiokäyttäytyminen

Seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen käyttäytyminen muuttuu jännityksen alaisena matalissa lämpötiloissa sitkeästä hauraaksi. Lämpötila-alueita, jolla muutos tapahtuu, kutsutaan transitiolämpötilaksi. Teräksen sitkeä käyttäytyminen on rakenteen kannalta välttämätöntä, sillä silloin suunnittelussa käytettävät rakenteiden mekaniikkakaavat toimivat hyvällä tarkkuudella. Lisäksi murtorajatilassa rakenteeseen muodostuvat plastiset nivelet muokkaavat kuormitusjakaumaa ja voivat rajoittaa murtuman paikalliseksi. Hauraasti käyttäytyessään teräs voi murtua erittäin nopeasti. Haurasmurtumaan johtavan kuormitustilan arvioiminen on hankalaa johtuen sen tarvitsemasta vähäisestä energia-absorptiosta. Jopa äänennopeudella etenevä särö ei mahdollista kuormitusten uudelleen jakautumista ja voi johtaa koko rakenteen kantavuuden pettämiseen. (Huhdankoski, 2000, s. 8.)

Terästen haurautta ja sitkeyttä kuvataan yleisimmin käsitteellä iskusitkeys, mutta aineenkoetustavasta riippuen voidaan puhua myös murtumissitkeydestä tai pelkästä sitkeydestä. Materiaalille suoritettujen iskukokeiden perusteella voidaan piirtää sitoutunut energia/lämpötila – kuvaaja (KV/T-kuvaaja). Kuvaajan muoto riippuu testimateriaalista, koesauvan muodosta ja iskunopeudesta. Kuvaajaa kutsutaan myös transitiokäyräksi. Käyrästä on erotettavissa ylä- ja alatasanne sekä niiden välissä oleva transiioalue (Kuva 9).

Transitiolämpötila ( $T_t$ ) määritellään seuraavien kriteerien mukaan (Huhdankoski, 2000, s. 8; SFS-EN ISO 148-1, 2010, s. 34):

- perustuen tiettyyn sitoutuneen energian arvoon; esim.  $KV_8 = 27 \text{ J}$  tai  $40 \text{ J}$  (8 mm iskuri)
- perustuen tiettyyn prosentiosuuteen ylätasen energia-arvosta, esim. 50 %
- perustuen tiettyyn sitkeän murtuman osuuteen, esim. 50 %
- perustuen tiettyyn poikittaiseen laajenemaan, esim. 0,9 mm.

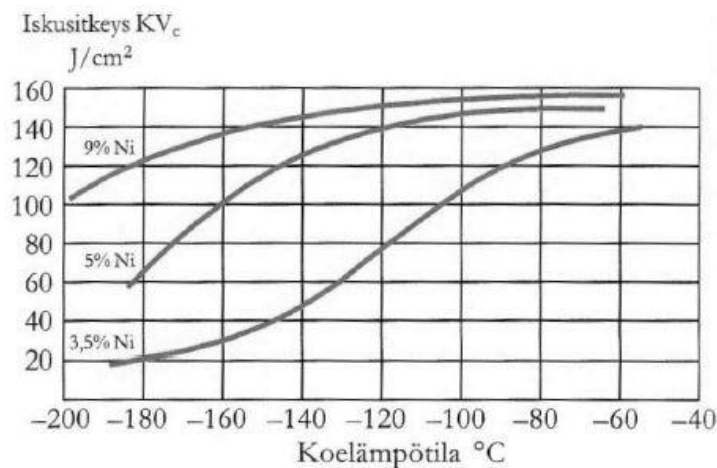


**Kuva 9.** Periaatepiirros metallien transitiokäyrästä (Muokattu Hsia, 2013, s. 276).

Kuvassa 9 on periaatepiirros sekä tkk-hilaisien että pkk-hilaisien metallien transitiokäyrästä. Kuvasta nähdään, että pkk-hilaiset metallit kuten alumiini ja austeniittiset teräset eivät ole yhtä alttiita haurasmurtumalle kuin tkk-hilaiset ferriittiset teräset. Konstruktioihin, joissa haurasmurtumavaara on ilmeinen, on pyrittävä valitsemaan materiaaleja, joiden transitiolämpötila on alhainen. Tämä perustuu siihen, että transitiolämpötila kuvaa materiaalin taipumusta haurasmurtumaan yksittäisiä iskusitkeysarvoja paremmin. Erityisesti niukkaseosteisten terästen murtumiskäyttäytymisen muutos transitiolämpötilassa on syytä tiedostaa, koska transitiolämpötila vaihtelee teräskohtaisesti välillä 25...-100 °C. Haurasmurtuman välttämiseksi on teräksen transitiolämpötilan oltava matalampi kuin käyttöympäristön alin lämpötila. (Ikonen & Kantola, 1991, s. 49; Huhdankoski, 2000, s. 8.)

Materiaalin transitiolämpötila riippuu siis testaustausmenetelmästä ja hauraudelle asetetuista kriteereistä, eikä sitä tästä syystä voida pitää yksikäsitteisenä materiaaliominaisuutena. Huomionarvoista on, että iskutikeys ei ole verrannollinen teräksen muovattavuuden ja murtovenymän kanssa, joten teräksen plastinen muodonmuutoskyky ja kylmäkäyttäytyminen ovat eri asioita. (Huhdankoski, 2000, s. 8, 10.)

Teräksen koostumuksella on suuri vaikutus iskutikeyteen. Eräs keino saada teräkset kestävämmän matalampia lämpötiloja on nikkeli-seostus. Nikkelin (Ni) lisääminen teräkseen kasvattaa merkittävästi teräksen iskutikeysarvoja matalissa lämpötiloissa. Kuvassa 10 on esitetty hiiliteräksen nikkeli-pitoisuuden vaikutus iskutikeyteen. Nikkelipitoisuuden arvot ovat 9 %, 5 % ja 3,5 %. Huomionarvoista on kuitenkin nikkelin verrattain kallis hinta. Kuten kuvasta huomataan, voi yhden lisäaineen pitoisuudet muuttaa teräksen käyttäytymistä merkittävästi. Myös muut seosaineet vaikuttavat teräksen kylmäkäyttäytymiseen. Alumiini- (Al) ja piiseostus (Si) tiivistävät terästä ja saavat näin aikaan sitkeyden kasvun. Alumiinin ohella myös niobi (Nb) ja titaani (Ti) hidastavat rakeenkasvua ja parantavat teräksen iskutikeyttä. Nikkelin lisäksi mangaani (Mn) on iskutikeyttä lisäävä seosaine. Iskutikeyttä heikentäviä seosaineita ovat hiili (C), rikki (S) ja fosfori (P). On siis ensiarvoisen tärkeää huomioida, että kullakin teräksellä on oma transitiokäyränsä. (Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys, 2004, s. 150; Huhdankoski, 2000, s. 18.)



**Kuva 10.** Hiiliteräksen nikkeli-pitoisuuden vaikutus teräksen iskutikeyteen (Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys, 2004, s. 150).

## 4.2 Haurasmurtuma

Mikäli metallin raerakenteessa on rakeita, joilta puuttuu plastinen muodonmuutoskyky, murtuu teräs ulkoisen jännityksen alaisena hauraasti. Metalli käyttäytyy hauraasti, jos suurin osa sen rakeista on hauraita tai hauraat rakeet ovat sijoittuneet epäedullisiin kohtiin rakennetta. Haurasmurtumalle on ominaista, että murtumiseen tarvittava energia-absorptio on pieni. Haurasmurtumat luokitellaan raerajamurtumaksi ja lohkomurtumaksi, joista jälkimmäinen on selvästi yleisin. (Ikonen & Kantola, 1991, s. 47.)

Raerajamurtumassa murtuma etenee rae- tai faasirajoja pitkin. Lohkomurtuma puolestaan etenee rakeiden läpi. Lohkomurtuma syntyy, kun jollakin rakeen liukutasolla vaikuttava leikkausjännitys ylittää kriittisen arvon ( $\tau_k$ ). Kriittisen arvon ylittäminen johtaa mikrosärön ydintymiseen. Tätä seuraa lohkomurtuma, mikäli särön ympärillä tapahtuva plastinen muodonmuutos ei pysty estämään särön kasvua ja säröä kasvattava ulkoinen jännitys on riittävän suuri. (Huhdankoski, 2000, s. 8.)

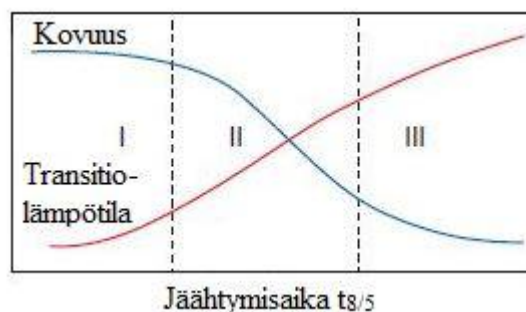
Haurasmurtuman murtopinta on yleensä melko sileä, kirkas, valoa heijastava ja siitä voi erottaa murtuman etenemissuuntaisia juonteita. Murtuman haarautuminen on mahdollista riittävän kimmoenergian turvin. Haurasmurtuman kehittämisessä voidaan erottaa toisistaan kaksi vaihetta; ydintyminen ja eteneminen. Ydintymisellä tarkoitetaan särön muodostumista ehyeen materiaaliin. Lohkomurtuma etenee hyvin nopeasti. Tästä johtuen sen pysähtyminen ei tapahdu helposti, vaikka kuormitusaste laskisikin särön edetessä. Särö voi pysähtyä kärjen tylpistymisen seurauksena, kohdatessaan sitkeämmän aineen tai jännitysten pienentyessä. Murtuman ydintyminen ja eteneminen edellyttävät erilaisia olosuhteita toimiakseen. Yleensä materiaalit valitaan käyttökohteisiin siten, että haurasmurtuman ydintyminen ei ole mahdollista käyttöolosuhteissa. Murtuman eteneminen voi kuitenkin olla mahdollista, jos murtuma ydintyy esimerkiksi onnettomuuskuorman seurauksena. (Ikonen & Kantola, 1991, s. 48; Huhdankoski, 2000, s. 8-10.)

Haurasmurtuman ydintymistä edesauttavat tekijät (Huhdankoski, 2000, s. 9):

- korkea vetojännitys
- alhainen käyttölämpötila
- suuret ainepaksuudet
- kolmiakselinen jännitystilä särön kärjessä

- hauras materiaali
- jäännösjännitykset
- iskumainen kuormitus ja suuri kuormitusnopeus
- jännityskeskittymät
- särömäiset alkuviat

Teräksen hitsaaminen muuttaa materiaalin iskusitkeysominaisuuksia ja asettaa haasteita liitoksen suunnitteluun ja valmistukseen. Hitsausliitoksen haurasmurtumavaaran arvioinnissa on huomioitava useita tekijöitä. Jokaisella hitsausliitokseen muodostuvalla mikrorakenteella on ominainen murtumissitkeys. Tämän lisäksi mikrorakenne voi vaihdella paikallisesti hitsissä ja hitsin muutosvyöhykkeellä. Hitsausvirheet ja väsymissäröt lähellä hauraita mikrorakenteita voivat johtaa haurasmurtumaan. Paikallisten jännitysten huomioiminen on hankalaa johtuen hitsauksen aikaansaamista jännityskeskittymistä ja jäännösjännityksistä. Kuvassa 11 nähdään iskusitkeys ja hitsin muutosvyöhykkeen kovuus  $t_{8/5}$ -jäähdytysajan funktiona hitsin muutosvyöhykkeellä. Austeniitin hajaantuminen eri mikrorakenteiksi tapahtuu teräksen jäähtyessä lämpötilavälillä 800 °C...500 °C. Jäähtymiseen kuluva aika kuvataan  $t_{8/5}$ -ajalla (Ovako, 2012, s. 5). Jäähtymisaikaan voidaan vaikuttaa erilaisilla hitsausteknisillä keinoilla kuten lämmöntuontia säätelemällä. Optimaaliset ominaisuudet hitsausliitokseen saadaan kuvan 11 alueella 2. (Hauge, 2012, s. 278–279; Lukkari & Vähäkainu, 2003, s. 18.)

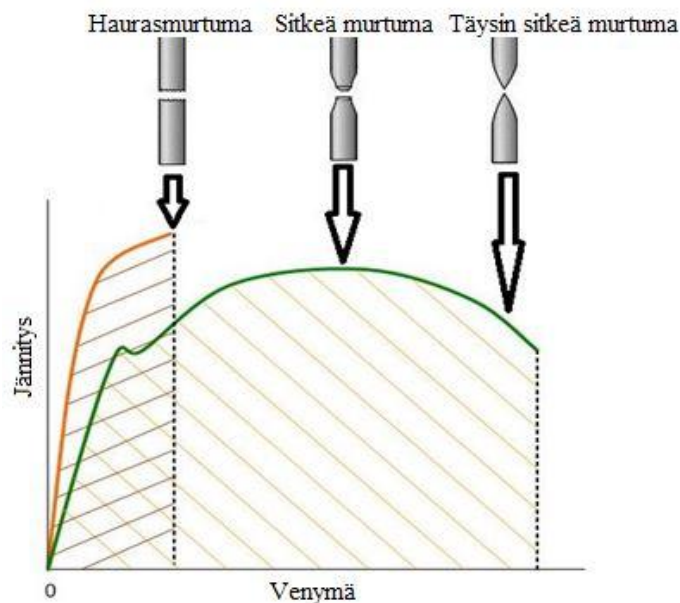


**Kuva 11.** Jäähtymisaajan ( $t_{8/5}$ ) vaikutus kovuuteen ja iskusitkeyteen muutosvyöhykkeellä (Muokattu Lukkari & Vähäkainu, 2003, s. 18).

### 4.3 Sitkeä murtuma

Sitkeämurtuma on rakenteen kannalta edullisempi muoto kuin haurasmurtuma, sillä sitkeä murtuma sitoo huomattavasti enemmän energiaa. Sitkeään materiaalin muodostuneen särön kärjessä tapahtuu voimakasta plastisoitumista, joka rajoittaa särön etenemistä. Särö vaatii edetäkseen voimakasta jännitystä. (Ikonen & Kantola, 1991, s. 49.)

Sitkeän murtuman kehittämisessä voidaan erottaa neljä vaihetta. Materiaalissa olevan terävän särön kärkeen muodostuu voimakas jännityskenttä, kun rakennetta kuormitetaan. Jännityskenttä aiheuttaa särön kärjen tylpistymisen ja venymisen. Kuormituksen lisääntyessä särön kärjen jännitykset kasvavat ja kärjen eteen muodostuu onkaloita. Onkalot jatkavat kasvuaan ja yhdistyvät lopulta särön kärkeen. Näin särön kasvu jatkuu taas tylpistymisen ja onkaloiden muodostumisen myötä. Onkaloiden kasvunopeus on voimakkaasti riippuvainen särön kärjen jännitystilän kolmiakselisuudesta. Jännitystilän kolmiakselisuus kasvaa ainepaksuuden kasvaessa. Näin ollen ohuita kappaleita voidaan pitää paksuja sitkeämpinä. Kuvassa 12 esitetään sitkeän ja hauraan materiaalin periaatteelliset jännitys-venymäpiirroksot. Sitkeässä murtumassa huomataan myös voimakasta kuroutumista murtuman kohdalla. Lisäksi sitkeälle materiaalille ominainen suuri murtovenymä käy ilmi kuvasta. (Ikonen & Kantola, 1991, s. 49-50.)



**Kuva 12.** Sitkeän ja hauraan materiaalin jännitys-venymäpiirros ja murtopinnat (Muokattu Kaya, 2009).

#### 4.4 Materiaalien testausmenetelmät

Haurasmurtumaan johtavan särön ydintymisen ja etenemisen vaatimia edellytyksiä voidaan mitata erilaisilla testausmenetelmillä. Materiaalin iskusitkeyttä mitataan iskukokeilla. Charpy V- & U-iskukokeet mittaavat sekä särön ydintymistä että etenemistä. Särön etenemisen edellytyksiä ei kuitenkaan voida tarkasti tutkia iskukokeella johtuen pienestä testikappaleesta ja tylpistä lovesta. Etenemisen tutkimiseen soveltuu paremmin DWT-koe (Drop Weight Tear) ja Pellinin pudotusvasarakoe.

Murtumissitkeyttä tutkitaan murtumismekaniikan parametrien avulla. Nykypäivänä tärkeimmät murtumissitkeyden tutkimiseen käytetyt parametrit ja kokeet ovat jännitysintensiiteetti kerroin  $K$ ,  $J$ -integraali, särön kärjen avautuma (CTOD) ja särön kärjen avautumiskulma (CTOA) (Zhu & Joyce, 2012, s. 3). Seuraavaksi esitellään testausmenetelmiä tarkemmin pääpainon ollessa Charpyn iskukokeissa sekä CTOD- ja CTOA-testeissä. Useat standardit ja luokituslaitokset luokittelevat teräksien sitkeyden juuri Charpyn iskusitkeysarvojen mukaan.

Lujien terästen murtumissitkeyden tutkimuksessa on CTOD- ja CTOA-menetelmien käytöllä merkittävä rooli (Horsley, 2003, s. 547; Rudland et al., 2001, s. 567). Menetelmät ovat olleet tärkeitä sitkeyttä mittaavia parametreja pohjoisen kaasuputkilinjojen ja offshore- teollisuuden parissa. Nykyään niiden merkitys on alkanut korostua ympäri maailmaa (Zhu & Joyce, 2012, s. 31). Esimerkiksi offshore - rakenteille, joita käytetään yli viisi vuotta samassa paikassa ja materiaalin myötölujuus ylittää 420 MPa, Det Norske Veritas vaatii materiaalin CTOD-testauksen (DNV-OS-C101, 2011, s. 34).

##### 4.4.1 Charpyn V- & U-kokeet

Charpyn-iskukokeessa murretaan lovettu koesauva iskuriheilurilla. Koesauvaan lovetaan U- tai V-lovi ja sauva murretaan yhdellä iskulla loven vastapäiseltä puolelta. Iskukokeeseen sitoutunut energia määritetään. Iskuenergian arvot ovat monilla metalleilla riippuvaisia testauslämpötilasta, joten testauslämpötilat tulee määrittää. (SFS-EN ISO 148-1, 2010, s. 10.)

Koesauva on poikkipinnaltaan neliö, jonka sivunpituus on 10 mm. Koesauvan pituus on 55 mm. Keskelle sauvaa tehdään vaatimusten mukainen U- tai V-lovi. Mikäli yleiskokoista

koesauvaa ei voida valmistaa, voidaan käyttää standardin SFS-EN ISO 148-1 määrittelemiä erikoiskoesauvoja. Menetelmäkokeissa käytettävät sauvat otetaan poikittain hitsin suuntaan nähden. Kustakin standardissa SFS-EN ISO 15614-1 määritetystä kohdasta otetaan 3 Charpy-V-koesauvaa. Kolmen sauvan iskuenergioiden keskiarvon tulee täyttää materiaalistandardin asettamat vaatimukset. Yksittäinen arvo saa olla alle vähimmäiskeskiarvon edellyttäen, että se on vähintään 70 % keskiarvosta. Minimipaksuus, jolla iskukoe voidaan luotettavasti suorittaa on 6 mm. (SFS-EN ISO 15614-1, 2012, s. 30; DNV-OS-B101, 2009, s. 44.)

Sekä Charpyn V- että U-kokeella voidaan todentaa teräksen transitiokäyttäytymistä, mutta selvää korrelaatiota ei kokeiden välillä ole. Charpyn U-kokeella saadut transitiolämpötilan arvot ovat V-kokeen vastaavia arvoja matalampia. Venäjän GOST-standardit määrittelevät materiaalivaatimuksia usein Charpyn U-koetuloksiin vedoten. (Huhdankoski, 2000, s. 11.)

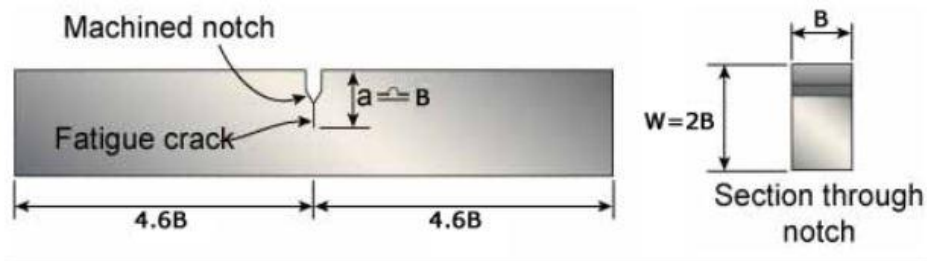
#### 4.4.2 CTOD & CTOA

Särön kärjen avautumaa eli CTOD-testiä käytetään kriittisen vikakoon arviointiin. Testin käyttö soveltuu parhaiten elastis-plastiselle alueelle, jossa särön kärjessä tapahtuu plastista muodonmuutosta ennen murtumaa. Koekappale voi olla selvästi Charpy-testien koekappaleita suurempi. Lisäksi kuormitusastetta voidaan muuttaa todellisia olosuhteita paremmin kuvaavaksi. (Huhdankoski, 2000, s. 15; Mathers, 2013.)

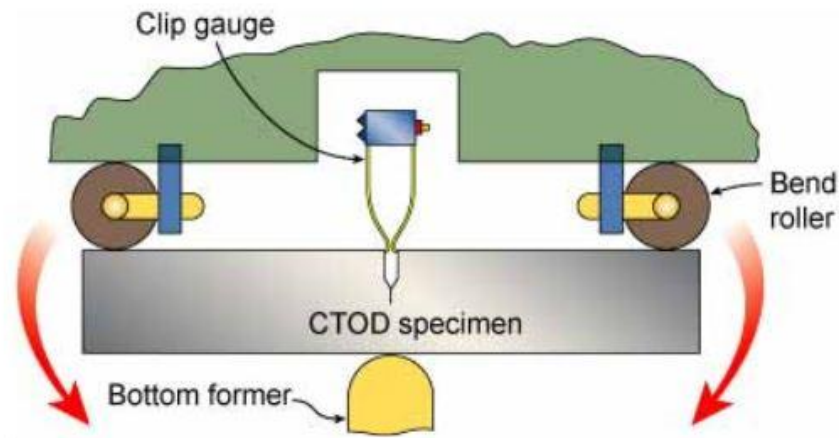
Kuvassa 13 esitetään koekappaleen dimensiot. Keskelle koekappaletta koneistetaan lovi, jonka pohjaan muodostetaan väsyttämällä alkusärö. Testi suoritetaan kolmipistetaivutuksella, kuvan 14 osoittamalla tavalla. Testi voidaan tehdä myös vetokokeena. Särön kärjen avautumaa mitataan loven reunoille asetetun mittalaitteen avulla. Särön pintojen välille syntyvä välimatka ennen kuin murtuma lähtee liikkeelle, on CTOD-arvo, jota merkitään symbolilla  $\delta$ . CTOD-arvoa ei voida määrittää suoraan testikappaleesta, vaan se pitää laskea kaavan 1 mukaan seuraavasti (Mathers, 2013; Zhu & Joyce, 2012, s. 32):

$$\delta = \frac{1}{m\sigma_Y} \frac{K^2 (1 - \nu^2)}{E} + J_{pl} \quad (1)$$

Kaavassa 1  $\delta$  on särön kärjen avautuma,  $m$  on funktio halkeaman koosta ja materiaaliominaisuuksista,  $\sigma_y$  on tehollinen myötölujuus,  $K$  on jännitysintensiiteettikerroin (kuormitustapa 1: avausmuoto),  $\nu$  on Poissonin vakio,  $E$  on kimmomoduuli ja  $J_{pl}$  on J-integraalin plastinen komponentti.

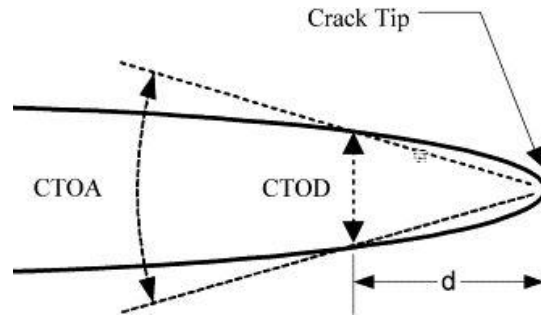


**Kuva 13.** CTOD-koekappaleen dimensiot (Mathers, 2013).

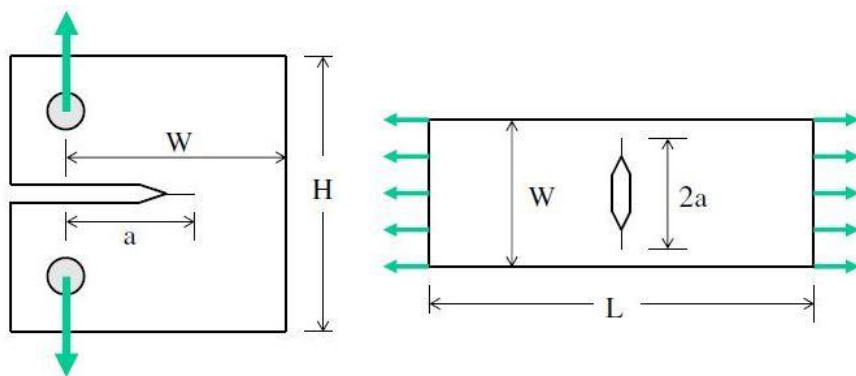


**Kuva 14.** CTOD-testaus kolmipistetaivutuksella (Mathers, 2013).

CTOA (Crack-tip opening angle) -testillä mitataan säröpintojen välistä kulmaa. CTOA-testi on kehitetty erityisesti ohutseinämäisille materiaaleille, kuten lujille ja sitkeille kaasuputkimateriaaleille. Kuvassa 15 näkyy mittaustapojen ero CTOD:n ja CTOA:n välillä. CTOA-arvon määrittämiseen on kehitetty useita menetelmiä, kuten suurnopeuskuvaukseen perustuva menetelmä. Menetelmän laajamittaista hyödyntämistä rajoittaa kuitenkin hinta ja monimutkaisuus, koska mittaus vaatii lisäksi elementtimenetelmän mukaisen simuloinnin särön kasvulle. Kuvassa 16 on ASTM E2472-06e1 standardin mukaiset testikappaleet. (Zhu & Joyce, 2012, s. 32-33; Amaro et al., 2013, s. 199.)



**Kuva 15.** Mittaustapojen ero CTOD:n ja CTOA:n välillä (Mahmoud & Lease, 2001, s. 444).



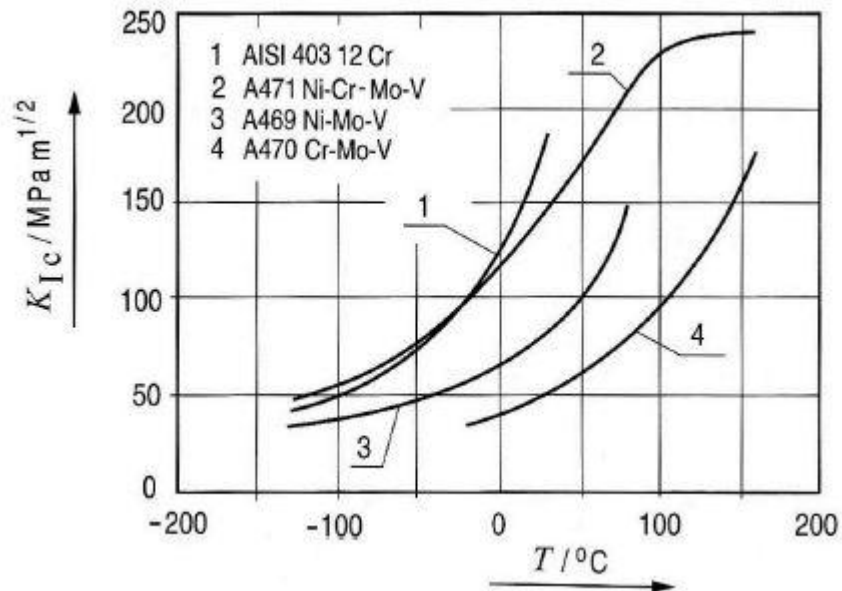
**Kuva 16.** Standardin ASTM E2472-06e1 mukaiset testikappaleet CTOA testaukseen (Zhu & Joyce, 2012, s. 5).

#### 4.4.3 Jännitysintensiiteettikerroin $K$

Jännitysintensiiteettikerroin on lineaariselastisen murtumismekaniikan perussuure. Se kuvaa särön vaarallisuutta, ottaen huomioon särön koon ja jännitystilän. Kaavassa 2 on jännitysintensiiteettikertoimen yleinen muoto. Kappale murtuu hauraasti, kun saavutetaan materiaalin kriittinen jännitysintensiiteetti  $K_{IC}$ .  $K_{IC}$ :ta nimitetään myös materiaalin murtumissitkeydeksi ja se kuvaa materiaalin kykyä vastustaa särön kasvua. Murtumissitkeys on materiaalille ominainen suure ja se määritetään kokeellisesti. Murtumissitkeyden arvo riippuu huomattavasti testauslämpötilasta ja materiaalin lujuudesta. Kuvassa 17 on esitetty muutamien koneterästen murtumissitkeyden muutokset lämpötilan funktiona. Murtumissitkeyden avulla voidaan määrittää kriittinen särökoko tai kriittinen nimellisjännitys, jos toinen niistä tiedetään. (Salmi & Virtanen, 2008, s. 322, 329, 331.)

$$K_I = \alpha \sqrt{\pi a} \quad (2)$$

Kaavassa 2  $K_I$  tarkoittaa jännitysintensiiteettikerrointa peruskuormitustavalla (I avaava muoto),  $\alpha$  kuvaa tapauskohtaisia suureita ja  $a$  on särön syvyys.



**Kuva 17.** Koneterästen murtumissitkeyden muutokset lämpötilan funktiona (Salmi & Virtanen, 2008, s. 331).

#### 4.4.4 Pellinin pudotusvasarakoe

Pudotusvasarakokeella määritetään ns. nollasitkeysämpötila eli NDT- lämpötila (Nil-Ductile-Transition). Koekappale kiinnitetään niin, että siitä muodostuu kolmipistetaivutussauva. Tämän jälkeen se taivutetaan pudotusvasaralla pieneen kulmaan. Koekappaleeseen hitsattuun hitsipalkoon on tätä ennen koneistettu poikittainen lovi, josta murtuma kasvaa kohti perusainetta. Koe toistetaan eri lämpötiloilla ja NDT- lämpötilaksi määrytyy lämpötila, jossa teräksen käyttäytyminen muuttuu sitkeästä hauraaksi eli särö voi edetä koekappaleen reunaan pienellä nimellisjännityksellä. (Huhdankoski, 2000, s. 12.)

#### 4.4.5 DWT-koe

DWT-kokeilla (Drop Weight Tear) tutkitaan haurasmurtuman etenemistä. Testi suoritetaan kolmipistetaivutussauvalle, jonka vetopuolelle on painettu teräväreunainen lovi. Sauva murretaan testauslämpötilassa joko pudotus- tai heilurivasaralla. Materiaalin sitkeyttä

arvioidaan murtopinnan sitkeän murtuman osuuden perusteella tietyssä lämpötilassa. Lisäksi voidaan tutkia kappaleen murtamiseen tarvittavaa iskuenergiaa Charpyn-testien tapaan. (SFS-EN 10274, 1999, s. 5-6.)

#### 4.4.6 J-integraali

J-integraalia käytetään elastisplastisessa murtumismekaniikassa murtumisvaaran arviointiin. J-integraali ottaa huomioon särön kärjessä tapahtuvan plastisoitumisen ja se pätee myös ohuille materiaaleille. Materiaalikohtaisesti voidaan määrittää kriittinen arvo  $J_c$ . J-integraalin käyttö on kuitenkin hyvin työlästä. (Ikonen & Kantola, 1991, s. 25; Huhdankoski, 2000, s. 15.)

## **5 STANDARDIEN ASETTAMAT VAATIMUKSET JA MÄÄRÄYKSET MATERIAALEILLE JA HITSAUSTUOTANNOLLE**

Tässä kappaleessa tutkitaan standardien asettamia vaatimuksia käytettäville materiaaleille ja niiden valinnalle arktisessa rakentamisessa sekä öljy- ja kaasuteollisuudessa. Lisäksi käsitellään hitsauksen laatuvaatimuksia ja toimenpiteitä laadunvarmistamiseksi eri standardien pohjalta. Kappaleessa annetaan myös yksityiskohtaisia suunnitteluohjeita portaiden, porrastornien, kaiteiden, kulku- ja hoitotasojen sekä tikkaiden suunnitteluun.

### **5.1 NORSOK**

Norjan öljyteollisuus on kehittänyt NORSOK-standardisarjan takaamaan riittävän turvallisuuden öljyteollisuuden kehityshankkeissa ja operaatioissa. Lisäksi sen tavoitteena on tuottaa lisäarvoa hiilivetyteollisuudelle ja lisätä hankkeiden kustannustehokkuutta. NORSOK pohjautuu ISO-standardeihin. Työssä tutkitaan NORSOK M- ja N-standardisarjoja liitteineen. M-sarja käsittelee öljyteollisuudessa käytettäviä konstruktiomateriaaleja ja N-sarja antaa suunnitteluohjeita teräsrakenteille. NORSOK M-101 antaa ohjeita ja määräyksiä offshore-rakenteiden valmistukseen ja laaduntarkastukseen. M-120 sisältää teräskohtaisia materiaali vaatimuksia.

#### **5.1.1 Suunnitteluluokat**

Standardin NORSOK N-004 mukaan teräkset valitaan käyttökohteisiinsa suunnitteluluokan perusteella. Tärkein kriteeri hitsausliitoksen suunnitteluluokan (Design Class, DC) valinnassa on mahdollisesta vaurioista aiheutuvat seuraukset. Taulukossa 3 esitetään suunnitteluluokan valinta vaurion aiheuttamien seurauksien perusteella. Taulukosta huomataan, että hitsausliitos vaikuttaa suunnitteluluokan valintaan. Monimutkaisella liitoksella tarkoitetaan taulukossa liitosta, johon syntyy liitettävien kappaleiden geometriasta ja hitsityypistä johtuen kolmiakselinen jäännösännitystila. (NORSOK N-004, 2013, s. 10.)

Taulukko 3. Suunnitteluluokat (NORSOK N-004, 2013, s. 10).

Suunnittelu- luokka	Liitoksen monimutkaisuus	Vauriosta aiheutuvat seuraukset
DC1	Korkea	Käytetään liitoksille, joiden vaurioitumisella on merkittäviä seurauksia ja rakenteiden jäännöslujuus on vähäinen.
DC2	Matala	
DC3	Korkea	Käytetään liitoksille, joiden vaurioitumisella ei ole vakavia seurauksia johtuen jäännöslujuudesta.
DC4	Matala	
DC5	Kaikki	Käytetään liitoksille, joiden vaurioitumisella ei ole vakavia seurauksia.

Suunnitteluluokat DC1 ja DC2 on tarkoitettu liitoksille, joissa murtumasta voi aiheutua tuntevia seuraamuksia kuten ihmishenkien menetyksiä, saasteita tai suuria rahallisia tappioita. Murtuman jälkeinen jäännöslujuus on vähäinen luokilla DC1 ja DC2. DC3 ja DC4 luokat on tarkoitettu liitoksiin, joiden vaurioitumisella ei ole vakavia seurauksia johtuen rakenteen jäännöslujuudesta. DC5 suunnitteluluokka sallitaan liitoksiin, joiden vaurioituminen ei johda vakaviin seuraamuksiin.

NORSOK-standardit eivät suoranaisesti määrää portaita, porrastorneja, tikkaita tai kulkutasoja kuuluvaksi mihinkään tiettyyn suunnitteluluokkaan. Tyypillisesti erilaiset varusteet ja komponentit sekä rakenteet, jotka eivät ole varsinaisesti kuormakantavia, kuuluvat suunnitteluluokkiin DC3, DC4 tai DC5. Suunnitteluluokka koskien portaita, porrastorneja, tikkaita ja kulkutasoja tulee määrittää tapauskohtaisesti tilaajan kanssa. Vaikka edellä mainittujen rakenteiden rikkoutuminen ei aiheuta esimerkiksi porauslautan kokonaisvaltaista kantavuuden menettämistä, voi ihmishenkien menettämisen mahdollisuus tiukentaa suunnitteluluokan valintaa.

Teräksen laatuluokan ja suunnitteluluokan välinen yhteys esitetään taulukossa 4. Taulukossa on minimivaatimukset teräksen laatuluokille eri suunnitteluluokissa. Jos valitaan minimivaatimusta parempi teräsluokka, ei valmistukselle asetetut vaatimukset kuitenkaan tiukkene. Laatuluokka tulee valita valmistettavan komponentin tiukimman suunnitteluluokan mukaan. (NORSOK N-004, 2013, s. 10.)

Taulukko 4. Teräksen laatuluokan ja suunnitteluluokan välinen yhteys (NORSOK N-004, 2013, s. 11).

Suunnitteluluokka	Teräksen laatuluokka			
	I	II	III	IV
DC1	X			
DC2	(X)	X		
DC3	(X)	X		
DC4	(X)		X	
DC5				X

### 5.1.2 Portaiden suunnitteluperusteet

Portaat, joita käytetään kulkuteinä koneille ja laitteille suunnitellaan standardin EN ISO 14122 mukaisesti. Kaikki muut portaat suunnitellaan standardin NORSOK C-002 mukaan. Valmistaja on vastuussa, että tuotteet vastaavat CE-merkinnän mukaisia vaatimuksia. Standardissa portaat jaotellaan ensisijaisiksi ja toissijaisiksi portaiksi. Toissijaiset portaat tarkoittavat kierreportaita, kaltevia ja pystysuoria tikkaita, joita käytetään kulkutienä alueille, joilla liikkuu vähän ihmisiä. Kaikki muut portaat, joita käytetään pääkulkuväylinä, luokitellaan ensisijaisiksi portaiksi. Hätäpoistumistiet luokitellaan ensisijaisiksi portaiksi. Kulkutielle tulee asentaa portaat, mikäli kahden tasonvälinen korkeusero on yli 350 mm. (NORSOK C-002, 2006, s. 13, 15.)

Ensisijaisten portaiden vähimmäisleveys on 1,2 metriä. Toissijaisten portaiden vähimmäisleveys on yksi metri, mutta joissain tapauksissa käytön ollessa rajoitettua voidaan vaatimusta laskea. Leveys mitataan käsijohteiden sisäpinnoilta. Portaiden nousukulma ei saa ylittää 38°. Yhtälöä 3 käytetään etenemän ja nousun suhteen määrittämiseksi. Suurin sallittu nousu on rajattu 190 millimetriin. (NORSOK C-002, 2006, s. 16.)

$$\text{Etenemä} + 2 * \text{Nousu} = 630 \text{ mm } (\pm 30) \quad (3)$$

Askelmien limityksen on oltava vähintään 20 mm ja porrasjakson nousu tulisi pitää vakiona. Askelreunoissa pitää käyttää liukumisen estäviä pinnoitteita. Yhdessä porrasjaksossa sallitaan korkeintaan 16 askelmaa. Jokaisen porrasjakson alku- ja loppupäässä on oltava tasanne. Tasanteen leveys on oltava vähintään sama kuin portaiden

leveys. Vähimmäiskulkukorkeus kaikille portaille on 2300 mm. (NORSOK C-002, 2006, s. 16.)

Askelmien on kestettävä 100 mm x 100 mm kokoiselle alueelle kohdistettu 2000 N voima ilman pysyviä muodonmuutoksia. Sisäpuolisten portaiden materiaalin valinnassa on huomioitava käyttötarkoituksen ja sijainnin tuomat rajoitukset. Ulkopuolisissa portaissa, askelmissa sekä tasanteilla tulee käyttää ritilöitä. Ritilän silmäkoko on oltava niin pieni, ettei halkaisijaltaan 20 mm kuula pääse putoamaan siitä läpi. Kuulavaatimusta voidaan kasvattaa 35 mm:iin, mikäli tippuvista esineistä ei ole vaaraa ihmisille. Kaikki askelmat on varustettava vähintään 50 mm korkealla jalkalistalla. Tasanteilla jalkalistan korkeus on vähintään 100 mm. Jalkalistan ja ritilän välinen etäisyys ei saa kasvaa yli 10 mm:iin. (NORSOK C-002, 2006, s. 16.)

Lisäksi hoitotasojen, portaiden ja porrastornien valmistuksessa ja asennuksessa on huomioitava seuraavia tekijöitä. Vierekkäisten kulkutasojen (esimerkiksi ritilät) korkeusero ei saa ylittää 2 millimetriä. Levyissä ja ritilöissä ei saa olla näkyviä vääntymiä tai kiertymiä. Portaiden ja porrastasanteiden paikat eivät saa poiketa yli 25 mm piirustusten osoittamasta paikasta. Mikäli valmistustoleransseja ei ole erikseen mainittu, täytyy mittojen pysyä 10 mm sisällä piirustuksiin merkityistä mitoista. Pulttiliitoksia varten tehtyjen reikien paikka saa poiketa korkeintaan 2 mm piirustukseen merkitystä paikasta. (NORSOK M-101, 2011, s. 56.)

### 5.1.3 Kaiteiden suunnitteluperusteet

Suojakaiteet ja käsijohteet, jotka ovat osana koneita ja laitteita suunnitellaan standardin EN ISO 14122 mukaan. Muut suojakaiteet ja käsijohteet noudattavat standardin NORSOK C-002 määräyksiä. NORSOK-standardin mukaan käsijohteet suunnitellaan kestämään 1,5 kN/m<sup>2</sup> vaakasuuntainen voima. Tyypillisesti käsijohde/suojakaide-kokonaisuus koostuu käsijohteesta, välijohteesta, kaidetolpista ja jalkalistasta. Käsijohteen tehtävä on taata tukeva ote kädelle. Välijohde estää henkilön tippumisen kaiteen välistä ja kaidetolpat kiinnittävät suojakaiteen tasoon. Jalkalista puolestaan estää esineiden tippumisen alemmille tasoille. (NORSOK C-002, 2006, s. 17.)

Kannet, kulkutasot ja tasanteet, jotka ovat yli 500 mm korkeudella, tulee varustaa suojakaiteilla. Kaidetolppien välinen etäisyys ei saa olla yli 1500 mm. Käsijohteen tulee olla vähintään 1100 mm:n korkeudella astinpinnasta. Jalkalistan ja välijohteen sekä välijohteen ja käsijohteen välinen tila ei saa kasvaa yli 380 mm:iin. Jalkalistan vähimmäiskorkeus on 100 mm ja se on asennettava vähintään 10 mm päähän tason reunasta. Mikäli käsijohteen kulkureitti ei ole suora, tulee kulmaan (käännökseen) asettaa kaidetolppa, ellei tolppia ole asennettu molemmille puolille vähintään 350 mm etäisyydelle kulmasta. Suunnittelussa on pyrittävä noudattamaan moniesteperiaatetta, jossa yksittäinen vaurio ei johda koko rakenteen pettämiseen. Valmis kaidekokonaisuus pitäisi olla huoltovapaa ja korroosiota kestävästä materiaalista valmistettu. (NORSOK C-002, 2006, s. 17-18.)

Käsijohteessa ei saa olla teräviä särmiä, jäysteitä tai mitään esteitä, jotka haittaisivat käsijohteeseen tarttumista. Majoitustiloissa käsijohteen ja minkä tahansa esteen välinen etäisyys on oltava vähintään 50 mm ja muilla alueilla vähintään 100 mm. Käsijohteen halkaisija vaihtelee välillä 25-50 mm. Kun kaiteita käytetään portaiden yhteydessä, on ne asennettava molemmin puolin portaita. Käsijohteen ja turvakaiteen on oltava samansuuntaisia portaiden nousulinjan kanssa. Portaan käsijohteen pystysuora etäisyys on vähintään 1000 mm askelreunan yläpuolella ja vähintään 1100 mm etäisyydellä tasanteista ja kansista. Käsijohteen tulee jatkua yhtenäisenä koko portaiden matkan. (NORSOK C-002, 2006, s. 18.)

#### 5.1.4 Hitsausohjeen hyväksyttäminen

Standardi NORSOK M-101 määrittelee vaatimukset hitsattujen offshore-rakenteiden valmistukselle ja tarkastuksille. Standardi kattaa teräkset, joiden myötölujuus (SMYS) on  $\leq$  500 MPa ja matalin suunnittelulämpötila  $-14$  °C. Matalammat suunnittelulämpötilat vaativat projektikohtaista arviointia ja niissä on mahdollista käyttää 690 MPa:n myötölujuuteen yltäviä teräksiä. (NORSOK M-101, 2011, s. 6.)

Hitsausohje (WPS) tulee hyväksyttää standardin ISO 15609-1 mukaisesti. Hyväksyttäminen tapahtuu aina menetelmäkokeella ISO 15614-1 mukaan, kun teräksen laatuluokka on I tai II, sekä laatuluokassa III teräksen myötölujuuden ollessa  $\geq$  355 MPa. Valmistajan saama hyväksyntä alustavalle hitsausohjeelle käsittää saman teknisen- ja

laadunvalvonnan alaiset kyseisen valmistajan konepajat ja valmistuspaikat. Hitsausohje voidaan siirtää alihankkijan käyttöön, mikäli alihankkijalla on ISO 3834-2 mukainen laadunhallintajärjestelmä ja hitsauksen koordinointi suoritetaan ISO 14731 standardissa määritellyllä tavalla. Hitsausmenetelmän hyväksymispöytäkirjassa (WPQR) täytyy olla materiaalisertifikaatit perus- ja lisäaineesta. Lisäksi mahdollinen jälkilämpökäsittelyraportti (PWHT) on lisättävä pöytäkirjaan. (NORSOK M-101, 2011, s. 8-9.)

Hitsausohjeiden hyväksyntä ja pätevyysalue eri lujuusluokkien teräksille noudattaa standardia ISO 15614-1 seuraaviin lisäyksiin (NORSOK M-101, 2011, s. 9):

- Jos koekappaleet on hitsattu sekä korkealla että matalalla lämmöntuonnilla, täytyy testaus suorittaa molemmille kappaleille, jotta hitsausohje tulee voimaan kaikilla lämmöntuonneilla korkean ja matalan välillä.
- Mikäli teräksen, jonka säröparametri  $P_{cm} \geq 0,21$  tai hiilipitoisuus  $C \geq 0,13$  %, säröparametrin arvo kasvaa 0,02 tai hiiliekvivalentin arvo 0,03 CEV (IIW-kaava), vaaditaan uusintatestaus.
- Uusintatestaus vaaditaan siirryttäessä valssatusta tai taotusta teräksestä valuteräksiin tai toisinpäin.
- Uusintatestaus vaaditaan, jos teräksen toimitustila muuttuu missä tahansa lujuusluokassa teräksen laatuluokan ollessa I tai II, sekä laatuluokassa III, jos teräksen myötölujuus on 400 MPa tai enemmän.
- Mikroseostuksen tai teräksen valmistustavan muuttaminen myötölujuuden ollessa yli 400 MPa johtaa uusintatestaukseen.
- Railokulman pienentäminen yli  $10^\circ$  johtaa uusintatestaukseen.
- Jos pienahitsi on hyväksytty ainepaksuudella  $\geq 30$  mm, kattaa se kaikki materiaali-paksuudet. Yksipalkohitsauksen hyväksyttäminen pätevöittää monipalkohitsaukseen, mutta ei päinvastoin.
- Hitsausohjeen hyväksyntä käsinhitsaukselle menetelmillä 135 (MAG-hitsaus) ja 136 (MAG-täytelankahitsaus) kattaa myös osittain mekanisoidun ja mekanisoidun hitsauksen, mutta ei toisinpäin.
- CTOD-testi vaaditaan hitseiltä, joissa liitettävien materiaalien ainepaksuus on yli 50 mm.

Myötölujuudeltaan yli 500 MPa olevien terästen pätevyysalueet noudattavat edellä mainittuja seuraavin lisäyksin (NORSOK M-101, 2011, s. 9):

- Jos materiaalin valmistaja vaihtuu, vaaditaan uusintatestaus.
- CTOD-testi vaaditaan hitseiltä, joissa liitettävien materiaalien ainepaksuus on yli 30 mm.
- Jännityksenpoistohehkutus suoritetaan tarvittaessa suunnittelijan vaatimusten ja ohjeiden mukaan.

#### 5.1.5 Menetelmäkoekappaleiden testaus

Koekappaleet tulee testata liitostyypistä riippuen erilaisilla testeillä. Taulukkoon 5 on koottu kutakin liitostyypistä vastaavat testausmenetelmät ja -määrät. Testaus suoritetaan standardin ISO 15614-1 vaatimusten mukaan huomioiden taulukossa esitettävät lisävaatimukset. Lisäksi koekappale tulee tutkia tarkoituksenmukaisella NDT-menetelmällä hitsausvirheiden osalta. (NORSOK M-101, 2011, s. 10.)

Taulukko 5. Koekappaleiden testausmenetelmät ja -määrät liitostyyppin mukaan (NORSOK M-101, 2011 s. 9-11).

Liitosmuoto	Ainepaksuus [mm]	Aineenkoetus menetelmä				
		Vetokoe	Taivutus-koe <sup>(1)</sup>	Charpy V-iskukoe	Kovuus ja makrohie	CTOD
Päittäisliitos (putki ja levy)	$t \leq 50$	2	4	4 sarjaa	1	(6)
	$t > 50$	2	4	6 sarjaa	1	
T-liitos (levy) <sup>(4)</sup>	$t \leq 50$	(3)		4 sarjaa <sup>(2)</sup>	2	(5)
	$t > 50$	(3)		6 sarjaa	2	
Putkiliitokset <sup>(4)</sup>	$t \leq 50$	(3)		4 sarjaa <sup>(2)</sup>	2	
	$t > 50$	(3)		6 sarjaa	2	
Pienaliitokset	Kaikki paksuudet				2	

1) Taivutustesti sisältää kaksi pinnan ja kaksi juuren puolen koekappaletta jos  $t < 12$  mm ja neljä sivuttaiskoekappaletta kun materiaalin paksuus  $t \geq 12$  mm

2) Jos koekappaleen koosta jouhtuen CharpyV-koetta ei voida suorittaa, tulee testi suorittaa päittäisliitokseen samoilla parametreilla ja hitsauslisäaineella sekä perusmateriaalilla.

3) Hitsauslisäaineen riittävä vetolujuus tulee olla dokumentoituna päittäisliitostesteissä.

4) T-liitokset levyissä pätevöittää putkiliitoksille ja päinvastoin.

5) T-liitoksille, joissa  $t > 50$  mm, CTOD-testaus dokumentoidaan päittäisliitoksen mukaan.

6) CTOD-testi vaaditaan kaikilla lujuuksilla jos ainepaksuus on yli 50 mm ja kun ainepaksuus on yli 30 mm myötölujuudeltaan yli 500 MPa olevilla teräksillä.

Taulukosta 5 huomataan, että iskukoe tehdään aina koesauvalla, jonka lovenmuoto on V. Materiaalin iskusitkeysarvojen ja testauslämpötilojen tulee täyttää taulukossa 6 esitettävät minimivaatimukset. Yksikään testausarvoista ei saa olla vähempää kuin 70 % taulukossa annetusta minimiarvosta. (NORSOK M-101, 2011, s. 11.)

Taulukko 6. Iskutilkeysvaatimukset eri teräksille (NORSOK M-101, 2011, s. 11).

Materiaali paksuus [mm]	Teräksen laatuluokka							
	I			II			III	
	SMYS ≤400	400< SMYS ≤500	SMYS >500	SMYS ≤400	400< SMYS ≤500	SMYS >500	355≤ SMYS≤ 500	SMYS >500
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
t ≤ 12	0	-20	-20	0	0	-20	0	0
12 < t ≤ 25	-20	-40	-40	0	-20	-40	0	-20
25 < t ≤ 50	-40	-40	-40	-20	-40	-40	-20	-40
t > 50	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40
Vähimmäis- iskutilkeysvaatimus	36 J	42 J	60 J	27 J	42 J	60 J	27 J	42 J

### 5.1.6 Hitsaajat, hitsausoperaattorit ja hitsauksen koordinointi

Hitsaajien täytyy olla päteviä EN 287-1 mukaisesti. EN 287-1 käsittää hitsaajan pätevyyskokeen teräksille. Hitsaajien pätevyys tulee todentaa käyttämällä ulkopuolista riippumatonta tarkastusorganisaatiota. Silloitushitsaajilta vaaditaan edellä mainittujen standardien mukainen pätevyyskoe, mutta ne voidaan hyväksyä ilman ulkopuolista tarkastajaa. Hitsauksen koordinointi tulee toteuttaa standardin ISO 14731 mukaan ja vastuussa olevalta hitsauskoordinoijalta vaaditaan kansainvälisen hitsausinsinöörin (IWE) pätevyys. Hitsausinsinööri voi delegoida tehtäviä hitsausteknikoille (IWT). Mikäli yritys valmistaa tuotteita, joiden tarkastusluokka on D ja/tai E, riittää hitsauskoordinoijalle kansainvälinen hitsausteknikon pätevyys. (NORSOK M-101, 2011, s. 12.)

### 5.1.7 Laaduntarkastus ja jäljitettävyys

Valmistusdokumenteista on selvittävä sertifikaatit ja viittaukset käytettäviin materiaaleihin ja niiden vaatimuksiin, jotta ne voidaan tarvittaessa jäljittää. Hitsauksen jäljitettävyttä valvotaan valmistajan sisäisen järjestelmän mukaisesti. (NORSOK Z-001, 1998, s. 7.) Hitsaustarkastajan tulee tarkastaa ennen ja jälkeen hitsauksen sekä hitsauksen aikana NORSOK M-101 standardin liitteen F mukaisia asioita. Tarkastuksista on raportoitava viikoittain hitsauskoordinoijalle. Hitsaustarkastajan on pätevoidyttävä norjalaisen standardin NS 477 mukaisesti tai vaihtoehtoisesti vaaditaan kansainvälisen hitsaustarkastajan (IWI) pätevyys. Ennen valmistuksen aloittamista on toimeenpantava laaduntarkkailujärjestelmä. Kaikki puutteet, viat ja virheet on tutkittava heti ja ryhdyttävä toimenpiteisiin virheiden ehkäisemiseksi jatkossa. Hitsauskoordinoija on velvoitettu dokumentoimaan tehdyt toimenpiteet virheiden välttämiseksi. Implementoitu

laaduntarkastusjärjestelmä perustuu NDT-tarkastuksiin, joita tehdään viikoittain ja tulokset raportoidaan yhdessä aikaisemmin laskettujen virheprosenttien kanssa. Laatuvirhestatistiikkaa käytetään yrityksessä laadunhallinnan välineenä. (NORSOK M-101, 2011, s. 13, 18.)

#### 5.1.8 Tuotantohitsaus

Hitsauksen tulee noudattaa standardia EN 1011. Standardissa annetaan yleisohjeita metallisten materiaalien hitsaukselle. Valmistajalla tulee olla sertifioitu standardin 3834-2 mukainen laadunhallintajärjestelmä käytössään. Hitsaustyö toteutetaan hitsausohjeiden ja piirustusten perusteella. Hitsausohje täytyy antaa suoraan hitsaajan käyttöön ja se tulee olla saatavilla aina hitsauspaikalla. (NORSOK M-101, 2011, s. 12, 16.)

Päittäishitsit laatuluokissa I ja II on hitsattava molemmilta puolilta mikäli mahdollista. Jos myötölujuus luokassa III ylittää 400 MPa, suoritetaan hitsaus myös molemmilta puolilta. Mikäli tuotannon aikana havaitaan halkeamia hitsissä tai perusaineessa, tulee halkeamien aiheuttaja tutkia. Tuotanto keskeytetään, kunnes halkeamien tai vikojen aiheuttaja saadaan selvitettyä ja uudelleen esiintyminen estettyä. Tämä voi johtaa menetelmäkokeen uusimiseen. (NORSOK M-101, 2011, s. 16.)

Jotta voidaan varmistua, että hitsattava rakenne vastaa sille asetettuja vaatimuksia, tarvitsee tuotteelle tehdä valmistuskoestus. Valmistuskoestuskappale tehdään rakenteen kannalta kriittisestä hitsistä. Kappaleen on täytettävä menetelmäkokeen mukaiset hyväksymisrajat. CTOD-testausta ei valmistuskoestuksessa vaadita. Vähintään yksi valmistuskoestus on tehtävä jokaista hitsausmenetelmää kohden. (NORSOK M-101, 2011, s. 17.)

#### 5.1.9 Liitosten NDT-tarkastus

Rikkomaton aineenkoetus eli NDT-tarkastus jaetaan NORSOK standardeissa viiteen tarkastusluokkaan: A, B, C, D ja E. Luokista A on vaativin ja luokka E sisältää vain silmämääräisen tarkastuksen. Konstruktiot jaetaan tarkastusluokkiin rakenteen jännitysten, hitsien sijainnin ja suunnitteluluokan perusteella. Taulukossa 7 näkyy rakenteiden jaottelu tarkastusluokkiin. Tarkastusluokat muuttuvat ympäristön kuormittavuuden perusteella. Taulukko 7 on tapauksille, joissa rakenteen laskennallinen kestoikä on kolme kertaa pidempi kuin vaatimustenmukainen kestoikä. Taulukkoon 8 on koottu eri

tarkastuslaajuudet tarkastusluokan mukaisesti sisältäen silmämääräisen (VT), radiografisen (RT), ultraääni- (UT) ja magneettijauhetarkastuksen (MT). (NORSOK N-004, 2013, s. 11.)

Taulukko 7. Tarkastusluokan valinta suunnitteluluokan ja jännityksen perusteella (NORSOK N-004, 2013, s. 11.)

Suunnittelu- luokka	Jännityksen suuruus, suunta ja tyyppi suhteessa hisiin.	Tarkastus- luokka
DC1 ja DC2	Hitsi sijaitsee korkean vetojännityksen alueella, poikittain vetojännityksen suuntaan nähden. <sup>(4)</sup>	A
	Hitsi sijaitsee kohtalaisen vetojännityksen ja/tai korkean leikkausjännityksen alueella, poikittain vetojännityksen suuntaan nähden. <sup>(5)</sup>	B <sup>(1)</sup>
	Hitsi sijaitsee matalan vetojännityksen ja/tai kohtalaisen leikkausjännityksen alueella, poikittain vetojännityksen suuntaan nähden. <sup>(6)</sup>	C <sup>(2)</sup>
DC3 ja DC4	Hitsi sijaitsee korkean vetojännityksen alueella, poikittain vetojännityksen suuntaan nähden. <sup>(4)</sup>	B <sup>(1)</sup>
	Hitsi sijaitsee kohtalaisen vetojännityksen ja/tai korkean leikkausjännityksen alueella, poikittain vetojännityksen suuntaan nähden. <sup>(5)</sup>	C <sup>(2)</sup>
	Hitsi sijaitsee matalan vetojännityksen ja/tai kohtalaisen leikkausjännityksen alueella, poikittain vetojännityksen suuntaan nähden. <sup>(6)</sup>	D <sup>(3)</sup>
DC5	Kaikki kuormaakantavat liitokset.	D
	Kuormaakantamattomat liitokset.	E
<p>1) Hitsit tai hitsinosat, joita ei voida tarkastaa tai korjata käyttökohteessa siirretään tarkastusluokkaan A.</p> <p>2) Hitsit tai hitsinosat, joita ei voida tarkastaa tai korjata käyttökohteessa siirretään tarkastusluokkaan B.</p> <p>3) Hitsit tai hitsinosat, joita ei voida tarkastaa tai korjata käyttökohteessa siirretään tarkastusluokkaan C.</p> <p>4) Korkea vetojännitys tarkoittaa, että vetojännitys ylittää 85 % suunnittelujännityksestä.</p> <p>5) Kohtalainen vetojännitys tarkoittaa, että vetojännitys on 60 - 85 % suunnittelujännityksestä.</p> <p>6) Matala vetojännitys tarkoittaa, että vetojännitys on alle 60 % suunnittelujännityksestä.</p>		

Taulukko 8. Tarkastuslaajuudet tarkastusluokkien mukaisesti rakenneteräksille (NORSOK M-101, 2011, s. 19).

Tarkastus- luokka	Liitostyyppi	Silmämääräinen tarkastus % (VT)	Tarkastuksen laajuus %		
			RT	UT	MT
A	Päittäisliitos	100	10	100	100
	T-liitos	100	-	100	100
	Pienaliitos	100	-	20	100
B	Päittäisliitos	100	2 - 5	50	100
	T-liitos	100	-	50	100
	Pienaliitos	100	-	10	100
C	Päittäisliitos	100	-	20	20
	T-liitos	100	-	20	20
	Pienaliitos	100	-	2 - 5	20
D	Kaikki	100	-	-	2 - 5
E	Kaikki	100	-	-	-

Yksityiskohtaiset hyväksymiskriteerit eri virheille annetaan standardissa NORSOK M-101 kohdassa 9.8. NDT-testauksesta vastuussa olevan henkilön tulee olla pätevyity standardien EN 473 tai ISO 9712 mukaan tai vaihtoehtoisesti kolmannen osapuolen sertifiointijärjestelmän mukaisesti. Vastuuhenkilöltä vaaditaan tason 3 sertifiointi. Henkilön, joka suorittaa silmämääräistä tarkastusta, on pätevoidyttävä standardin ISO 9712 tason 2 vaatimusten mukaan tai kolmannen osapuolen sertifiointijärjestelmän mukaisesti. (NORSOK M-101, 2011, s. 18, 21.)

#### 5.1.10 Laatuluokkien mukaiset teräkset

Standardissa NORSOK M-120 jaetaan rakenneteräkset laatuluokkiin I – IV. Standardi kattaa myötölujuudet 235...500 MPa. Yksityiskohtaisemmat tiedot teräksistä on koottu materiaalikohtaisiin tietolomakkeisiin. Teräkset ovat EN-standardien mukaisia. Lomakkeista löytyvät esimerkiksi tiedot CTOD-testin minimivaatimuksista, mikäli testi vaaditaan. Kaikille CTOD-testausta vaativille teräksille minimi CTOD-arvo hitsauksen jälkeen on 0,25 mm. (NORSOK M-120, 2008, s. 7.)

Luokan IV teräkset koostuvat rakenneteräksistä, joiden myötölujuus vaihtelee 235...355 MPa. Näille teräksille taataan 27 J:n iskutkeysarvot +20 °C:ssa tai 0 °C:ssa. Luokan III teräksiin kuuluvat teräkset myötölujuusluokissa 355...420 MPa. Luokan III teräksille on

ominaista 27 J:n tai 40 J:n iskutikeysarvot -20 °C:ssa. Osa teräksistä toimitetaan lisämerkinnällä L. Merkintä tarkoittaa, että iskutikeyden vähimmäisarvo on määritelty alimmillaan lämpötilassa -50 °C:ssa. Luokkien I ja II rakenneteräkset ovat lujuudeltaan 355...500 MPa. Luokkien I ja II terästen iskutikeys mitataan -40 °C:ssa. Lujuudeltaan 420 MPa oleville teräksille iskutikeysvaatimus on 42 J ja lujuudeltaan 460 MPa:ta oleville teräksille 46 J. (NORSOK M-101,2011, s. 28.)

Hiili- ja niukkaseosteisille teräksillä myötö- ja murtolujuuden suhde ei saa ylittää 0,9, eikä hitsattavien materiaalien myötölujuus saa ylittää 560 MPa. Jos kuitenkin käytetään lujempia teräksiä, tulee osoittaa, että teräs soveltuu hitsaukseen. Lisäksi perusmateriaalin, muutosvyöhykkeen sekä hitsin kummatkin puolen ominaisuudet on oltava hyväksyttävällä tasolla. Materiaalin käyttölämpötilan ollessa rajoittava tekijä tulee huomioida myös muut lämpötilat kuten kuljetuksen, varastoinnin ja valmistuksen aikainen lämpötila. (NORSOK M-001, 2004, s. 23-24.)

#### 5.1.11 Ruostumaton teräs ja nikkelseokset

Tyypilliset käytettävät materiaalit ovat austeniittinen ruostumaton teräs 316L, Duplex teräkset 2205 ja 2304 sekä nikkeli-kromiseokset kuten 800H/HT. Materiaalien hitsaus on suoritettava hyväksytyn hitsausohjeen avulla. Hitsausohje tulee hyväksyttävä menetelmä-kokeella standardin ISO 15614-1 mukaisesti. Charpy iskutikeyskokeet tehdään perusmateriaalin niitä vaatiessa. Testauslämpötila määräytyy myös testattavan materiaalin mukaan. Duplex-teräksille iskutikeyden hyväksymisraja on 27 J määrättyssä lämpötilassa tai poikittainen laajenema on vähintään 0,38 mm, joka on myös austeniittisten ruostumattomien terästen ja nikkelseosten hyväksymisraja. Mikrorakennetutkimukset ja korroosiotestaus tehdään materiaalin niitä vaatiessa. Hyväksymisrajat ja testien suorittaminen esitetään standardissa NORSOK M-601. (NORSOK M-101, 2011, s. 59.)

Ruostumattomien terästen ja nikkelseosten hitsaus ja laaduntarkastus noudattelee samoja luokittelusääntöjä kuin rakenneterästen. Tuotantohitsaus tehdään standardin EN 1011-3 pohjalta. Erytishuomiota on kiinnitettävä materiaalien puhtauteen. Monipalkohitsauksessa suurin sallittu välipalkolämpötila on 150 °C. Katkohitsit ovat sallittuja vain syövyttämättömissä ja kuivissa kohteissa. Muuten kaikki hitsit on pyrittävä hitsaamaan

jatkuvana. Suurin sallittu kylmämuokkausaste austeniittisille ruostumattomille teräksille on 10 % ja nikkelseoksille sekä Duplex-teräksille 5 %. (NORSOK M-101, 2011, s. 60.)

Taulukossa 9 esitetään tarkastusluokkien laajuus ruostumattomille ja nikkelseosteisille teräksille. Tarkastusluokka määräytyy standardin NORSOK N-004 mukaan. Silmämääräinen tarkastus tulee suorittaa mahdollisuuksien mukaan molemmille puolille hitsiä. Hyväksymisrajat eri testausmenetelmille ovat samat kuin rakenneteräksille. Taulukossa RT tarkoittaa radiografista tarkastusta ja PT tunkeumanestetarkastusta. Korjaushitsaus on sallittu vain kahdesti samalle alueelle. (NORSOK M-101, 2011, s. 61.)

*Taulukko 9. Tarkastuslaajuudet tarkastusluokkien mukaisesti ruostumattomille ja nikkelseosteisille teräksille (NORSOK M-101, 2011, s. 61).*

Tarkastusluokka	Liitostyyppi	Silmämääräinen tarkastus % (VT)	Tarkastuksen laajuus %	
			RT	PT
A	Päittäisliitos	100	100	100
	T-liitos	100	-	100
	Pienaliitos	100	-	100
B	Päittäisliitos	100	50	100
	T-liitos	100	-	100
	Pienaliitos	100	-	100
C	Päittäisliitos	100	20	20
	T-liitos	100	-	20
	Pienaliitos	100	-	20
D	Kaikki	100	-	2-5
E	Kaikki	100	-	-

#### 5.1.12 Alumiini

Alumiinirakenteita koskeva NORSOK standardi M-102 vuodelta 1997 on kumottu, eikä uutta standardia koskien alumiinirakenteiden valmistusta ole julkaistu. Näin ollen alumiinirakenteiden tarkastelussa keskitytään voimassaolevaan standardiin NORSOK M-121, jossa on materiaalikohtaista tietoa eri alumiineista.

Alumiineja hankittaessa on kiinnitettävä huomioita laatuun, toimitustilaan, muotoon ja mittoihin, toleransseihin sekä merkitsemiseen. NORSOK M-121-standardi sisältää kokoelman eri alumiinien materiaalikohtaisista tietolomakkeista. Lisäksi standardi antaa suosituksia ja ohjeita materiaalin valintaan. (NORSOK M-121, 1997, s. 2-3.)

Perusrakenteiden materiaalivannassa standardi suosittelee ensisijaiseksi valinnaksi levyille alumiiniseosta 5083 ja profiileille 6005- ja 6082-seoksia. Muita seoksia tulisi käyttää vain toissijaisissa sovelluksissa. Lisäaineeksi alumiinien hitsaukseen standardi suosittelee seosta 5183. Standardi ei kuitenkaan poissulje muiden seosten käyttöä eri kohteissa, mikäli ne soveltuvat paremmin käyttökohteeseen. Käytettävien materiaalien rajaamisella pyritään välttämään esimerkiksi materiaalin vaihtuminen vahingossa kesken tuotannon ja siitä aiheutuvat seuraukset. (NORSOK M-121, 1997, s. 3.)

Toissijaisilla rakenteilla tarkoitetaan tässä standardissa portaita, kulku- ja hoitotasoja. Standardissa NORSOK M-121 on listattu alumiiniseoksia eri käyttötarkoitusten mukaan. Toissijaisille rakenteille suositellaan esimerkiksi seosta 6063. Seoksella on kohtalaisen hyvät mekaaniset ominaisuudet ja hyvä korroosiokestävyys meriolosuhteissa. (NORSOK M-121, 1997, s. 4, 5, 7.)

#### 5.1.13 Pulttimateriaalit

Pulttimateriaaleina käytetään hiili- tai niukkaseosteisia teräksiä. Nikkeli-kromiseosta 625 käytetään olosuhteissa, joissa pultti altistuu merivedelle ja katodista suojausta ei voida taata. Lisäksi on varmistuttava, että materiaalin mekaaniset ominaisuudet vastaavat käyttölämpötilaa. Materiaalia valittaessa on huomioitava myös kitkakorroosion vaikutus sekä eripariliitoksissa galvaaninen korrosio ja materiaalien toisistaan eroava lämpökäyttäytyminen. Kaikki käytettävät pultit ja mutterit on oltava sertifioituja standardin EN 10204 mukaan. Pulttimateriaalien täytyy olla kuumasinkittyjä tai niillä täytyy olla joku muu vastaava korroosiosuoja. Pulttien lujuus ja kovuus eivät saa ylittää standardin ISO 898-1 mukaisia luokan 10.9 vaatimuksia. Halkaisijaltaan yli 25 mm olevien pulttien iskutikeys on testattava samoilla vaatimuksilla kuin liitettävän materiaalin. (NORSOK M-001, 2004, s. 19-20.)

#### 5.1.14 Korroosiosuojaus

Materiaalin valinnassa korostetaan luotettavuutta ja käytettävyyttä. Yhtenä osa-alueena materiaalivalinnassa on korroosioalttius ja korroosion valvonta. Offshore-teollisuudessa käyttöympäristön ilma kuvataan kosteaksi ja siinä esiintyy merestä peräisin olevia klorideja. Tämä tekee ilmasta erityisen syövyttävän. Myös rannikkoalueilla on huomioitava ilman aiheuttama kasvanut korroosion riski. Tyypillisimmät korroosionmuodot

ovat jännitys-, piste- ja rakokorroosio. Kloridipitoiset liuokset kasvattavat näiden kaikkien kolmen korroosiotyyppin esiintymisherkkyyttä. (NORSOK M-001, 2004, s. 9-10.)

Hiiliteräksen pinnat tulee suojata aina, mikäli teräs altistuu ulkoilmalle. Ohjeet pintojen suojaukselle ja ennenaikaisen korroosion välttämiseksi annetaan standardissa ISO 12944-3. Standardi antaa ohjeet pintojen suojaukselle maalien ja lakkojen avulla. Lisäksi siinä esitetään suunnittelukeinoja, joita soveltamalla korroosioalttiutta voidaan laskea. Alumiinia ja ruostumatonta terästä ei tarvitse maalata ellei toisin määrätä. (NORSOK M-001, 2004, s. 10; NORSOK M-501, 2012, s. 9.)

Tuotteiden ja rakenteiden pinnoitus vaatii testauksella saavutettavan hyväksynnän ennen varsinaista pinnoitusta. Testauksella varmistetaan, että käytetty pinnoitusmenetelmä vastaa tuotteelle asetettuja vaatimuksia. Maalausjärjestelmästä riippuen tutkitaan esimerkiksi vanhenemiskestävyyttä. Pinnoituksesta on lisäksi laadittava erillinen seloste, josta käy ilmi pinnoituksessa huomioon otettavat asiat ja määräykset. (NORSOK M-501, 2012, s. 14-17.)

Standardi M-501 antaa suositukset käytettävästä pinnoitusmenetelmästä eri käyttökohteille. Kohdeyrityksen rakenteet voidaan luokitella kuuluviksi joko ryhmään 4 tai 7. Ryhmä neljä sisältää kulku- ja hätäpoistumistiet ja ryhmä 7 ruostumattomat ja hiiliteräksiset rakenteet roiskealueella. Pintojen esikäsittelyvaatimukset ovat yhteneviä. Molemmat vaativat puhdistusasteen Sa2½, joka tarkoittaa hyvin huolellista suihkupuhdistusta. Riittävä puhdistusaste voidaan saavuttaa esimerkiksi sinkopuhdistuslaitteilla. Pinnankarheus tulee olla puhdistuksen jälkeen luokkaa 50-85 µm (Medium G). Pinnoiteaineiksi suositellaan esimerkiksi epoksipohjaisia maaleja. (NORSOK M-501, 2012, s. 23, 25; SFS-EN ISO 8501-1, 2007, s. 12.)

## 5.2 Det Norske Veritas

Det Norske Veritas eli DNV on norjalainen luokituslaitos. DNV tarjoaa palveluitaan meri-, öljy- ja kaasun sekä energiateollisuudelle. Erilaisten laiva- ja offshore- luokitusten lisäksi DNV toimii kolmantena osapuolena sertifioinneissa. DNV operoi yli 100 maassa keskeisenä tavoitteenaan taata rakenteiden turvallisuus luonnolle ja ihmisille. Det Norske Veritas on kehittänyt useita standardeja offshore- ja onshore-teollisuuteen. Näihin

standardeihin perustuu usein rakenteille ja materiaaleille asetetut vaatimukset arktisella alueella. (About DNV GL, 2014.)

### 5.2.1 Terästen luokittelu ja merkintä

Standardi DNV-OS-B101 asettaa vaatimukset hitsattaville kuumavalssatuille teräksille. Standardi luokittelee teräkset kolmeen pääryhmään (DNV-OS-B101, 2009, s. 13):

- normaalilujat teräkset (NS)
- lujat teräkset (HS)
- erikoislujut teräkset (EHS)

Teräkset jakautuvat ryhmänsä sisällä normaaleihin hitsattaviin teräksiin sekä teräksiin, joiden hitsattavuutta on parannettu. Parannettua hitsattavuutta merkitään symbolilla *W*. Molemmat laadut on suunniteltu käytettäväksi samoissa sovelluksissa. Parannettu hitsattavuus tarkoittaa parannettua perusaineen hitsattavuutta. Terästen seosainepitoisuuksia on muutettu niin, että hitsattavuutta parantavia seosaineita kuten mangaania (Mn) ja alumiinia (Al) on lisätty. Hitsattavuutta heikentävien seosaineiden pitoisuuksia on puolestaan laskettu, esimerkkinä vähentynyt hiilipitoisuus. Seostuksen avulla pyritään vähentämään hitsauksen aiheuttamaa sitkeyden laskua liitosalueella. Parannettua hitsattavuutta edustavien terästen suurin sallittu myötölujuus on 500 MPa. (DNV-OS-B101, 2009, s. 13.)

Taulukossa 10 esitetään myötölujuuteen perustuva terästen jaottelu. Terästen toimitustila voi olla valssattu (AR), normalisointivalssattu (NR), kuumavalssattu (TM), normalisoitu (N) tai karkaistu ja nuorrutettu (QT). (DNV-OS-B101, 2009, s. 13-14.)

Taulukko 10. DNV-standardin mukainen terästen myötölujuuteen perustuva jaottelu (DNV-OS-B101, 2009, s. 13).

Teräsryhmä	Iskusitkeys			Myötölujuus [Mpa]
	Normaali hitsattavuus	Parannettu hitsattavuus	Testauslämpötila [°C]	
NS	A	-	-	235
	B	BW	0	235
	D	DW	-20	235
	E	EW	-40	235
HS	A	AW	0	265
	D	DW	-20	315
	E	EW	-40	355
	F	-	-60	390
EHS	A	-	0	420
	D	DW	-20	460
	E	EW	-40	500
	F	-	-60	550
				620
				690

Käytettävillä materiaaleilla on oltava standardin EN 10204 mukainen ainestodistus tai joku muu vastaava hyväksytty todistus. DNV edellyttää, että kaikki tuotteet on varustettava selkein merkinnöin, jotta tuotteiden alkuperä voidaan tarvittaessa selvittää. Merkinnän on löydettävä jokaisesta tuotteesta ainakin yhdestä kohtaa. Tunnistusmerkinnästä on löydettävä seuraavat tiedot (DNV-OS-B101, 2009, s. 9, 15):

- valmistajan nimi tai tuotemerkki
- teräsluokka
- tunnistusnumero, sulatusnumero tai jokin vastaava merkintä, joka mahdollistaa materiaalin jäljitettävyyden.

Tuotteiden jäljittämiseksi on materiaalin valmistajalta löydettävä seuraavat tiedot toimittamistaan materiaaleista (DNV-OS-B101, 2009, s. 15):

- tilaajan nimi, tilausnumero
- valmistajan nimi
- tuotekuvaus ja teräslaatu
- valmistusprosessi, sulatusnumero ja koostumustiedot
- toimitustila
- aineenkoetustestien tulokset.

### 5.2.2 Normaalilujat teräkset

Normaalilujien terästen suurin sallittu myötölujuus on 235 MPa. Alle 50 mm:n ainepaksuuksille iskutkeys on vähintään 27 J lämpötiloissa 0 °C, -20 °C ja -40 °C. Siirryttäessä suurempiin ainevahvuuksiin kasvaa iskutkeysvaatimus. Normaalilujuisten terästen koostumustiedot ja eri luokissa sallitut toimitustilat esitetään standardissa DNV-OS-B101 kohdassa B. (DNV-OS-B101, 2009, s. 17.)

### 5.2.3 Lujat teräkset

Lujat teräkset käsittää myötölujuudeltaan 265 – 390 MPa olevat teräkset. Alle 25 mm paksuja teräksiä on saatavana 265 MPa, 315 MPa ja 355 MPa myötölujuuksilla. Kaikkia lujia teräksiä on saatavilla iskutkeyden testauslämpötiloilla 0 °, -20 °C, -40 °C ja -60 °C. Myötölujuudeltaan 265 MPa olevien terästen vähimmäisiskutkeysvaatimus on 27 J määritetyssä lämpötilassa. Myötölujuuden noustessa 390 MPa:iin kasvaa iskutkeys vaatimus 41 J:een. Lujien terästen hitsauksessa käytettävän lisäaineen vetypitoisuus ei saa ylittää 10 ml/100 g. Lujien terästen koostumustiedot ja toimitustilat esitetään standardissa DNV-OS-B101 kohdassa C. (DNV-OS-B101, 2009, s. 18-19; DNV-OS-C401, 2013, s. 51.)

### 5.2.4 Erikoislujat teräkset

Erikoislujien terästen ryhmään kuuluvat teräkset ovat myötölujuudeltaan 420 – 690 MPa. Myötölujuuden noustessa yli 500 MPa:n ovat sallitut toimitustilat termomekaanisesti valssattu (TM) tai karkaistu ja nuorrutettu (QT). Luokassa 420 MPa terästen iskutkeysvaatimus on 28 J määritetyssä lämpötilassa ja luokassa 690 MPa 46 J. Huomionarvoista on, että terästen murtovenymä ( $A_5$ ) vähenee lujuuden kasvaessa. Myötölujuudeltaan 690 MPa olevan teräksen murtovenymä on enää 14 %, kun lujalla 355 MPa olevalla teräksellä se on 21 %. Erikoislujien terästen hitsauksessa käytettävän lisäaineen vetypitoisuus ei saa ylittää 5 ml/100 g johtuen kasvaneesta kylmähalkeiluriskistä. Toimitustilat ja koostumustiedot kullekin teräkselle esitetään standardissa DNV-OS-B101 kohdassa D. (DNV-OS-B101, 2009, s. 19, 21; DNV-OS-C401, 2013, s. 51.)

### 5.2.5 Materiaalin valinta ja rakenteiden luokittelu

Suunnittelulämpötilana käytetään lämpötilaa, jolle rakenne altistuu kuljetuksen, asennuksen ja käytön aikana. Yleisohjeena on, että suunnittelulämpötilan tulee olla sama tai matalampi kuin päivän alin lämpötila käyttökohteessa. Sisäpuolisia rakenteita esimerkiksi lämmitetyissä huoneissa ei tarvitse suunnitella alle 0 °C lämpötiloihin. Merenpohjassa kiinni olevien rakenteiden materiaalin valinnassa on huomioita vuoroveden vaikutus vesirajan korkeuteen. (DNV-OS-C101, 2011, s. 30.)

DNV jakaa rakenteet kolmeen kategoriaan. Jaottelu tapahtuu vaurioitumisen aiheuttamien seurausten ja haurasmurtumavaaran mukaan. Kategoriat esitetään taulukossa 11. Rakenteiden jäännöslujuus vaikuttaa merkittävästi vaurioista aiheutuviin seurauksiin ja se on otettava huomioon määritettäessä tuotteen rakennekategoriaa. Kategorisoinnin tarkoituksena on määrittää materiaali ja tarkoituksenmukainen rakenteiden tarkastuslaajuus vaurioiden välttämiseksi. Tarkastuksilla pyritään löytämään rakenteista virheet, jotka voivat johtaa esimerkiksi väsymismurtumaan. Tarkastuksia jatketaan koko elinkaaren ajan. Olosuhteita haurasmurtuman syntyyn on pyrittävä välttämään niin suunnittelussa kuin valmistuksessa. Jokaista rakennekategoriaa vastaa oma tarkastusluokka taulukon 12 mukaisesti. (DNV-OS-C101, 2011, s. 30-31.)

*Taulukko 11. Rakennekategoriat (DNV-OS-C101, 2011, s. 31).*

<b>Rakennekategoria</b>	<b>Periaate rakennekategorian määrittämiselle</b>
Erityinen	Rakenneosille, joiden vaurioitumisella on merkittäviä seurauksia. Rakenteille, jotka ovat alttiita haurasmurtumalle.
Ensisijainen	Rakenneosille, joiden vaurioitumisella on merkittäviä seurauksia.
Toissijainen	Rakenneosille, joiden vaurioitumisella ei ole merkittäviä seurauksia.

Taulukko 12. Tarkastusluokat rakennekategorioiden mukaisesti (DNV-OS-C101, 2011, s. 31).

Tarkastusluokka	Rakennekategoria
I	Eriytynen
II	Ensisijainen
III	Toissijainen

Mikäli tuotannon laatu voidaan varmistaa testein tai aiempaan valmistuskokemukseen perustuen, voidaan tarkastuslaajuus tiputtaa tarkastusluokasta II luokkaan III. Väsymisen kannalta kriittiset osat rakennekategoriassa *ensisijainen* ja *toissijainen* tutkitaan tarkastusluokka I mukaan. Standardin DNV-OS-C101 taulukkoon D3 on koottu rakennekategoriasta, materiaalista ja käyttölämpötilasta riippuen suurin sallittu rakenteiden ainepaksuus. Terästen, joiden suurin sallittu ainepaksuus on alle 10 mm tai suositeltu käyttölämpötila yli 10 °C, käyttöä ei suositella. (DNV-OS-C101, 2011, s. 33-34.)

#### 5.2.6 Suunnitteluperusteet

Rakenteiden ja komponenttien suunnittelun tulisi noudattaa mahdollisuuksien mukaan seuraavia periaatteita (DNV-OS-C401, 2013, s. 16):

- Kestävyys mekaanista ja kemiallista kulumista vastaan.
- Rakenteet ja konstruktiot on valmistettava hyväksytyillä tekniikoilla ja tavoilla.
- Tarkastus, huolto ja korjaus on voitava suorittaa.

Haurasmurtumavaara on huomioitava tapauskohtaisesti ja vältettävä haurasmurtumaa edesauttavia tekijöitä. Kulikutasot, portaat ja porrastornit sekä työskentelytasot, jotka ovat yleisessä käytössä, tulee suunnitella niin, että ne kestävät 4 kN pistekuorman ja 4 kN/m<sup>2</sup> jakautuneen kuorman. Mikäli edellä mainitut konstruktiot on tarkoitettu vain tarkastusten suorittamista varten, ovat suunnitteluarvot 3 kN ja 3 kN/m<sup>2</sup>. (DNV-OS-C101, 2011, s. 23.)

Kaikkien kelluvien offshore-yksiköiden eri osa-alueet luokitellaan rakennekategoriahin standardin DNV-OS-C102 taulukon B1 mukaan. Taulukossa portaat ja porrastornit on sijoitettu rakennekategorialuokkaan *toissijainen*. Materiaalit on puolestaan jaoteltu luokkiin I-IV. Rakennekategoria *toissijainen* sisältää materiaaliluokat I ja II, *ensisijainen* luokan III ja *erityinen* luokan IV. Kelluvissa konstruktiossa käytettävä teräslaji määräytyy

näin ollen rakennekategorian, materiaaliluokan ja ainepaksuuden mukaan. (DNV-OS-C102, 2012, s. 14.)

DNV:n turvallisuusstandardin DN-OS-A101 mukaan kulkutasojen, portaiden ja tikkaiden astinpinnat on suunniteltava pitäviksi. Suunnittelussa on huomiota myös, että pinnat pääsevät kuivumaan ja niiden puhdistaminen liasta kuten öljystä ja mudasta on helppoa. Kaiteet vaaditaan, mikäli tasojen välinen korkeusero on yli 0,8 m. Kaiteet on suunniteltava riittävän lujiksi ja korkeiksi putoamisen ehkäisemiseksi. (DNV-OS-A101, 2011, s. 32-33.)

Kaikkien kylmissä olosuhteissa toimivien offshore-yksiköiden hätäpoistumistiet on suunniteltava niin, että niiden käyttäminen on mahdollista myös kovassa  $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$  pakkasessa. Jään poistaminen portaista on oltava mahdollista ilman portaiden vahingoittamista. Pystysuorista tikkaista, jotka ovat 3,5 m tai alle, täytyy poistaa jää säännöllisesti. Yli 3,5 metrin tikkaiden jäätyminen on pyrittävä ehkäisemään. Taulukossa 13 esitetään ulkopuolisiin rakenteisiin kuten kulkutasoihin ja portaisiin kerääntyvän jään paino, joka on huomioitava suunnittelussa. (DNV-OS-A201, 2013, s. 29, 69, 72.)

*Taulukko 13. Sovelletut jääkuormat ulkopuolisille rakenteille (DNV-OS-A201, 2013, s. 59).*

Sovellatut jääkuormat [ $\text{kg}/\text{m}^2$ ] vaakasuorille pinnoille ja niiden pystysuorille projektiolle.		
Etäisyys merenpinnasta	Vaakasuorat pinnat	Pystysuorat projektiot
> 24 m	10	10
18...24 m	30	10
12...18 m <sup>(1)</sup>	40	10
6...12 m <sup>(1)</sup>	80	20
0...6 m <sup>(1)</sup>	120	30
<sup>(1)</sup> Vaakasuorilla pinnoilla, joilla on käytössä jäätymisenestomenetelmä voidaan jääkuormana pitää $30\text{ kg}/\text{m}^2$ .		

### 5.2.7 Hitsien laaduntarkastus

Ennen varsinaisen tuotannon aloittamista tulee valmistajan esittää NDT-tarkastussuunnitelma sekä todentaa NDT-tarkastajien pätevyudet ostajalle. NDT-tarkastajien tulee olla pätevoityjä standardin ISO 9712 tason 2 vaatimusten tai sitä

vastaavien luokitusten (SNT-TC-1A tai ACCP) mukaisesti. Taulukossa 14 esitetään NDT-tarkastusten laajuus riippuen rakennekategoriasta, tarkastusluokasta ja liitostyypistä. Tarkastusluokka tulee merkitä myös valmistuspiirustuksiin. Jos NDT-tarkastuksilla varmistetaan riittävän alhainen virheiden esiintymistiheys, voidaan *ensisijaisen* rakennekategorian tarkastuslaajuutta laskea. Toisaalta myös toistuvat virhehavainnot voivat kasvattaa tarkastuslaajuutta. Havaittaessa vakavia virheitä, kuten halkeamia, tulee tutkia kaikki samalla hitsausohjeella tehdyt tuotteet. (DNV-OS-C401, 2013, s. 55-56.)

Taulukko 14. NDT-tarkastusten vähimmäislaajuus eri liitoksille (DNV-OS-C401, 2013, s. 57).

Rakenne- kategoria	Tarkastus- luokka	Liitostyyppi	Testausmenetelmän laajuus [%]			
			VT	MT <sup>(1)</sup>	RT <sup>(2)</sup>	UT <sup>(3)</sup>
Erityinen/ Tärkeä	I	Päittäisliitos	100	100	100	-
		Risti- ja T-liitos, läpihitsattu	100	100	-	100
		Risti- ja T-liitos, osittain läpihitsattu ja pienaliitos	100	100	-	-
Ensisijainen	II	Päittäisliitos	100	20	10	-
		Risti- ja T-liitos, läpihitsattu	100	20	-	20
		Risti- ja T-liitos, osittain läpihitsattu ja pienaliitos	100	20	-	-
Toissijainen	III	Päittäisliitos	100	2-5	2-5	-
		Risti- ja T-liitos, läpihitsattu	100	2-5	-	2-5
		Risti- ja T-liitos, osittain läpihitsattu ja pienaliitos	100	2-5	-	-

1. Ei-ferromagneettisille materiaaleille tehdään tunkeumanestetarkastus.  
2. Voidaan kokonaan tai osittain korvata ultraäänitarkastuksella.  
3. Ultraäänitarkastus tehdään ainevahvuuksille 10 mm tai enemmän.

### 5.2.8 Hitsausohjeen hyväksyminen

Hitsausohjeet (WPS) hyväksytään kahdella tavalla. Ensimmäinen tapa on hitsausohjeen hyväksyminen menetelmäkokeella. Toinen tapa hyväksyä hitsausohje perustuu muiden hyväksytyjen hitsausohjeiden käyttöön. Hitsausohje laaditaan tässä tapauksessa muiden hitsausohjeiden pohjalta. Hyväksyttämisen menetelmäkokeella vaaditaan, jos hitsi kuuluu rakennekategoriaan *erityinen*, *ensisijainen* tai se on päittäisliitos kategoriassa *toissijainen*. Myös kaikki alumiinin liitokset, sekä valun ja valssatun teräksen väliset liitokset vaativat menetelmäkokeen mukaisen hyväksyttämisen. (DNV-OS-C401, 2013, s. 17, 50.)

Kohdeyrityksen valmistamat alumiinituotteet vaativat aina menetelmäkokeella hyväksytyyn hitsausohjeen. Yrityksen teräksestä valmistamat rakenteet sijoittuvat luokkaan *toissijainen* ellei tilauksen yhteydessä toisin määritellä. Näin ollen hitsaus ei vaadi menetelmäkokeella hyväksytyä hitsausohjetta, paitsi jos kyseessä on päittäisliitos. Rakennekategoria *toissijainen* tarkoittaa myös, että konstruktioiden tarkastusluokka on III eli laajuudeltaan suppein.

Menetelmäkoekappaleen hitsaus tulee suorittaa tuotantohitsausta vastaavissa olosuhteissa. Hitsauksessa ja oheistoiminnoissa käytävien laitteiden kalibroinnista on varmistuttava ennen hitsausta standardin ISO 17662 mukaisesti. Menetelmäkoekappale hitsataan alustavan hitsausohjeen (pWPS) mukaan. Alustavaa hitsausohjetta voidaan muuttaa ja tarkentaa kesken hitsauksen, kunnes saadaan haluttu hitsaustulos. Menetelmäkoekappaleen tulee täyttää sille asetetut minimilaatuvaatimukset, jotta alustava hitsausohje voidaan hyväksyä hitsausohjeeksi. (DNV-OS-C401, 2013, s. 16.)

Mikäli koekappale ei täytä mitä tahansa NDT-testauksen laatuvaatimusta, hitsataan uusi koekappale ja testataan se. Jos koekappale ei vieläkään täytä vaatimuksia, tehdään uusi alustava hitsausohje. Mikäli ainetta rikkovista testeistä jokin muu kuin iskutkeys-koe ei täytä vaatimuksia, tehdään yhtä hylättyä testiä kohtaan kaksi uusintatestiä samasta kappaleesta. Jos kappaleesta ei voi tehdä uusia koepaloja, hitsataan uusi menetelmäkoekappale käyttäen samaa alustavaa hitsausohjetta. Alustavaa hitsausohjetta ei voida hyväksyä hitsausohjeeksi, jos uusintatestit eivät täytä laatuvaatimuksia. (DNV-OS-C401, 2013, s. 16.)

Menetelmäkokeen hyväksymispöytäkirjalla (WPQR) todennetaan ostajalle hitsausohjeiden hyväksyntä. Ennen tuotannon aloittamista hyväksymispöytäkirja tulee esittää ostajalle. Hyväksymispöytäkirjasta tulee löytyä tiedot käytetystä materiaalista, lisäaineesta, hitsausparametreista, lämpökäsittelyistä, rikkomattomista ja rikkovista aineenkoetuksista ja korroosionkestotesteistä. Lisäksi pöytäkirjaan tulee merkitä kaikki lopputuloksen kannalta oleelliset muuttujat. Valmistajan tulee liittää pöytäkirjaan myös sertifikaatit lisäaine- ja perusmateriaalista. (DNV-OS-C401, 2013, s. 16-17.)

Hitsausohje voidaan siirtää alihankkijan käyttöön, mikäli alihankkijan hitsauksen koordinointi on toteutettu ISO 14731 mukaisesti ja alihankkijalla on implementoitu ISO 3834-2 mukainen laadunhallintajärjestelmä. Hitsausohjeen käyttöä rajoittavat muutokset perusmateriaalissa, ainepaksuuksissa, putkien halkaisijoissa, lisäaineessa, hitsausasennossa, liitostyypissä ja hitsausolosuhteissa. Seuraavaksi on listattu rajoituksia hitsausohjeen käytöstä perusmateriaaliin liittyen. Yksityiskohtaisemmat tiedot muiden rajoittavien tekijöiden vaikutuksista on esitetty standardissa DNV-OS-C401 kohdassa 3.6. Myös silloitushitsaus on tehtävä sallittujen muutosten puitteissa. (DNV-OS-C401, 2013, s. 25-30, 51.)

Seuraavat muutokset perusmateriaalissa edellyttävät uuden hitsausohjeen hyväksyttämistä (DNV-OS-C401, 2013, s. 25-26):

- Materiaaliominaisuuden muutos, joka vaikuttaa hitsattavuuteen ja mekaanisiin ominaisuuksiin
  - i) Toimitustilan muutos karkaistusta ja nuorrutetusta (QT) mihin tahansa muuhun toimitustilaan ja toisinpäin.
  - ii) Toimitustilan muutos kuumavalssatusta (TM) mihin tahansa muuhun toimitustilaan, mutta ei toisinpäin.
  - iii) Parannetuilla hitsausominaisuuksilla olevat teräksen vaihtaminen tavalliseen teräkseen.
- Lujuus- ja iskutkeysluokan vaikutus valssatuilla levyillä
  - i) Normaaleille ja lujille teräksille hitsausohje on pätevä testatulla lujuusluokalla ja kahdella matalammalla myötölujuusluokalla.
  - ii) Erikoislujilla teräksillä hitsausohje on pätevä testatulla lujuusluokalla ja yhtä luokkaa alemmalla lujuudella.
  - iii) Suurempi iskutkeysluokka pätevöittää matalammille iskutkeysluokille, mutta ei toisinpäin.

#### 5.2.9 Aineenkoetus menetelmäkoekappaleille

Taulukkoon 15 on koottu menetelmäkoekappaleille tehtävät tarkastukset. NDT-testauksen hyväksymisrajat ovat standardin ISO 5817 mukaisen hitsiluokan B vaatimukset, ellei toisin sovita. Vetokokeessa saavutettu myötölujuus ei saa alittaa testattavalle teräkselle ilmoitettua teräsluokan mukaista myötölujuutta. Taivutuskoe hyväksytään, mikäli

koekappaleesta ei taivutuksen jälkeen löydy yhtään yli 3 mm kokoista virhettä. Makrohie ei saa sisältää halkeamia eikä vajaata hitsautumissyvyyttä. Muut laatuvirheet makrohien osalta tutkitaan perustuen hitsiluokan B vaatimuksiin. Vaatimukset eri liitosmuotojen hitsien profiileille annetaan kansainvälisen luokitusjärjestön IACS:n numeron 47 laatustandardissa. (DNV-OS-C401, 2013, s. 18-19.)

Taulukko 15. Menetelmäkoekappaleelle tehtävät testaukset (DNV-OS-C401, 2013, s. 18, 22-25).

Liitosmuoto	NDT [%]			DT [kpl]				
	VT	RT/UT	PT/MT	Veto- koe	Taivutus- koe	Isku- koe	Makro- hie	Murto- koe
Levyjen päittäisliitos	100	100 <sup>(1)</sup>	100 <sup>(1)</sup>	2	4 <sup>(2)</sup>	12 <sup>(3)</sup>	1 <sup>(4)</sup>	-
Putkien päittäisliitos	100	100 <sup>(1)</sup>	100 <sup>(1)</sup>	2	2 <sup>(5)</sup>	12 <sup>(3)</sup>	1 <sup>(4)</sup>	-
Läpihitsattu T-liitos	100	100 <sup>(6)</sup>	100 <sup>(1)</sup>	-	-	12 <sup>(3)</sup>	1 <sup>(4)</sup>	-
Putki- ja haaraliitokset	100	100 <sup>(6)</sup>	100 <sup>(1)</sup>	-	-	12 <sup>(3)</sup>	2 <sup>(4)</sup>	- -
Pienahitsit	100	-	100 <sup>(1)</sup>	-	-	-	2 <sup>(4)</sup>	1

1. Testaus voidaan suorittaa kummalla menetelmällä tahansa.  
2. Kaksi juuritaivutuskoesauvaa ja kaksi pintataivutuskoesauvaa, jos ainepaksuus on yli 12 mm voidaan vaihtoehtoisesti testata neljä sivutaivutuskoesauvaa.  
3. V-loven koneistuskohta: hitsin keskiviiva, sularaja, 2 mm sularajalta perusaineeseen ja 5 mm sularajalta perusaineeseen. Jokaisesta kohdasta tehdään kolme koekappaletta.  
4. Metallografinen tutkimus ja kovuusmittaukset.  
5. Yksi juuri- ja pintataivutuskoesauva jos ainepaksuus ≤ 20 mm. Kaksi sivutaivutuskoesauvaa jos ainepaksuus > 20 mm.  
6. Vain ultraäänitarkastus sallitaan.

Kovuuskokeet tehdään standardin EN ISO 6507-1 mukaan. Myötölujuudeltaan alle 265 MPa olevien terästen kovuutta ei tarvitse testata. Suurin sallittu kovuus on 350 HV10 materiaaleille, jotka ovat lujuudeltaan 420 MPa tai sen alle. Materiaaleille 460 – 690 MPa maksimikovuus on 420 HV10. Yksipalkopienahitsille kovuusraja on materiaalista riippumatta 380 HV10. Iskukokeita ei vaadita materiaaleilta, joiden ainepaksuus on alle 6 mm. Charpyn V-kokeen testauslämpötila tulee olla sama kuin teräsluokan mukaan ilmoitettu iskutkeyslämpötila. Iskutkeysarvot hitsissä, sularajalla ja muutosvyöhykkeellä tulee täyttää samat vaatimukset kuin perusmateriaalin poikittaisen

iskukokeen vaatimukset. Yksittäisen koesauvan iskusitkeysarvo pitää olla vähintään 70 % vaatimuksesta, kun kolmen sauvan keskiarvo täyttää iskusitkeysvaatimuksen. Mikäli kolmen sauvan keskiarvo ei täytä iskusitkeysvaatimusta, tehdään kolme uutta koesauvaa. (DNV-OS-C401, 2013, s. 19-21.)

CTOD-murtumissitkeystestaus vaaditaan hitsausliitoksille, joihin kaikki seuraavat ehdot pätevät (DNV-OS-C101, 2011, s. 34):

- suunniteltu käyttölämpötila on alle + 10 °C
- liitos on erityisalueella
- ainakin toinen liitettävistä materiaaleista on myötölujuudeltaan (SMYS) 420 MPa tai enemmän.

Hyväksymiskriteeri CTOD-testille on vähintään 0,15 mm (DNV-OS-C401, 2013, s. 32).

Rakennekategoriassa *erityinen* silmämääräisen ja NDT-tarkastusten hyväksymiskriteereinä hitsille ovat standardin ISO 5817 mukaisen hitsiluokan B vaatimukset. Kategorioissa *ensisijainen* ja *toissijainen* hyväksymiskriteerit ovat edellä mainitun standardin hitsiluokan C mukaiset vaatimukset. Hitsin täytyy täyttää kaikkien NDT-tarkastusten asettamat kriteerit. Jos hyväksymiskriteerit eivät täyty, tehdään korjaushitsaus. Korjattu hitsi tarkastetaan uudelleen 100 mm pituudelta korjauskohdasta molempiin suuntiin. (DNV-OS-C401, 2013, s. 58.)

#### 5.2.10 Hitsaajien pätevyys

Käsinhitsauksen ja osittain mekanisoidun hitsauksen osalta vaaditaan hitsaajilta pätevyys standardin ISO 9606 mukaisesti. Mekanisoidun hitsauksen ja automaattihitsauksen osalta hitsausoperaattorilla on oltava riittävä asiantuntemus koneiden ja laitteiden käytöstä sekä ohjelmoinnista hitsausohjeen mukaisesti. Asiantuntemus ja riittävä harjoitus on pystyttävä todistamaan. Hitsaajien pätevyys on osoitettava 6 kuukauden välein. (DNV-OS-C401, 2013, s. 40.)

#### 5.2.11 Pulttiliitokset

Pultit ja mutterit, joita käytetään turvallisuuden kannalta oleellisissa rakenteissa, tulee vastata standardin ISO 898 vaatimuksia. Pulttien ja mutterien, joilta vaaditaan yli 490 MPa:n myötölujuuksia, valmistusmateriaaliksi suositellaan seosteräksiä (esimerkiksi % Cr

+ % Mo + % Ni  $\geq 0,5$ ) ja toimitustilaksi karkaistua ja nuorrutettua. Pulttien lujuusominaisuudet eivät saa ylittää standardin ISO 898 luokan 10.9 vaatimuksia, kun käyttökohde altistuu ilman vaikutuksille. Vedenalaisten pulttiliitosten lujuusominaisuudet eivät saa ylittää luokan 8.8 vaatimuksia. (DNV-OS-C401, 2013, s. 64.)

### 5.2.12 Alumiini

Meriteknisissä rakenteissa käytettävät alumiinit on listattu taulukkoon 16. Alumiineja toimitetaan levyinä, profiileina, putkina tai tankoina, joiden ainepaksuudet vaihtelevat 3...50 mm. Alumiinien merkintä jäljitettävyyden takaamiseksi noudattaa samoja sääntöjä kuin teräksillä. Standardiin DNV-OS-C401 on koottu tiedot kunkin alumiinin mekaanisista ominaisuuksista, ainepaksuuksista, seosaineista ja toleransseista. (DNV-OS-C401, 2013, s. 38-39.)

*Taulukko 16. DNV:n hyväksymät alumiinit ja toimitustilat (DNV-OS-C401, 2013, s. 40-41).*

Valssatut alumiiniseokset		Pursotetut alumiiniseokset	
Luokka	Toimitustila	Luokka	Toimitustila
NV-5052	0, H32, H34	NV-5059	H112
NV-5059	0, H116, H321	NV-5083	0, H111, H112
NV-5083	0, H112, H116, H321	NV-5086	0, H111, H112
NV-5086	0, H112, H116	NV-5383	0, H111, H112
NV-5154A	0, H32, H34	NV-6005A	T4, T5, T6
NV-5383	0, H116, H321	NV-6060	T4, T5, T6
NV-5454	0, H32, H34	NV-6061	T4, T5, T6
NV-5456	0, H116, H321	NV-6063	T4, T5, T6
NV-5754	0, H32, H34	NV-6082	T4, T5, T6

Alumiinin hitsausohjeiden hyväksyttäminen tehdään samoin periaattein kuin terästen. Alumiinin hitsausohje hyväksytetään aina menetelmäkokeella. Menetelmäkokealle tehtävät testit alumiinin hitsauksen osalta esitetään taulukossa 17. Keskeisimpänä erona teräksen testaukseen voidaan nähdä isku- ja murtokokeiden puuttuminen kokonaan. Standardi DNV-OS-C401 antaa myös lisäainesuositukset eri alumiinien hitsaukseen.

Taulukko 17. Alumiinin menetelmäkoekappaleelle tehtävät testaukset (D�V-N-OS-C401, 2013, s. 32-34).

Liitosmuoto	DT [kpl]		
	Vetokoe	Taivutuskoee	Makrohie
Päittäisliitos	1	2 <sup>(1)</sup>	1
Putken päittäisliitos	1	2 <sup>(1)</sup>	1
Putken haaraliitos	-	-	2 <sup>(2)</sup>
Pienaliitos	-	-	2 <sup>(3)</sup>
Liitosmuoto	NDT [%]		
	VT	RT/UT	PT
Päittäisliitos, läpöhitsattu T-, K- ja Y-liitos	100	100	100
Pienaliitos ja osittain läpöhitsattuliitos	100	-	100
1. Yksi juuri- ja pintataivutuskoesauva jos ainepaksuus ≤ 10mm. Kaksi sivutaivutuskoesauvaa jos ainepaksuus > 10mm. 2. Makrohiekoekappaleet otetaan kello 12:sta ja kello 6:sta. 3. Yksi makrohie hitsin aloitus- tai lopetuskohdasta.			

Ellei toisin sovita, ovat NDT-tarkastuksen hyväksymisrajat standardin ISO 10042 hitsiluokan B mukaiset. Erityisesti hitsin aloitus- ja lopetuskohtia on tutkittava huolella hitsin profiilin ja sulamisen kannalta. Hitsin profiilin on oltava säännöllinen eikä kupu saa olla liian korkea. Halkeamia ja vajaata hitsautumissyvyyttä ei sallita. Jos testikappale ei läpäise NDT-tarkastusta, hitsataan yksi uusi testikappale ja testataan se. Mikäli uusi koekappale ei läpäise testiä, ei hitsausohjetta hyväksytä. (D�V-N-OS-C401, 2013, s. 34-35.)

Hyväksytty hitsausohje mahdollistaa ohjeen soveltamisen myös tiettyjen muuttujien puitteissa. Muuttujat, jotka asettavat rajoituksia soveltamiselle, ovat perusmateriaali, paksuus, putkien halkaisijat, putkien liitoskulma, lisäaine, hitsausasento, liitostyyppi ja hitsausolosuhteet. Tarkemmat tiedot muuttujista esitetään standardin D�V-N-OS-C401 kohdassa 4.8. (D�V-N-OS-C401, 2013, s. 35.)

### 5.2.13 Ruostumaton teräs

Ruostumattomien terästen hitsausohjeet hyväksytetään kuten rakenneterästen. Hyväksymisrajat eri testausmenetelmille on rakenneteräksiä vastaavat, lukuun ottamatta muutamia seuraavaksi esiteltäviä poikkeuksia. Austeniittisille ruostumattomille teräksille ei tarvitse tehdä iskutkeystestausta, jos suunnittelulämpötila on yli  $-105\text{ °C}$ . Hitsausohje on pätevä muutoin samoin ehdoin kuin rakenneteräksillä, mutta teräsluokan vaihtaminen korkeampaan myötölujuusluokkaan tai iskutkeyslukuun johtaa menetelmäkokeen uusimiseen. (DNV-OS-C401, 2013, s. 37.)

Austeniittis-ferriittisten (duplex) terästen hitsauksessa tulee käyttää nikkeli- ja typpi-seosteista lisäainetta. Suoja- ja juurikaasu eivät saa sisältää vetyä eikä niiden kastepiste saa olla korkeampi kuin  $-30\text{ °C}$ . Duplex terästen iskutkeystestauksen suorituslämpötila on suunnittelulämpötila tai  $-20\text{ °C}$ , riippuen siitä, kumpi on matalampi. Vähimmäisiskutkeysvaatimus on 27 J. Makrohiessä ei saa olla raerajakarbideja eikä suotaumia. Hitsin ferriittipitoisuus pitää olla 30-70 % ja se määritetään standardin ASTM E 562 mukaisesti. Duplex terästen hitsausohje on pätevä samoin ehdoin kuin rakenneterästen paitsi, että  $\pm 15\%$  muutos lämmöntuonnissa vaatii menetelmäkokeen uusimisen. (DNV-OS-C401, 2013, s. 37-38.)

### 5.2.14 Korroosiosuojaus

Offshore-teollisuudessa koneiden ja laitteiden käyttöikä voi olla yhtäjaksoisesti yli 10 vuotta, eikä korroosionkestoa voida usein parantaa tuotteen käyttöiän aikana. Tärkeimmät huomioon otettavat tekijät riittävän korroosiosuojan aikaansaamiseksi ovat (DNV-RP-B101, 2007, s. 11):

- pinnoitusmateriaalin kelpoisuus ja valinta
- pinnan esivalmistelut ja puhdistus.

Pinnoitusmenettelystä tulee laatia seloste, josta käy ilmi esimerkiksi esikäsittelyvaatimukset, pinnoituskerrosten lukumäärä ja paksuudet sekä lopputarkastusvaatimukset. Pinnoitusmenetelmä ja pinnoitusmateriaalit hyväksytään käytettäväksi joko aikaisempaan kokemukseen perustuen tai testausohjelman läpäisyn jälkeen. Pintakäsittelyyn on saatavilla useita erilaisia maaleja, joita voidaan käyttää kylmissä ja merellisissä olosuhteissa. Tyypillisesti käytettävät maalit ovat epoksi-,

polyuretaani-, vinyyli- tai sinkkimaaleja. Lopullisen hyväksynnän käytettävistä pinnoitteista tekee tilaaja, esitettyjen selosteiden ja testien sekä materiaalitietojen perusteella. (DNV-RP-B101, 2007, s. 11-12.)

Pintojen esikäsitely on suurin yksittäinen tekijä, joka vaikuttaa pinnoitteen kestävyysasteeseen. Pinnat tulee käsitellä leikkaussärmien ja muiden pintavirheellisten alueiden osalta standardin ISO 8501-3 esikäsitelyasteen P3 mukaisesti. Aste P3 tarkoittaa erittäin perusteellista esikäsitelyä, jolloin esimerkiksi terävien särmien pyöristyssäde tulee olla 2 mm eikä hitsausroiskeita sallita. Käsiteltävien pintojen puhdistusaste on oltava Sa2½ tasolla ja pinnankarheuden välillä 50-85 µm. Alumiini ja ruostumaton teräs eivät vaadi pintojen maalausta ellei toisin määrätä. (DNV-RP-B101, 2007, s. 13-14.)

Pintojen korroosiosuojauksesta annetut ohjeet eivät suoraan koske kohdeyrityksen tuotteita, mutta ohjeita voidaan soveltaa teräs- ja alumiinituotteille, joiden käyttöympäristö on merellinen ja kylmä. Esitetyt määräykset koskevat maalaamista. Muut korroosiosuojausmenetelmät kuten katodinen suojaus on käytössä lähinnä vedenalaisille rakenteille.

### 5.3 Russian Maritime Register of Shipping

Russian Maritime Register of Shipping eli RMRS tai RS on venäläinen luokituslaitos. Sen tavoitteena on taata turvallinen liikennöinti merellä ja sisävesillä sekä edistää ympäristönsuojelua. RS kehittää jatkuvasti sääntöjä ja ohjeita tavoitteidensa edistämiseksi. RS:n julkaisemat ohjeistukset ja säännöt mukautuvat usein kansainvälisiin standardeihin. RS:n säännöt on tarkoitettu hyödynnettäväksi erilaisten laivojen ja öljyn- sekä kaasuntuotantoon liittyvien rakenteiden suunnittelussa ja valmistuksessa. RS toimittaa myös sertifikaatteja. (About RS, 2014; RS Publications, 2014.)

#### 5.3.1 Käytettävät rakenneteräkset

RS jakaa rakenneteräkset luokkiin normaalit, lujat ja erikoislujat teräkset. Normaalit teräkset ovat myötölujuudeltaan vähintään 235 MPa, kun lujat teräkset ovat 315, 355 ja 390 MPa. Erikoislujien terästen myötölujuus on vähintään 420 MPa. Toimitustila riippuu teräskohtaisesti lujuudesta ja paksuudesta. Teräksiä toimitetaan valssattuina (AR),

normalisoituina (N), normalisointivalssattuina (NR), kuumavalssattuina (TM), nopeutetusti jäähdytettyinä (AcC) sekä karkaistuna ja nuorrutettuna (QT). (Materials, 2014, s. 392-394.)

Rakenneterästen luokittelu ei suoranaisesti koske portaita, porrastorneja tai kulkutasoja, vaan se perustuu laivan rungossa ja kantavissa rakenteissa käytettävien terästen luokitteluun. Taulukkoon 18 on koottu normaalien, lujien ja erikoislujien rakenneterästen menetelmäkoekappaleiden iskusitkeydet. Terästen iskusitkeydet on testattu lämpötilavälillä 20...-60 °C.

*Taulukko 18. Normaalien, lujien ja erikoislujien rakenneterästen vähimmäis-iskusitkeysvaatimukset lämpötiloissa 20...-60 °C (Technical Supervision during Manufacture of Materials, 2013, s. 129).*

Myötölujuus	Teräsluokka	Vähimmäis iskusitkeysvaatimus, KV [J]	
		Poikittain	Pitkittäin
Normaalit	A, B	-	27
	D, E	-	47
Lujat	A32...F32	-	47
	A36...F36	-	47
	A40...F40	-	47
Erikoislujat	A420(W)...F420(W)	28	42
	A460(W)...F460(W)	31	46
	A500(W)...F500(W)	33	50
	A550...F550	37	55
	A620...F620	41	62
	A690...F690	46	69

Taulukon 18 iskusitkeysarvot on mitattu sularajalta ja hitsin muutosvyöhykkeeltä. Teräsluokan nimessä oleva kirjain ilmoittaa teräksen iskusitkeyden testauslämpötilaa. Normaaleilla rakenneteräksillä kirjaimia vastaavat testauslämpötilat ovat A +20 °C, B 0 °C, D -20 °C ja E -40 °C. Lujilla ja erikoislujilla rakenneteräksillä on käytössä myös luokka F, joka tarkoittaa -60 °C testauslämpötilaa. Symboli W ilmaisee parannettua hitsattavuutta. Menetelmäkoekappaleelle tehtävien iskukokeiden testauslämpötilat voivat kuitenkin vaihdella riippuen testauskohdasta ja teräsluokasta.

Teräsrakenteissa käytettävillä teräksillä on oltava luokituslaitoksen sertifikaatti (Register Certificate) tai luokituslaitoksen hyväksymät valmistajan valmistusdokumentit. Lisäksi

teräksen valmistajalla tulee olla laatusertifikaatti (Manufacturer Quality Certificate). Teräkset testataan ja tarkastetaan veto- ja iskukokeilla. Iskukokeet voidaan suorittaa sekä Charpyn-U että -V kokeina. Alhaisiin käyttölämpötiloihin suunniteltujen terästen testaukseen käytetään testausparametreja *NDT*, *DWTT* ja *CTOD*. Teräkset tulee merkata selkeästi jäljitettävyyden takaamiseksi. Merkkaaminen tapahtuu yleensä leimalla, josta käy ilmi ainakin teräksen laatu, valmistajan nimi sekä laaduntarkastaja. (Materials, 2014, s. 368-370, 379.)

### 5.3.2 Suunnitteluohjeet ja –vaatimukset

Laivoissa ja offshore-porausyksiköissä käytettäville portaille, tikkaille ja kaiteille on luokituslaitos asettanut ehtoja. Portailla tulee olla teräsrunko tai muusta luokituslaitoksen hyväksymästä rakennusmateriaalista valmistettu runko. Mikäli laivalla tai porausyksikössä työskentelee yli 60 henkilöä, täytyy portaiden leveyden olla vähintään 900 mm. Lisäksi portaat on varustettava molemmilta puolilta kaiteilla. Portaiden vähimmäisleveyttä tulee lisätä 10 mm jokaista henkeä kohden, kun henkilömäärä ylittää 90. Kaiteiden välinen etäisyys saa kasvaa korkeintaan 1800 mm:iin. (Equipment, Arrangements and Outfit, 2014, s. 287-288.)

Portaiden yhtäjaksoinen nousu ilman tasanteita saa olla korkeintaan 3,5 metriä. Tasanteiden pinta-alan vähimmäisvaatimus on 2 neliometriä. Nousukulma täytyy olla  $\leq 45^\circ$ . Hätäpoistumisteinä olevien portaiden vähimmäisleveys on 700 mm ja kaide on oltava ainakin toisella sivulla. Porrastikkaiden kaltevuuskulma on yleensä  $45^\circ$ , mutta ei kuitenkaan yli  $50^\circ$ . Ahtaissa tiloissa ja koneiden yhteydessä porrastikkaiden kaltevuuskulmaa voidaan kasvattaa  $60^\circ$ :een. Pystysuorien tikkaiden ja askelmien vähimmäisleveys on 300 mm. Kulkureitit voidaan joutua merkkamaan valoilla tai pimeässä hohtavilla tarroilla. (Equipment, Arrangements and Outfit, 2014, s. 287-288.)

Hätäpoistumisteillä täytyy olla käsijohde tarjolla mahdollisuuksien mukaan koko poistumistien matkalla. Käsijohteiden ja kaiteiden täytyy olla riittävän lujia kestämään sekä vaaka-suuntainen että alaspäin suuntautunut jakautunut kuorma, 750 N/m. Turvakaiteiden vähimmäiskorkeus on yksi metri. Kaidetolppien välinen etäisyys ei saa ylittää 1,5 metriä ja vähintään joka kolmannen kaidetolpan on oltava kiinteä. Kaiteiden tulee olla jäykkiä rakenteita. Kaiteen alimman välijohteen ja kävelytason välinen etäisyys

saa olla korkeintaan 230 mm. Muut välijohdeiden väliset etäisyydet voivat olla korkeintaan 380 mm. (Equipment, Arrangements and Outfit, 2014, s. 288-289.)

Kohdeyrityksen valmistamien tuotteiden materiaalinvalintaan RS ei aseta erityisvaatimuksia. Rakenteiden materiaaliominaisuuksien on vastattava RS:n hyväksymien suunnitteludokumenttien materiaalivaatimuksia. Luokituslaitos ei valvo materiaalin valmistusprosessia, kun materiaalia käytetään portaiden, tikkaiden tai kaiteiden valmistukseen. (Equipment, Arrangements and Outfit, 2014, s. 215.)

Portaat, tikkaat, kaiteet ja hoitotasot kuuluvat luokituslaitoksen teknisen valvonnan piiriin. Edellä mainittujen rakenteiden tapauksissa valvonta käsittää teknisten dokumenttien tarkastuksen. Teknisillä dokumenteilla tarkoitetaan kokoonpanopiirustuksia, laskelmia ja yksityiskohtaisia piirustuksia. Yksityiskohtaiset piirustukset tarvitaan, mikäli osat tai kokoonpanot eivät ole suunniteltu standardien mukaisesti. Ennen tuotannon aloittamista täytyy yrityksen toimittaa RS:n haarakonttoriin luokituslaitoksen hyväksymät tekniset dokumentit. (Equipment, Arrangements and Outfit, 2014, s. 215; Equipment, Arrangements and Outfit, 2013, s. 168, 175.)

Rakenteisiin kertyvän jään massa arvioidaan  $30 \text{ kg/m}^2$  suuruiseksi (Stability, 2014, s. 310). Rakenteiden, jotka ovat jatkuvasti tai jaksoittain alttiina ulkoilmalle, suunnittelulämpötila ( $T_d$ ) määräytyy ulkoilman lämpötilan ( $T_A$ ) perusteella. Käyttökohteen ulkoilman lämpötila muodostetaan laskemalla päivittäisten minimilämpötilojen keskiarvo viiden vuoden jaksolta. Alimpana suunnittelulämpötilana käytetään  $-40 \text{ °C}$ :ta. Suunnittelulämpötila ei voi olla alle ulkoilman lämpötilan, mutta sitä voidaan tarkentaa korjauskertoimilla rakenteen sijainnista ja käyttötarkoituksesta riippuen. (Hull, 2014, s. 49, 51.)

### 5.3.3 Hitsaustuotanto

Luokituslaitoksen on hyväksyttävä käytettävät lisäaineet ja hitsausmenetelmät. RS valvoo myös, että laaduntarkastusmenetelmät ja hyväksymiskriteerit ovat tarkoituksenmukaisia. Lisäaineen valintaan luokituslaitos on laatinut omat suosituksensa. Lisäainesuosituksia on laadittu kaikille rakenneteräslaaduille mukaan lukien myös erittäin matalissa lämpötiloissa käytettävät teräkset. (Welding, 2014, s. 496, 498-500.) Hitsaajien pätevyyskokeilla varmistetaan, että hitsaajat ovat kykeneviä hitsaamaan RS:n teknisen valvonnan alaisia

rakenteita. Pätevyyskokeeseen kuuluu teoria- ja käytännönkoe, jotka läpäisemällä luokituslaitos myöntää hitsaajan pätevyyden (Welder Approval Test Certificate). Kansainvälisten tai kansallisten standardien (EN 287, ISO 9606, ASME Sec. IX, ANSI/AWS D1.1) mukaan pätevöityneelle hitsaajalle voi luokituslaitos myöntää luvan hitsata luokituslaitoksen valvonnan alaisia rakenteita. Hitsaajan pätevyys tutkitaan kuitenkin tapauskohtaisesti luokituslaitoksen toimesta, hitsattavan rakenteen ja suoritettun pätevyyskokeen perusteella. (Welding, 2014, s. 582.)

Kylmissä olosuhteissa suoritettavassa hitsauksessa hitsauskohta on suojattava vedolta ja sateelta. Hitsausrailo on puhdistettava ja pidettävä kuivana. Lisäksi on varmistuttava, ettei hitsin liian nopea jäähtyminen johda epäsuotuisiin mikrorakenteisiin. Edellyttäen, että saadaan aikaan riittävän laadukas hitsi, voidaan normaaleita ja lujia rakenneteräksiä hitsata vielä -25 °C ilman esilämmitystä, kun ainevahvuus on  $\leq 20$  mm ja lisäaineen soveltuvuus olosuhteisiin on varmistettu. (Welding, 2014, s. 497.)

Hitsaus on pyrittävä suorittamaan niin, että siitä aiheutuvat rakenteen sisäiset jännitykset ja muodonmuutokset jäisivät mahdollisimman pieniksi. Silloitushitsit hitsaa pätevöitynyt hitsaaja. Silloitushitseissä ei myöskään saa olla virheitä, jotka voivat heikentää lopullisen hitsin laatua. (Welding, 2014, s. 498.)

#### 5.3.4 Hitsausohjeen hyväksyttäminen

Ellei toisin määrätä, on hitsausohjeet (WPS) hyväksyttävä menetelmäkokeella (ISO 15614-1) menetelmäkoepöytäkirjaan (WPQR) perustuen. Luokituslaitos voi erikseen sallia hitsausohjeen hyväksyttämisen esituotannollisella hitsauskokeella (ISO 15613) tai standardihitsausohjeella (ISO 15612). Joissakin tapauksissa luokituslaitos voi vaatia ylimääräistä menetelmäkokeen mukaista testausta myös tuotannon aikana. Menetelmäkoekappaleiden tarkastus tehdään taulukon 19 vaatimusten mukaisesti. (Technical Supervision during Manufacture of Materials, 2013, s. 115, 121.)

Taulukko 19. Menetelmäkoekappaleelle tehtävät tarkastukset ja tarkastuslaajuus liitosmuodon mukaan (Technical Supervision during Manufacture of Materials, 2013, s. 121).

Liitosmuoto	Testaustyyppi	Testauksen laajuus
Päittäisliitos levyissä ja putkissa	Silmämääräinen	100 %
	Radiografinen tai ultraääni	100 %
	Tunkeumaneste tai magneettijauhe	100 %
	Poikittainen vetokoe	2 kpl
	Taivutuskoe	4 kpl
	Iskukoe	3-8 kolmen koekappaleen sarjaa
	Kovuuskoe	Vaaditaan
Läpihitsattu T-liitos ja putkien haaraliitokset (esivalmistellut railot)	Makrohie	1 kpl
	Silmämääräinen	100 %
	Tunkeumaneste tai magneettijauhe	100 %
	Ultraääni	100 %
	Kovuuskoe	1 tai 2 kpl
	Makrohie	2 tai 3 kpl
T-liitokset (piena) ja putkien haaraliitokset ilman railonvalmistusta	Mahdolliset lisätestit	
	Silmämääräinen	100 %
	Tunkeumaneste tai magneettijauhe	100 %
	Kovuuskoe	1 tai 2 kpl
	Makrohie	2 tai 3 kpl
	Murtokoe	Vaaditaan levyjen liitoksilta
	Mahdolliset lisätestit	

Taivutustestin jälkeen koekappaleessa ei saa olla yli 3 mm kokoisia virheitä. Taivutus tehdään 180°:n kulmaan. Makrohiessä ei saa olla halkeamia, vajaata hitsautumissyvyyttä, epätäydellistä sulamista, liian suurta reunahaavaa tai liikaa huokosia. (Technical Supervision during Manufacture of Materials, 2013, s. 128-130.) Taulukossa 20 esitetään rakenneteräksien hyväksymiskriteerit vetokokeille ja kovuuskokeille. Menetelmäkoekappaleen NDT-tarkastusten hyväksymisrajoja ei ole määritelty erikseen luokituslaitoksen ohjeissa kohdeyrityksen tuotteille.

Taulukko 20. Hyväksymiskriteerit menetelmäkoekappaleen veto- ja kovuuskokeille (Technical Supervision during Manufacture of Materials, 2013, s. 128).

Teräsluokka	Vetokoe, $R_m$			Kovuus [HV10]
	Poikittainen [MPa]	Pitkittäinen [Mpa]	Murtovenymä [%]	
A - E	400	400 - 560	22	Ei standardoitu
A32 - F32	440	490 - 660	22	Ei standardoitu
A36 - F36	490	490 - 660	22	350
A40 - F40	510	510 - 690	22	350
A420 - F420(W)	530	530 - 680	20	350
A460 - F460(W)	570	570 - 720	20	420
A500 - F500(W)	610	610 - 770	18	420
A550 - F550	670	670 - 830	18	420
A620 - A620	720	720 - 890	18	420
A690 - F690	770	770 - 940	17	420

### 5.3.5 Hitsien laaduntarkastus

Laaduntarkastus konstruktiolle, jotka ovat luokituslaitoksen valvonnan piirissä, tulee suorittaa luokituslaitoksen hyväksymän testaussuunnitelman ja testausdokumenttien mukaisesti. Testaussuunnitelmasta käy ilmi kaikki laaduntarkastuksessa käytettävät menetelmät, hyväksymisrajat, yksityiskohtaiset tiedot tutkittavista liitoksista sekä sovellettavat standardit. Testauksista laaditaan dokumentit, joissa on kaikki oleellinen tieto liitosten vaatimustenmukaisuudesta. Testausdokumentit allekirjoitetaan testaajan sekä laaduntarkastuksesta vastuussa olevan henkilön toimesta. NDT-tarkastusdokumentit tulee säilyttää vähintään 5 vuotta ja ne on tarvittaessa toimitettava luokituslaitokselle (RS). (Welding, 2014, s. 509.)

Liitosten NDT-tarkastus suoritetaan seuraavilla menetelmillä:

- silmämääräinen tarkastus (VT), ISO 17637
- tunkeumanestetarkastus (PT), ISO 3452
- magneettijauhetaarkastus (MT), ISO 17638
- radiografinen kuvaus (RT), ISO 17636
- ultraäänitarkastus (UT), ISO 17636

Liitosten tarkastelussa voidaan ISO-standardin sijasta käyttää myös muita kansainvälisiä tai kansallisia luokituslaitoksen hyväksymiä standardeja. NDT-henkilöiden pätevynti ja sertifiointi suoritetaan standardin ISO 9712 mukaisesti (Welding, 2014, s. 508).

Tarkastuslaajuus ja hyväksymisrajat määräytyvät luokituslaitoksen säännöissä Rules for the Classification and Construction of Sea-Going ships osan XIV kappaleen 3 taulukoiden mukaan. Taulukot määräävät tarkastuslaajuudet laivanrunkorakenteille, putkistoille, höyrykattiloille, paineastioille ja lämmönvaihtimille. Muille rakenteille käytettävät NDT-tarkastusmenetelmät ja tutkittavat hitsiosuudet määritellään sopimuksen yhteydessä. Lähtökohta on, että kaikki hitsit tulee tutkia koko matkalta silmämääräisesti. Hyväksymisrajat eri hitsausvirheille perustuvat standardin ISO 5817 mukaisiin hitsiluokkiin. (Welding, 2014, s. 510, 521.)

Radiografisten ja ultraäänitestien avulla määritetään hitsausvirheiden prosentuaalista virheosuutta liitoksissa. Virheosuudet on laskettava vähintään kerran puolessa vuodessa ja tulokset on raportoitava luokituslaitokselle. Laskenta suoritetaan seuraavasti (Welding, 2014, s. 521.):

$$K = \frac{100 * l}{s} \quad (4)$$

Kaavassa 4  $K$  tarkoittaa virheprosenttia,  $l$  on hitsin pituus, jolla virheitä on esiintynyt ja  $s$  on koko tutkitun hitsin pituus. Jos virheprosentti on yli 5, on luokituslaitos oikeutettu kasvattamaan hitsien tarkastuslaajuutta.

### 5.3.6 Ruostumaton teräs

Taulukkoon 21 on koottu teräsrakentamisessa käytettäviä ruostumattomia teräksiä. Luokituslaitos antaa jokaiselle materiaalille vaatimukset kemiallisen koostumuksen, mekaanisten ominaisuuksien ja toimitustilan suhteen. Jos annetut ehdot täyttyvät, myöntää RS materiaalille sertifikaatin, että sitä voidaan käyttää rakennusmateriaalina. (Materials, 2014, s. 432.)

Taulukko 21. Ruostumattomat teräkset ja niiden luokittelu luokituslaitoksen mukaan (Materials, 2014, s. 433).

Materiaaliluokka	Merkintä	AISI / UNS	Käyttölämpötila [°C]
M-1	X20CR13	410 420	-20...450
	X7CrNiNb16 4	-	-60...350
MF-2	X15CrNi17	431	-20...350
F-3	X8CrTi17	430Ti	0...600
AM-4	X8CrNiTi17 6	-	-60...250
A-5	X10CrNiTi18 10	321, 347	-165...600
	X2CrNi19 11	304L, 304LN	
A-6	X10CrNiMo17 13 2	316L, 316LN	-165...600
	X2CRNiMo18 13 3	317L, 317LN	
	X10CrNiMoTi17 13 3		
A-7	X2CrNiMoCu20 18 6	S31254	-165...600
	X2CrNiMoCu21 23 4 2	N08904	
AF-8	X2CrNiMo22 5 3	S31803	-40...250
	X3CrNiMo25 6 3	S31260	
	X4CrNiMo25 5 3	S32550	
	X2CrNiMo25 7 4	S32750	
	X3CrNiMo25 7 3	S32760	
	X10CrNiTi22 6	-	
	X10CrNiMo21 6 2	-	

Teräkselle tehtävät pakolliset tarkastukset riippuvat materiaaliluokasta. Luokan A-5 materiaaleille tehtäviä testejä materiaalisertifikaatin saamiseksi ovat mekaanisten ominaisuuksien testaus +20 °C:ssa, makrorakennetutkimus, raerajakorroosioalttiuden tutkiminen sekä NDT-tarkastukset. Luokituslaitos voi tarvittaessa määrätä myös lisätarkastuksia. (Materials, 2014, s. 435.)

Luokituslaitos ei määrää erillisiä hitsaustuotantoon liittyviä ohjeistuksia ruostumattomien terästen käytölle. Ruostumattomien terästen käyttö mukaillee rakenneterästen käytölle annettua ohjeistusta. Lisäainesuositukset eroavat kuitenkin rakenneterästen suosituksista.

### 5.3.7 Alumiini

Alumiineilla, joita käytetään rakennusmateriaaleina, täytyy olla luokituslaitoksen hyväksyntä ja merkintä (Materials, 2014, s. 451, 456). RS jakaa alumiinit muokattaviin ja valettaviin seoksiin. Molemmille seoksille annetaan ohjeissa vaatimukset kemiallisen

koostumuksen, toimitustilan ja mekaanisten ominaisuuksien suhteen. Taulukossa 22 esitetään luokituslaitoksen hyväksymät muokattavat alumiiniseokset sekä niiden toimitustilat. Taulukko 23 puolestaan kokoaa yhteen käytettävät valettavat alumiiniseokset. Luokituslaitos ei ota kantaa alumiiniseoksen valintaan kohdeyrityksen tuotteilla. Lisäainesuosituksia se kuitenkin tarjoaa.

*Taulukko 22. Muokattavat alumiiniseokset ja toimitustilat (Materials, 2014, s. 453-454).*

Valssatut alumiinit		Pursotetut alumiinit	
Luokka	Toimitustila	Luokka	Toimitustila
5083	O, 111, H112, H116, H321	5083	O, H111, H112
5383	O, 111, H116, H321	5383	O, H111, H112
5059	O, 111, H116, H321	5059	112
5086	O, 111, H112, H116	5086	O, H111, H112
5754	O, H111	6005	T5, T6
5456	O, H116, H321	6061	T6
		6082	T5, T6

*Taulukko 23. Valettavat alumiiniseokset ja toimitustilat (Materials, 2014, s. 456).*

Luokka	Kemiallinen koostumus, %	Toimitustila	Luokka	Kemiallinen koostumus, %	Toimitustila
1	Mg 2,0...4,5	Käsittelemätön, Liuotushehkutettu	4	Si 7...11	Käsittelemätön, Liuotushehkutettu
	Si 0,05...1,3			Mg 0,5 (max)	
	Mn 0,05...0,6			Mn 0,15...0,5	
	Al loput			Al loput	
2	Mg 4...6	Käsittelemätön	5	Si 10...13,5	Käsittelemätön, Liuotushehkutettu, Muokkasuhjittettu
	Si 0,5...1,3			Mn 0,5 (max)	
	Mn 0,05...0,5			Al loput	
	Al loput				
3	Mg 9...11,5	Liuotushehkutettu, Muokkasuhjittettu			
	Si 1,3 (max)				
	Mn 0,4 (max)				
	Al loput				

Alumiinien hitsausohje hyväksytetään menetelmäkokeella. Joissakin erikoistapauksissa voidaan hyväksyttämisen tehdä myös standardihitsausohjeeseen perustuen. Taulukossa 24 esitetään menetelmäkokeekappaleelle tehtävät tarkastukset ja tarkastuslaajuudet. (Technical supervision during manufacture of materials, 2013, s. 141.)

Taulukko 24. Alumiinin menetelmäkoekappaleelle tehtävät tarkastukset ja tarkastuslaajuudet (Technical supervision during manufacture of materials, 2013, s. 143-145).

Liitosmuoto	Tarkastustyyppi	Tarkastuslaajuus
Päittäisliitos	Silmämääräinen	100 %
	Radiografia tai ultraääni	100 %
	Tunkeumaneste	100 %
	Vetokoe	4 kpl
	Taivutuskoe	4 kpl
	Makrohie	1 kpl
	Mirkorakenne	1 kpl
T-liitos & kulmaliitos	Silmämääräinen	100 %
	Radiografia tai ultraääni	100 %
	Tunkeumaneste	100 %
	Makrohie	2 kpl
	Mirkorakenne	1 kpl
Putkien pienaliitokset	Silmämääräinen	100 %
	Ultraääni	100 %
	Tunkeumaneste	100 %
	Makrohie	2 kpl
	Mirkorakenne	1 kpl

Hyväksymiskriteerit hitsien rikkoville aineenkoetuksille esitetään luokituslaitoksen ohjeissa Technical Supervision during Manufacture of Materials sivulla 147. Rikkomattomien tarkastusten hyväksymisrajat perustuvat standardiin ISO 10042. Tilauskohtaisesti määritetään tarkoituksenmukainen hitsiluokkavaatimus, mutta vaatimukset ovat yleensä vähintään hitsiluokka C:n mukaisia. (Welding, 2014, s. 530.)

Alumiinirakenteiden suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota, että hitsit sijoitetaan paikkoihin, joissa ne eivät altistu suurille jännityksille. Hitsaamista jalkoasennossa suositellaan aina kun se on mahdollista, eikä hitsikuvun hiomista sallita kuin luokituslaitoksen erikoisluvalla. Mikäli kappaleiden esivalmistelu vaatii silloitushitsausta, täytyy railopinnat puhdistaa silloituksen jälkeen välittömästi ennen lopullista hitsausta. Puhdistus ja harjaus on suoritettava myös palkokerrosten välillä monipalkohitsauksessa. (Welding, 2014, s. 503-504.)

### 5.3.8 Korroosiosuojaus

Korroosiosuojausta koskevat määräykset perustuvat kansainvälisen merenkulun organisaation (IMO) standardeihin (Materials, 2014, s. 461). Standardi MSC.215(82) antaa ohjeet laivan teräsrakenteiden suojaamiselle korroosiota vastaan ja vaatimukset pinnoitusmateriaalille. Standardia suositellaan sovellettavaksi myös kulkuteille, kaiteille, hoitotasaille, tikkaille ja portaille. Pinnoitteen on määrä pysyä hyvässä kunnossa vähintään 15 vuotta käyttökohteessaan. (MSC.215(82), 2006, s. 6.)

Tilaajan, valmistajan ja pinnoitteen valmistajan on yhteistyössä koottava pinnoitusmenetelmästä seloste (CTF), joka esitellään IMO:lle tai sen määräämälle kolmannelle osapuolelle. Selosteesta tulee käydä ilmi pinnoitusmateriaalin valinnan kriteerit, esivalmistelut, pinnoitusmenetelmä sekä tarkastus-, huolto- ja korjausmenettelyt. Pinnoitemateriaalin tulee täyttää standardissa esitetyt vaatimukset, jonka jälkeen IMO voi hyväksyä pinnoitemateriaalin ja maalausjärjestelmän käytön. (MSC.215(82), 2006, s. 3-4, 7.)

Pinnoitusmenetelmän valinta perustuu seuraavien asioiden huomioon ottamiseen (MSC.215(82), 2006, s. 7):

- pinnoitettavan kohteen sijainti suhteessa lämmitettyihin pintoihin
- pinnanlaatuvaatimukset
- vaadittu pinnan puhtaus ja kuivuus
- katodisen suojauksen tarve.

Esivalmisteltujen pintojen puhdistusaste on vähintään luokkaa Sa2½ ja pinnankarheus 30-75 µm. Pinnoitteen riittävä kiinnittyminen tulee varmistaa pyöristämällä terävät kulmat vähintään 2 mm pyöristyssäteellä. Jotta varmistutaan, että pinnoitus vastaa standardin asettamia vaatimuksia, tulee se tarkastaa sertifioitujen tarkastajien toimesta. Pätevät sertifikaatit ovat NACE:n mukainen tason 2 pinnoitustarkastaja, FROSIO:n tason 3 mukainen tarkastaja tai joku muu IMO:n hyväksymä tarkastaja. (MSC.215(82), 2006, s. 9, 11.)

## 6 TUOTTEIDEN VIENTI JA SERTIFIOINTI VENÄJÄLLÄ

Venäjällä useat lait kuten kuluttajansuojalaki, sertifiointilaki ja laki teknisestä säätelystä edellyttävät tuotteiden viranomaistarkastuksia. Tällä lakisääteisellä tuotteiden sertifiointitarpeella taataan markkinoille tulevien tuotteiden turvallisuus kuluttajille ja ympäristölle. Sertifioinnilla varmistetaan, että tuote vastaa sille asetettuja vaatimuksia. Vaatimukset voivat olla kansallisia tai Tulliliiton laatimia. Sertifiointi voidaan toteuttaa Venäjän kansallisen GOST R järjestelmän tai kansallisten teknisten määräysten mukaisesti. Osa tuotteista sertifioidaan kuitenkin Tulliliiton teknisten määräysten mukaan. Tuotteen tullikoodi ja käyttötarkoitus määräävät kulloinkin käytetyn sertifiointitavan ja -tarpeen.

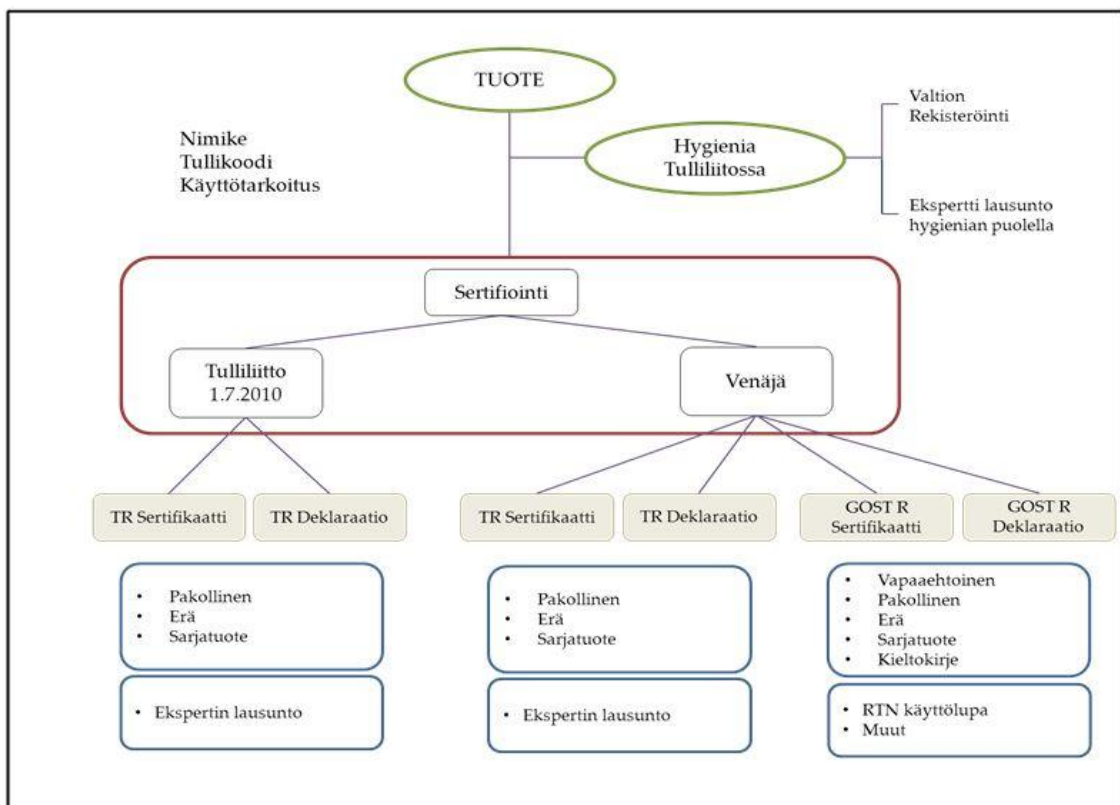
### 6.1 Tulliliitto

Vuonna 2010 astui voimaan tulliliitto Venäjän, Kazakstanin ja Valko-Venäjän välillä. Tulliliitto yhtenäisti näiden kolmen valtion tuontitullit ja pyrki näin edistämään valtioiden välistä taloudellista yhteistyötä. Tulliliiton voimaantulo aiheutti muutoksia myös sertifiointijärjestelmään. Nykyään jäsenvaltioilla on yhteiset tekniset määräykset sekä niiden mukaiset vastaavuussertifikaatit ja deklaraatiot. Yhteiset määräykset kumoavat ja lakkauttavat kansallisia GOST-sertifikaatteja ja -standardeja. Tulliliiton laajeneminen ainakin vielä osaan IVY-maita on todennäköistä. Liiton pyrkimyksenä on yhtenäistää vaatimuksiaan ja standardejaan vastaamaan eurooppalaisia standardeja ja säännöksiä. (Alho et al., 2012, s. 38-39.)

Tulliliitto on laatinut luettelon pakollisesti sertifioitavista tuotteista. Luetteloa päivitetään jatkuvasti ja uudet tekniset määräykset lakkauttavat vaiheittain kansallisia standardeja. Pakollisesti sertifioitavat tuotteet on luetteloitu tullikoodien mukaan. Tällä hetkellä pakollisesti sertifioitavia tuotteita ovat esimerkiksi koneet ja laitteet, rakennusmateriaalit ja pyöräajoneuvot. Luettelosta selviää tarve pakolliselle vastaavuussertifikaatille tai vastaavuusvakuutukselle (deklaraatio). (Alho et al., 2012, s. 41.)

## 6.2 Sertifioinnin polku

Kuvassa 18 esitetään kaavio sertifioinnin kulusta Tulliliitossa ja Venäjällä. Tulliliiton määräykset menevät kansallisten sertifikaattien edelle. Joten jos Tulliliitossa on tehty tekninen määräys koskien kyseessä olevaa tuotetta, niin silloin noudatetaan Tulliliiton määräyksiä. Mikäli Tulliliitossa ei ole mainintaa tuotteesta, silloin noudatetaan kansallista sertifiointia. Tuotteille, jotka eivät vaadi kansallista tai Tulliliiton mukaista sertifiointia, on syytä hakea kieltokirje. Kieltokirje eli vapautuskirje on virallinen dokumentti siitä, ettei tuote vaadi sertifiointia. (Markinvest Oy, 2014.)



**Kuva 18.** Sertifioinnin polku Venäjällä ja Tulliliitossa (Markinvest Oy, 2014).

## 6.3 Tullinimikkeet

Suomessa tullinimikkeet määritetään Euroopan yhteisön yhdistetyn nimikkeistön (CN) mukaisesti. Nimikkeistö perustuu kansainväliseen harmonisoituun järjestelmään (HS). CN-nimikkeistö koostuu 8-numeroisista nimikkeistä, joita käytetään vienti-ilmoituksissa ja tilastoinneissa. Nimikkeistöön tehdään vuosittain muutoksia. Kohdeyhteyden tuotteiden CN-nimikkeistön mukainen tullikoodi on 7308 90 98. Tullikoodin mukainen tavaran kuvaus löytyy kuvasta 19. (Tulli, 2014.)

CN-koodi	Tavaran kuvaus	Sopimustulli (%)	Paljousyksikkö
1	2	3	4
7308	Rakenteet (ei kuitenkaan nimikkeeseen 9406 tehdasvalmisteiset rakennukset) ja rakenteiden osat (esim. sillat ja siltaelementit, sulkuportit, tornit, ristikkomastot, katot, kattorakenteet, ovet, ikkunat, ovenkarmit, ikkunankehykset ja -karmit, kynnykset, ikkunaluukut, portit, kaiteet ja pylvääät), rautaa tai terästä; levyt, tangot, profiilit, putket ja niiden kaltaiset tavarat, rakenteissa käytettäviksi valmistetut, rautaa tai terästä:		
7308 10 00	- sillat ja siltaelementit .....	vapaa	—
7308 20 00	- tornit ja ristikkomastot .....	vapaa	—
7308 30 00	- ovet, ikkunat, ovenkarmit, ikkunankehykset ja -karmit sekä kynnykset .....	vapaa	p/st <sup>(1)</sup>
7308 40 00	- rakennustelineissä, kaivoksissa tai vastaaviin tukemistarkoituksiin käytettävät varusteet	vapaa	—
7308 90	- muut:		
	- - yksinomaan tai pääasiallisesti levyä:		
7308 90 51	- - paneelit, joissa on kaksi profiloitua levyä valmistettua sivua, joiden välissä on eristävä sisus .....	vapaa	—
7308 90 59	- - muut .....	vapaa	—
7308 90 98	- - muut .....	vapaa	—

**Kuva 19.** CN-koodi kohdeyrityksen tuotteille (Euroopan unionin virallinen lehti, 2013, s. 471).

Tulliliiton tullinimikkeet järjestyvät TN VED-nimikkeistön mukaisesti, joka on käytössä jäsenmaissa. Nimikkeet ovat 10-numeroisia. Nimikkeistöä on pyritty yhtenäistämään HS-nimikkeistön kanssa, ainakin kuuden ensimmäisen numeron osalta. Kohdeyrityksen tuotteiden TN VED-nimikkeistön mukainen tullikoodi on 7308 90 990 0. Tavaran kuvaus on käytännössä yhtenevä CN-nimikkeistön kuvaukseen. Koodin kolme viimeistä numeroa eroavat CN-koodista. (Alho, 2014; Alho et al., 2012, s. 21-22; Alta Soft, 2014.)

Tulliliitolla ja Venäjällä on lisäksi käytössään sisäinen tuoteluokitusjärjestelmä OKP. Tämä sisäinen tuotekoodi ottaa tarkemmin huomioon tuotteen käyttötarkoituksen kuin tullinimike. Sertifiointitarpeeseen vaikuttaa erityisesti käyttökohde ja käyttötarkoitus. Näin ollen todellinen sertifiointi tarve määräytyy tuotteen OKP- koodin mukaan. Sisäinen OKP-tietokanta on vain sertifiointilaitosten käytössä. (Alho, 2014.)

#### 6.4 Tulliliiton sertifikaatit

Tulliliiton myöntämä sertifikaatti tarkoittaa, että tuote vastaa Tulliliiton standardeja ja vaatimuksia. Sertifikaatin voi myöntää sertifiointilaitos, joka on Tulliliiton rekisterissä ja toimii vähintään yhdessä liiton jäsenmaassa. Noin 30 % tuotteista vaatii pakollisen

sertifikaatin. Teknisessä määräyksessä on määritelty sertifikaatin voimassaoloaika, joka on korkeintaan 5 vuotta. (Alho et al., 2012, s. 43-44.)

Tulliliiton vastaavuusdeklaraatio on todiste siitä, että tuote vastaa sille asetettuja turvallisuusvaatimuksia. Mikäli valmistaja haluaa todistaa tuotteen laatua, on mahdollista hankkia vapaaehtoinen sertifikaatti vastaavuusdeklaraation lisäksi. Noin 2/3-osaa tuotteista vaativat vastaavuusdeklaraation. Kuvassa 20 esitetään Tulliliiton sertifiointimerkki. (RosEuTest, 2014.)



**Kuva 20.** Tulliliiton sertifiointimerkki (Markinvest Oy, 2014).

Jokaisessa Tulliliiton teknisessä määräyksessä on määritelty omat sertifiointitavat ja kaavat. Yleisesti sertifiointi Tulliliitossa etenee Alho et al. (2012, s. 4.) mukaan seuraavasti:

- sarjatuotesertifiointi: tuotannon auditointi tai laatujärjestelmän sertifikaatti, testaukset tai projektin analyysi
- eräsertifiointi: testaukset tai asiapapereiden analyysi
- deklaraatio: valmistajan tai akkreditoidun laboratorion testaukset, tuotannon auditointidokumentit.

### 6.5 Venäjän sertifikaatit

Venäjällä tuotteen kansallisen sertifikaatin tarve voi perustua GOST R-järjestelmään tai teknisiin määräyksiin (TM). GOST R-järjestelmä käsittää kansallisen GOST R-vastaavuussertifikaatin tai GOST R-vastaavuusvakuutuksen, joiden tarve on määritelty tuotekohtaisesti. Näiden lisäksi sertifiointi voidaan toteuttaa kansallisten teknisten määräysten mukaisesti, joko vastaavuussertifikaatin tai vastaavuusvakuutuksen muodossa. Vuonna 2003 teknistä säätelyä koskevassa laissa Venäjä on määritellyt siirtymäajan, jonka puitteissa tekniset määräykset korvaavat aiemmat GOST R-standardit. Samalla teknistä säätelyä siirretään vaiheittain Tulliliiton alaisuuteen. Kansalliset tekniset määräykset ja standardit kumoutuvat, kun Tulliliiton tekniset määräykset astuvat voimaan. (Alho et al., 2012, s. 49, 54-55.)

### 6.5.1 GOST R-sertifikaatti

GOST R vaatimustenmukaisuussertifikaatti todistaa, että tuote on Venäjän turvallisuussäännösten ja laatustandardien mukainen. Pakollista vaatimustenmukaisuussertifikaattia vaativien tuotteiden luettelo muuttuu jatkuvasti. Sertifikaattia tarvitaan, kun halutaan saada tuote Venäjän markkinoille. Esimerkiksi tullille on esitettävä sertifikaatti tuotteesta. Sertifikaatteja on saatavilla toimituskohtaisesti tai sarjatuotantoon tarkoitettuina. Sarjatuotesertifikaatin saaminen vaatii esimerkiksi ISO 9000 mukaisen laatujärjestelmän sertifiointin. GOST R-sertifikaatti on voimassa 1-3 vuotta ja sen voi myöntää akkreditoitu sertifiointikeskus. (Alho et al., 2012, s. 50-51; RosEuTest, 2014.)

### 6.5.2 GOST R-vastaavuusvakuutus

Vastaavuusvakuutuksen eli deklaraation muodossa todetaan joidenkin tuotteiden vastaavuus GOST R-standardeihin. Tavararyhmistä, joilta vastaavuusvakuutus vaaditaan, on koottu luettelo, jota päivitetään aika-ajoin. Deklaraatiolla valmistaja todistaa tuotteiden turvallisuuden ja laadun olevan GOST R-standardien vaatimalla tasolla. Deklaraatio on voimassa 1-3 vuotta ja sen voi hankkia toimitus- tai tuotekohtaisesti. Vastaavuusvakuutus myönnetään joko valmistajan suorittamien testien pöytäkirjojen ja asiapapereiden perusteella tai sertifiointilaboratorion tekemien testien perustella. (Alho et al., 2012, s. 52.)

### 6.5.3 Vapaaehtoinen GOST R-sertifikaatti

Vapaaehtoista GOST R-sertifikaattia käytetään yleensä markkinoinnin edistämistarkoituksiin. Sen avulla valmistaja todistaa tuotteidensa laadun. Vapaaehtoinen sertifikaatti sisältää samat tiedot kuin pakollinen sertifikaatti. Kun tuotteelle tarvitsee hankkia erikseen käyttöluupa, tarvitaan vapaaehtoinen sertifikaatti, joka näin ollen muuttuukin pakolliseksi. (Alho et al., 2012, s. 53.)

### 6.5.4 TM-vastaavuussertifikaatti

Tuotteet, jotka vaativat pakollista TM-vaatimustenmukaista sertifiointia, on määritelty erikseen. Tuoteluettelo muuttuu jatkuvasti ja sertifiointin tarpeellisuus on syytä tarkistaa aika-ajoin. TM-sertifiointi varmistaa, että tuote on sitä vastaavien teknisten määräysten mukainen. Sertifikaatin voi hankkia eräkohtaisesti tai sarjatuotteille. Yleensä sarjatuotesertifikaatin voimassaoloaika on 1-5 vuotta ja se voidaan myöntää valmistajalle

sekä venäläiselle maahantuojalle tai edustajalle. Eräkohtainen sertifikaatti myönnetään venäläiselle ostajalle. (Alho et al., 2012, s. 55.)

#### 6.5.5 TM-vastaavuusvakuutus

TM-vastaavuusvakuutuksella eli deklaraatiolla hakija vakuuttaa tuotteen olevan sitä koskevan teknisen määräyksen mukainen. Tämän jälkeen akkreditoitu sertifiointilaitos voi hyväksyä ja rekisteröidä deklaraation. TM-deklaraatio voidaan myöntää vain Venäjällä rekisteröidylle yritykselle. (Alho et al., 2012, s. 56.)

#### 6.6 Tullikoodin mukaiset tuontitiedot ja sertifiointitarve

Tuotteen tullikoodin avulla voidaan selvittää tuotteelle asetettuja tuontiehtoja. Tullikoodille 7308 90 990 0 tuontitulli on 11,5 % ja arvonlisävero 18 % (TKS, 2014). Portaita, tikkaita, hoitotasoja, porrastorneja ja kaiteita käsitellään Venäjällä ja Tulliliitossa metallirakenteina, jotka eivät vaadi pakollista sertifiointia. Vapaaehtoisen GOST R-sertifikaatin hankinta on kuitenkin suositeltavaa. Mikäli valmistaja ei aio hankkia vapaaehtoista sertifikaattia, tulee hankkia kielto- eli vapautuskirje tullauksen helpottamiseksi. (Tatarnikov, 2014.)

Vapaaehtoinen GOST R-sertifikaatti on osoitus tuotteen laadusta ja se toimii näin tehokkaana kilpailuetuna markkinoilla. Sertifikaatti lisää tuotteiden uskottavuutta venäläisten asiakkaiden silmissä. Kuvassa 21 on vapaaehtoista GOST R-sertifikaattia esittävä tunnus. Tuotteelle, jolle ei ole pakollista sertifiointitarvetta, ei ole myöskään kansallisiin tai Tulliliiton määräyksiin perustuvia erikoisvaatimuksia. Tuotteiden laatua ja turvallisuutta tutkitaan tässä tapauksessa valmistajan käyttämien tarkoituksenmukaisten turvallisuus-, suunnittelu- ja valmistusstandardien perusteella. (Rustandard, 2014.)



**Kuva 21.** Vapaaehtoisen GOST R-sertifikaatin tunnus (Rostest, 2013).

Vapaaehtoisen GOST R-sertifikaatin voi hankkia joko yksittäiselle toimitukselle tai tuotekohtaiseksi (sarjatuote). Tuotekohtaisen sertifikaatin voimassaoloaika on 1-3 vuotta. Tuotekohtaisessa sertifikaatissa ei ole rajoitettu vientikertoja sertifikaatin voimassaoloaikana. Yksittäinen sertifikaatti on voimassa vain yhdelle toimituserälle. Toimituseräkohtainen sertifikaatti on kannattava, jos toimitukset Venäjälle eivät ole kovin säännöllisiä. Toimituseräkohtaisen sertifikaatin myöntäminen edellyttää, että viejä esittää sopimuksen tai kauppalaskun, josta selviää venäläinen loppuasiakas. Tuotesertifikaatti voidaan puolestaan hankkia ulkomaalaisen valmistajan nimiin. Molemmat sertifikaatit ovat voimassa vain tietylle tuotteelle. Mikäli toimitus koskee useita erilaisia tuotteita, on jokaiselle tuotteelle haettava oma sertifikaatti. (Intertek, 2013.)

Vapaaehtoinen GOST R-sertifikaatti myönnetään sertifiointilaitoksen toimesta seuraavien asiapapereiden pohjalta (Gost Russia, 2014; Sercons Europe, 2014):

- valmistajan tiedot (osoite, puhelinnumero)
- sertifikaattihakemus (osoite, puhelinnumero, johtaja)
- tuotteen nimi, malli, tyyppi
- tuotekuvasto, tekniset tiedot, asennusohjeet, piirustukset, kuvat, tuotteen kuvaus venäjäksi
- aiemmat sertifikaatit (ISO/EN/CE) tai testausraportit
- tullinimike
- sopimus venäläisen maahantuojan kanssa
- kauppalasku venäläisen asiakkaan kanssa.

Kaksi viimeksi mainittua asiapaperia tarvitaan vain, jos sertifikaattia haetaan yhdelle toimitukselle.

Jos tuotteen tulli- tai OKP-koodista johtuen on epäselvää tarvitseeko tuote sertifiointia vai ei, tarvitaan virallinen kieltokirje. Kieltokirjeen lisäksi asiakas usein haluaa varmistuksen tuotteen laadusta, joka voidaan todentaa vapaehtoisella GOST R-sertifikaatilla. Kieltokirjeitä on kahdenlaisia: toinen on osoitettu Tullin johtajalle tullausta varten ja toinen on osoitettu valmistajalle myyntiä varten. Kieltokirjeen myyntiä varten saa akkreditoiduilta sertifiointilaitoksilta. Tullia varten kirjoitetun kieltokirjeen voi hankkia vain neljältä Rosstandardin valtuuttamalta virastolta. Kieltokirjeen hankintaan tarvittavat asiapaperit ovat hakemus, tuotteen kuvaus ja toimituksen asiapaperit. (Alho et al., 2012, s. 53-54.)

Kolmen vuoden vapaaehtoisen tuotekohtaisen sertifikaatin hinta on 500–2000 €. Toimitusaika on noin kaksi viikkoa. Kieltokirje on vapaaehtoista sertifikaattia halvempi ja sen hinta on noin 300 €. Kieltokirjeen toimitusaika on noin yksi viikko. (CQC, 2014; Luukkainen, 2014; Peltonen, 2014.)

## 7 CASE: RITILÄTUOTTEIDEN SOVELTUVUUS ARKTISEEN RAKENTAMISEEN

Tässä osiossa käydään läpi kulku- ja hoitotasoisissa sekä portaissa käytettävien ritilöiden soveltuvuutta kylmiin olosuhteisiin. Osiossa tarkastellaan vaatimuksia, joita sekä käyttöympäristö että käyttökohde ritilätuotteille asettavat. Ritilät kohdeyritys ostaa alihankkijalta. Ritilät muodostavat keskeisen osan kohdeyrityksen rakenteista ja niillä on merkittävä rooli rakenteen toiminnallisuudessa ja visuaalisuudessa. Tämän takia oikean ritilätyyppin valinta korostuu. Ritilöiden lisäksi alumiinirakenteissa yritys käyttää alumiinisia kulkupintaprofiileja.

### 7.1 Käyttöympäristön erityispiirteet ja vaikutukset ritilätuotteisiin

Arktisissa olosuhteissa lumi, jää ja pakkanen asettavat haasteita rakenteiden suunnittelulle. Rakenteisiin kertyvä lumi ja jää aiheuttavat monia ongelmia. Ne lisäävät rakenteiden kuormitusta ja voivat kasvattaa tuulipinta-alaa. Putoava jää voi vahingoittaa sekä ihmisiä että laitteita. Lumi ja jää kasvattavat myös liukastumisriskiä. Jäätä kertyy tuotteiden pinnoille eri muodoissa. Jäätyypistä ja tarkasteltavasta kohteesta riippuu, kuinka haitalliseksi jääpeite arvioidaan. Taulukossa 25 esitetään jään eri esiintymismuodot rakenteissa. (ES ISO 12494, 2012, s. 4-6.)

*Taulukko 25. Jäätyypit arktisella alueella (ES ISO 12494, 2012, s. 6).*

Jää tyyppi	Tiheys [kg/m <sup>3</sup> ]	Kiinnittyminen/tartunta	Väri
Kirkas jää	900	vahva	läpinäkyvä
Märkä lumi	300-600	heikko (muovailtava) vahva (jäätynyt)	valkoinen
Kova huurre	600-900	vahva	läpikuultamaton
Pehmeä huurre	200-600	heikko-keskivahva	valkoinen

Taulukossa esitettyjen jäätyyppien lisäksi alueella voi esiintyä myös kuuraa. Kuuralla on verrattain alhainen tiheys ja lujuus, joten se ei yleensä kasvata rakenteiden kuormituksia. (ES ISO 12494, 2012, s. 9.)

Rakenteen, tuotteen tai yksittäisen osan toimivuus ja turvallisuus riippuvat jäätyypistä ja käyttökohteesta. Esimerkiksi kuuralla ei ole suurta vaikutusta palo- ja pelastuskaluston toimintaan, mutta se voi aiheuttaa liukkaita kulkutasoille ja portaille, mikä voi johtaa liukastumisiin. Taulukkoon 26 on koottu jäätyyppien vaikutus porauslautan eri osiin. Rakenteet on jaoteltu taulukossa turvallisuusluokkiin, jotka ilmaisevat kuinka tärkeä kyseinen komponentti on yleisen turvallisuuden kannalta. Turvallisuusluokitus esitetään asteikolla 1-10, jossa 10 tarkoittaa rakenteita, joiden toimivuus on ensisijaisesti turvattava. Erilaiset jää- ja lumityypit on myös järjestetty taulukkoon niiden aiheuttaman turvallisuusriskin perusteella. Roiskeista aiheutuvaa jäätä pidetään rakenteen kannalta merkityksellisimpänä ja rakeilla on puolestaan vähäisin vaikutus rakenteen toimintaan ja turvallisuuteen.

*Taulukko 26. Jää- ja lumityyppien vaikutukset rakenteiden toimintaan ja turvallisuuteen (Ryerson, 2009, s. 22).*

	Turvallisuusluokitus	Roiskejää	Lumi	Kirkasjää	Hurre	Kuura	Rakeet
Vaaraluokitus		10	8	7	6	4	2
Vakaas/tasapaino	10	100	80				
Palo- ja pelastuskalusto	9	90	72	63	54		
Kommunikaatiolaitteet	8	80	64	56	48	32	
Venttiilit	6	60	48	42	36	24	
Ikkunat	5	50	40	35	30	20	
Portaat (ritilät)	4	40	32	28	24	16	8
Tasot (ritilät)	3	30	24	21	18	12	6
Kaiteet	3	30	24	21	18	12	
Kellarikerros	1	10	8		6		

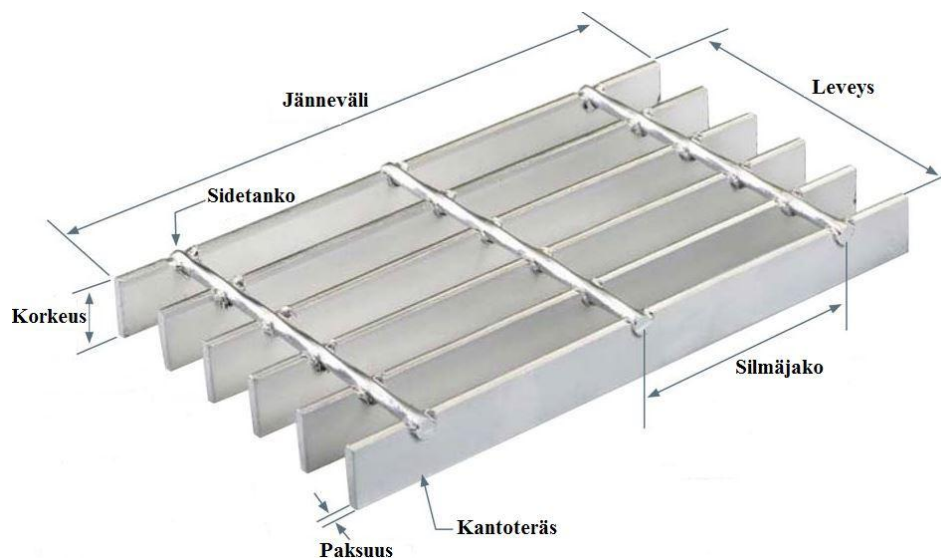
Ritilöillä varustetuilla portailla ja tasoilla on huomattava, että kaikki jään esiintymismuodot haittaavat niiden turvallista käyttöä. Suurimman ongelman muodostaa roiskejää. Roiskejäällä tarkoitetaan esimerkiksi tuulen mukana kappaleen pinnoille kulkeutuvia vesipisaroita, jotka jäätyvät kiinni kappaleen pintaan. Roiskejään aiheuttama suhteellinen turvallisuusriski on portailla 40 ja tasoilla 30 sadan ollessa maksimi. Näin ollen roiskejään aiheuttama turvallisuusriski on ilmeinen.

Koska ritilät asennetaan vaakatasoon altistuvat ne kaikille jään ja lumen esiintymismuodoille. Merkittävin turvallisuusriski on pintojen liukkaus. Ritilöihin

pakkautuva lumi ja jää tekevät pinnoista epätasaisia, mikä lisää liukastumisriskiä. Toinen mahdollinen riski on ritilöiden kantokyvyn menetys, johtuen lumen ja jään massasta sekä kasvaneesta tuulikuormasta. Kuormitus kasvaa kuitenkin harvoin tasolle, jolla ritilät pettäisivät. Ritilöiden kantokykyyn ja liukkauteen voidaan vaikuttaa ritilätyypillä, ritilän mitoilla sekä kokonaisrakenteen suunnittelulla.

## 7.2 Ritilät yleisesti

Ritilät jaetaan valmistustavan mukaan puristehitsattuihin ritilöihin ja puristeritilöihin. Ritilät koostuvat kantoteräksistä ja sidetangoista kuvan 22 mukaisesti. Ritilöihin on saatavilla erilaisia jalkalistoja ja reunateräksiä. Keskeisimmät ritilöiden valintaan vaikuttavat kriteerit ovat kantoterästen korkeus, paksuus ja pituus (jänneväli). Myös silmäkoko eli sidetankojen ja kantoterästen väliin jäävä etäisyys on joissain tapauksissa merkittävä parametri.



**Kuva 22.** Ritilätermi (suomennettu Chaofeng Metal Products, 2014).

## 7.3 Alihankkijat

Kohdeyritys käyttää ritilähankinnoissaan kahta alihankkijaa. Ritilöiden valmistajia ovat saksalaiset Meiser ja Lichtgitter. Molemmat valmistavat ritilöitä rakenneteräksestä, ruostumattomasta teräksestä sekä alumiinista. Molempien valikoimassa on runsaasti sekä puriste- että puristehitsattuja ritilöitä. Tyypillisesti molemmat yritykset toimittavat ritilänsä galvanoituina.

#### 7.4 Materiaalit ja niiden soveltuvuus kylmään ilmastoon

Lichtgitter käyttää puristehitsattuihin ritilöihinsä rakenneteräksiä S235JR ja S355K2. S235JR teräksen iskutkeys on testattu 20 asteessa ja teräksen S355K2 -20 asteessa. Puristeritilöitä on tarjolla myös teräksestä S355J2. Meiser puolestaan käyttää rakenneteräksiä S235JR, S275JR ja S355JR. Näiden kolmen teräksen vähimmäisiskutkeys on 27 J lämpötilassa 20 °C. Lisäksi Meiser tarjoaa säänkestävistä COR-TEN teräksistä valmistettuja ritilöitä. Tässä tapauksessa teräs on S355J2W, jonka iskutkeys on testattu -20 °C. (Meiser, 2014, s. 14; Lichtgitter, 2011, s. 14, 24.)

Molemmat valmistajat käyttävät austeniittisia ruostumattomia teräksiä 304 ja 316Ti. Meiserin käyttämä alumiini on 5000-sarjan alumiini-magnesiumseos AlMg1 F15 (EN AW 5005). Lichtgitter käyttää edellä mainitun alumiiniseoksen lisäksi seosta AlMg3 G22 (EN AW 5754). (Meiser, 2014, s. 14, 126; Lichtgitter, 2011, s. 24.)

Molemmilla ruostumattomilla teräksillä (304 ja 316Ti) on riittävä iskutkeys matalissa alle -40 °C lämpötiloissa (Metalliteollisuuden Keskusliitto, 2001, s. 231). Titaanistabiloitu haponkestävä 316Ti teräslaji säilyttää korroosionkestävyyden myös hitsatussa tilassa. Teräslaji 304 soveltuu vähemmän rasitettuihin teollisuus-, maaseutu- ja kaupunkiympäristöihin. Meri-ilmastoon teräslajia 304 ei kuitenkaan suositella, johtuen teräksen alhaisesta pistekorroosiokestävyyden ekvivalentista (PRE). Pistekorroosion suurin aiheuttaja on kloridipitoiset nesteet, joten korroosion esiintymistodennäköisyys meren läheisyydessä kasvaa. Myös rakokorroosiota voi esiintyä meriolosuhteissa teräksellä 304. Ruostumattomista teräksistä laji 316Ti soveltuu merelliseen ja arktiseen ilmastoon. Mikäli käyttökohde ei altistu kloridipitoisille nesteille, voidaan käyttää myös lajia 304. (Euro Inox, 2006, s. 11, 13, 27, 28.)

Ritilöitä valmistetaan rakenneteräslaaduista JR, J2 ja K2. JR-laadut, joiden iskutkeys on testattu 20 °C lämpötilassa, eivät sovellu käytettäviksi erittäin kylmissä olosuhteissa. JR-laatuojen korkeasta transitiolämpötilasta johtuen haurasmurtumariski on merkittävä kovassa pakkasessa. J2- ja K2-laatuojen iskutkeys on testattu -20 °C lämpötilassa, joista jälkimmäisen vähimmäisiskutkeys on 40 J ja ensimmäisen 27 J. Näitä teräksiä voidaan hyödyntää jo useissa kohteissa, kun ainevahvuudet eivät kasva suuriksi. Esimerkiksi NORSOK sallii J2- ja K2-teräksien käytön laatuluokissa II ja III edellyttäen, että

ainevahvuus on alle 25 mm ja myötölujuus alle 355 MPa (NORSOK M-101, 2011, s. 11). DNV:n mukaan S355J2-terästä voidaan käyttää kaikissa rakennekategorioissa -30°C asti, kun ainevahvuus ei ylitä 10 mm (DNV-OS-C101, 2011, s. 33). RS vaatii lujuusluokan 360 MPa teräksiltä 31 J vähimmäisiskusitkeyttä -20 °C lämpötilassa (Materials, 2014, s. 397). Näin ollen täytyy RS:n valvomisissa kohteissa käyttää teräsluokkaa K2. Ritolat voidaan valmistaa myös lujemmista teräksistä, mutta tilauksen volyyymi täytyy olla silloin riittävän suuri.

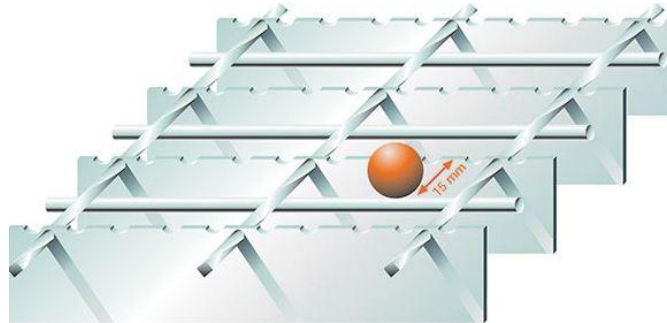
Alumiineilla ei ole haurasmurtumataipumusta matalissa lämpötiloissa johtuen pkk-kiderakenteesta. Valmistajien käyttämät alumiiniseokset EN AW 5005 ja EN AW 5754 soveltuvat molemmat erinomaisesti anodisointiin. Seoksen EN AW 5754 korkeampi 3 % magnesiumseostus takaa hyvän korroosionkeston myös meriolosuhteissa ja kasvattaa alumiinin lujuutta. Seoksella EN AW 5005 on myös kohtalainen korroosionkestävyys meriolosuhteissa ja suolapitoisessa ilmassa. Molemmat seokset ovat hitsattavia. (Teknologiainfo Teknova, 2006, s. 57, 68.)

#### 7.5 Suunnitteluseikkoja ja -vaatimuksia

Standardi ISO 14122-2 antaa suunnitteluohjeita lattiapintojen valintaan. Standardin ohjeistuksen mukaan lattiapinnat on suunniteltava niin, että niille joutuvat nesteet pääsevät valumaan pois. Lisäksi lattiapinnat on suunniteltava niin, ettei niille pääse kertymään likaa, lunta, jäätä tai muita aineita. Kun kulku- ja työskentelytasot sijaitsevat henkilöiden työskentelypaikkojen yläpuolella, saa niissä olla korkeintaan niin suuria aukkoja, että 20 mm kuula ei pääse putoamaan niistä läpi. Mikäli ei ole vaaraa, että putoavat esineet vaarantavat henkilöitä, saavat aukot olla niin suuria, että 35 mm kuula ei putoa niistä läpi. Lattiapinnassa ei sallita aukkoja lainkaan, jos putoavien esineiden aiheuttamaa riskiä pidetään suurempana kuin esimerkiksi kaatumista. (SFS- EN ISO 14122-2, 2010, s. 14.)

Useilla valmistajilla on tarjolla niin kutsuttuja offshore-ritiloita (Lionweld Kennedy, 2014; Meiser, 2014, s. 47; Weland, 2014). Ritilat on valmistettu niin, ettei 15 mm kuula pääse putoamaan niistä läpi. Kuvassa 23 on Meiserin kehittämä offshore-ritilä. Ritilä on puristehitsattu, jonka kantoterästen väliin on hitsattu vielä pyörötangot estämään pienten esineiden tippuminen (Meiser, 2014, s. 47). Tästä 15 mm kuulasäännöstä ei ole mainintaa NORSOK-, DNV- eikä RS-standardeissa, mutta se on yleinen offshore-teollisuudessa.

Asiakas voi haluta näitä ritilöitä käytettäväksi huolimatta ISO-standardien tai luokituslaitosten vaatimuksista.



**Kuva 23.** Puristehitsattu offshore-ritilä (Finnritilä, 2014).

Ritilät ovat laajasti hyödynnetty lattiatyyppi sekä offshore- että arktisessa rakentamisessa. Valtaosassa offshore-teollisuudessa käytävistä kulku- ja hoitotasosta sekä portaista käytetään lattiapintana ritilää. Ritilä päästää nesteet valumaan pois, eikä siihen kasaudu helposti lunta tai jäätä. Ritilöiden laajasta suosiosta voidaan olettaa, että lähes poikkeuksetta liukastumista ja kaatumista pidetään suurempana riskinä kuin pieniä tippuvia esineitä. Kuvassa 24 on esimerkkejä ritilöiden käytöstä arktisessa offshore-teollisuudessa.



**Kuva 24.** Ritiläsovelluksia öljynporauslautalla (PSR, 2014).

NORSOK-standardien ritilävaatimukset ovat yhteneviä ISO 14122-2 kanssa muutamien tarkennuksin. NORSOK M-101-standardin mukaan kompastumisvaaran välttämiseksi

vierekkäisten lattiapintojen korkeusero ei saa olla yli 2 mm. ISO 14122-2-standardissa lattiapintojen sallittu korkeusero on 4 mm. Standardissa NORSOK C-002 vaaditaan ritilöiden käyttöä portaissa ja kulkutasoilla ulkotiloissa. DNV ja RS eivät ota kantaa ritilöiden rakenteeseen. DNV ja RS eivät anna erityismääräyksiä ritilöille, paitsi käytettäessä komposiittimateriaaleista valmistettuja ritilöitä. Komposiittimateriaalista valmistetut ritilät vaativat luokituslaitosten hyväksynnän. Taulukkoon 27 on koottu standardien mukaiset mitoituksessa huomioitavat vähimmäiskuormat. (NORSOK M-101, 2011, s. 56; SFS-EN ISO 14122-2, 2010, s. 14; DNV-OS-C501, 2013, s. 15; Materials, 2014, s. 458.)

*Taulukko 27. Ritilöiden ja tasojen mitoituksessa käytettävät vähimmäiskuormat (NORSOK N-003, 2007, s. 8; DNV-OS-C101, 2011, s. 23; SFS-EN ISO 14122-2, 2010, s. 16; Hull, 2014, s. 98).*

	Vähimmäiskuormat	
	Tasainen kuormitus	Pistemäinen kuormitus
ISO 14122-2	2 kN/m <sup>2</sup>	1,5 kN/(200*200)mm <sup>2</sup>
NORSOK N-003	4 kN/m <sup>2</sup>	4 kN/(100*100)mm <sup>2</sup>
DNV-OS-C101	4 kN/m <sup>2</sup>	4 kN/(100*100)mm <sup>2</sup>
RS	3,5 kN/m <sup>2</sup>	-

#### 7.6 Arktisiin olosuhteisiin ja kohdeyrityksen tuotteisiin soveltuvat ritilät

Kylmissä olosuhteissa ritilöihin kerääntyy lunta ja jäätä. Mikäli ritilöiden altistumista lumelle ja jäälle ei voida estää, täytyy erityishuomiota kiinnittää astinpinnan pitävyyteen. Pito-ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa kantoterästen muotoilulla. Toinen merkittävä tekijä ritilöiden käytettävyydessä on silmäkoko. Mitä pienempi ritilän silmäkoko on, sitä helpommin siihen kerääntyy lunta ja jäätä.

Meiser ja Lihctgitter tarjoavat liukaturvaritilöitä, joissa kantoterästen yläpinta on hammastettu pidon parantamiseksi. Myös sidetangot voivat olla hammastettuja. Liukaturvaritilöiden käyttö onkin suositeltavaa arktisissa olosuhteissa. Huomionarvoista on kuitenkin hammastettujen ritilöiden hieman heikompi kantavuus (Suomen teräsitilä, 2014). Ritilöiden silmäkoko tulisi valita mahdollisimmat suureksi, jotta niihin ei kertyisi likaa, lunta ja jäätä. Kuormitukset, joille ritilät altistuvat kohdeyrityksen rakenteissa, ovat yleensä henkilöliikennettä. Jos vähimmäiskuormana pidetään 4 kN/m<sup>2</sup>, voidaan kantavuus

saavuttaa useilla eri kantoterästen paksuus-korkeus suhteilla. Esimerkiksi 4 mm paksulla ja 35 mm korkealla kantoteräksellä saavutetaan 1000 mm jännevälillä 4,08 kN/m<sup>2</sup> pistekuormituskestävyys S235JR teräksellä (Meiser, 2014, s. 104). Käytettäessä S355J2-terästä saadaan suurempi kantavuus.

Kun ritilöitä käytetään kohdeyrityksen hoitotasorakenteissa, ei niitä tarvitse varustaa erillisellä jalkalistalla, koska hoitotasorakenteessa on jalkalista. Ritilöiden vakioleveys on yleensä 1000 mm, joten ritilöiden kannalta taloudellisinta on mitoittaa hoitotasot niin, ettei ritilöitä tarvitse leikata. Sovitepalojen laskutusleveydet ovat 500 mm ja 1000 mm. Jos ritilä kulkee useamman tukipalkin yli, kannattaa käyttää pitkiä ritilöitä, jolloin taipumat jäävät pienemmiksi ja liitoksia tulee vähemmän. (Suomen teräsrtilä, 2014.)

Molemmat valmistajat tarjoavat teräsrtilöitään kuumasinkittyinä (Meiser, 2014, s. 16; Lichtgitter, 2011, s. 7). Kuumasinkitys toteutetaan standardin ISO 1461 mukaan. Standardissa on annettu taulukon 28 mukaiset vähimmäisarvot sinkkikerroksen paksuudelle. Sinkkikerroksen paksuus yhdessä ympäristöolosuhteiden kanssa ovat verrannollisia pinnoitteen kestoikään. Merivesi on sinkille kuluttava ympäristö, mutta pakkasessa teräs kestää korroosiota paremmin kuin kosteassa ilmastossa (Ylitalo, 2012, s. 4). Kuumasinkityn pinnan voi tarvittaessa vielä maalata. Ritilöiden kuumasinkitys on edullinen ja tehokas korroosionestomenetelmä (Meiser, 2014, s. 15-16).

*Taulukko 28. Sinkkikerroksen paksuus riippuen tuotteen paksuudesta (SFS-EN ISO 1461, 2009, s. 18).*

Tuote ja sen paksuus	Paikallinen kerros- paksuus (vähintään) <sup>a</sup>	Paikallinen pinnoi- temassa (vähintään) <sup>b</sup>	Keskimääräinen kerrospaksuus (vähintään) <sup>c</sup>	Keskimääräinen pinnoitemassa (vähintään) <sup>b</sup>
	µm	g/m <sup>2</sup>	µm	g/m <sup>2</sup>
Teräs > 6 mm	70	505	85	610
Teräs > 3 mm...≤ 6 mm	55	395	70	505
Teräs ≥ 1,5 mm...≤ 3 mm	45	325	55	395
Teräs < 1,5 mm	35	250	45	325
Valut ≥ 6 mm	70	505	80	575
Valut < 6 mm	60	430	70	505

Alumiinisille kulkupintaprofiileille on suositeltavaa tehdä anodisointi korroosiokestävyyden parantamiseksi. Ruostumattomasta teräksestä valmistetut ritilät tulee peitata, jotta hitsien lähellä syntyneeseen kromiköyhään vyöhykkeeseen saadaan

palautettua korroosionkestävyyssominaisuudet. Puristehitsattujen ja puristettujen ritilöiden välillä ei ole merkittäviä eroja ja kuormituskestävyys on lähes identtinen. Puristeritilää voidaan teoriassa pitää kestävämpänä ratkaisuna, koska hitsausliitokset puristehitsatuissa ritilöissä ovat potentiaalisia alku- tai väsymissärön ydintymiskohtia verrattuna ehyeen teräkseen.

## 8 MARKKINAPOTENTIAALI JA LIKETOIMINTAYMPÄRISTÖ ARKTISELLA ALUEELLA

Kappaleessa esitellään sekä Norjan että Venäjän luonnontieteellisesti ja teknologisesti merkittäviä maa- ja merialueita. Lisäksi käsitellään keinoja ja vaatimuksia markkinoille pääsemiseksi. Taulukkoon 29 on koottu Suomen, Ruotsin, Norjan ja Venäjän pohjois-osien investoinnit vuoteen 2020 mennessä. Investoinnit on jaettu teollisuussektoreittain. Neljä eniten investoitua teollisuuden alaa ovat kaivos-, öljy- ja kaasuteollisuus sekä tuulivoima ja logistiikka. Sulkuihin merkityt luvut ovat investointeja, joita suunnitellaan.

*Taulukko 29. Pohjoisen investoinnit maittain ja sektoreittain vuoteen 2020 mennessä (Hahl, 2014).*

Sektori	Yhteensä Mrd €	Suomi	Ruotsi	Norja	Venäjä
Teollisuus	4,663	1,38	0,129	2,205	0,949
Kaivosteollisuus	13,183	3,92	6,719	0,297	2,247
Öljy&kaasu	16,810	-	-	16,81	(20,055)
Ydinvoima	4,0	4,0	-	-	-
Vesivoima	4,601	0,135	1,618	1,958	0,89
Tuulivoima	21,411	3,545	12,876	4,99	-
Bio energia	0,508	0,47	0,038	-	-
Sähköverkot	3,346	0,61	0,5	2,236	-
Kauppa	1,308	0,97	0,338	-	-
Matkailu	2,981	1,494	0,89	0,516	0,081
Kuljetus/logistiikka	14,68	1,831	0,886	3,132	8,831 (11,00)
Julkiset inv.	2,926	0,739	0,263	1,924	-
<b>Yhteensä</b>	<b>90,417</b>	<b>19,1</b>	<b>24,257</b>	<b>34,068</b>	<b>12,998 (44,063)</b>

### 8.1 Norjan markkina-alueet

Kuvassa 25 esitetään Pohjois-Norjan kolme markkina-alueita, Nordlandin, Finnmarkin ja Tromssan läänit. Pohjois-Norjassa on useita tärkeitä satamia, joiden kehittäminen vaikuttaa tulevaisuudessa koko maailman logistiikkavirtaan. Tässä kehityksessä myös Suomella on merkittävä rooli, mikäli rautatieyhteydet rakennetaan Suomen kautta Itämerelle. Tärkeitä satamia ovat esimerkiksi Kirkkoniemi (Kirkenes), Hammerfest, Havøysund, Honningsvåg, Kjøllerfjord, Mehamn, Berlevåg, Båtsfjord, Vuoreija ja Vesisaari.



**Kuva 25.** Pohjois-Norjan markkina-alueet (Barents secretariat, 2013).

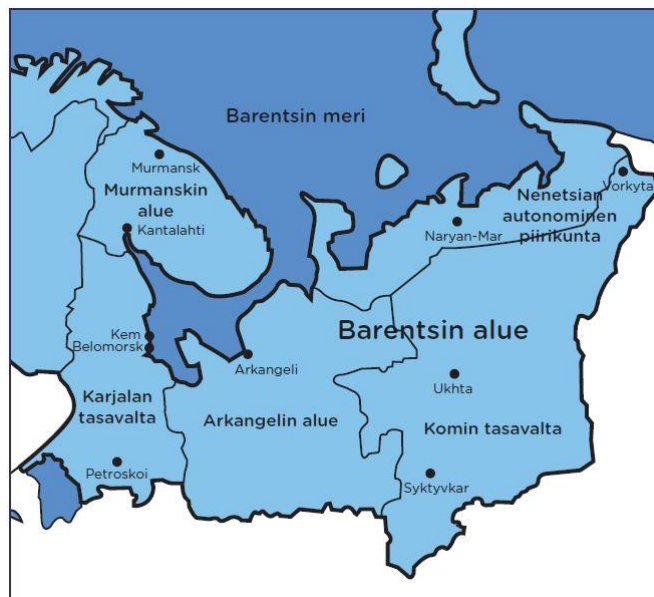
Finnmark on Norjan pohjoisin lääni ja sillä on merkittävä rooli kansainvälisessä politiikassa Barentsin alueella. Finnmark on tehnyt yhteistyötä Murmanskin ja Arkangelin alueiden kanssa. Finnmarkissa kalatalous on merkittävää liiketoimintaa. Alueella sijaitsee myös Snøhvitin maakaasukenttä, joka aloitti tuotannon vuonna 2007. Snøhvitin kenttä on tällä hetkellä ainoa kaupallisessa käytössä oleva kaasukenttä pohjoisessa. Goliatin kenttä Snøhvitin luoteispuolella on vielä kehitysvaiheessa. Noin 200 kilometrin päässä Hammerfestistä on lisäksi löydetty suuri Skrugardin kenttä, jonka tuotantoajaksi arvioidaan jopa yli 30 vuotta. Esiintymien hyödyntäminen johtaa investointeihin myös rannikolla ja sisämaassa. Mineraalituotantoa Finnmarkissa on kehitetty Norjan valtion turvin. Tuulivoima-, huoltosatama-, sähköverkko- sekä öljy- ja kaasuterminaalihankkeet ovat Hammerfestin alueen tulevia investointeja. Hammerfestin kaupungin arvio investointitarpeista vuoteen 2030 mennessä on 18 miljardia euroa. Tällä hetkellä Hammerfestissä sijaitsee ainoa arktisissa olosuhteissa oleva LNG-laitos. (Barents Euro-Arctic Council, 2014; Pohjoiskalotin neuvosto, 2011; Kervinen, 2014; Hahl, 2014.)

Tromssan alueella tulevaisuuden suurimmat investointihankkeet liittyvät öljy- ja meriteollisuuteen, rakentamiseen ja infrastruktuurin kehittämiseen. Erilaiset rakennushankkeet kuten koulujen, asuintalojen, teollisuushallien, hotellien ja kauppakeskusten investointihankkeet lisääntyvät alueen vaurastumisen myötä. Kalastus säilyttää edelleen asemansa tärkeänä liiketoimintana. Muita kasvusektoreita ovat esimerkiksi turismi ja kylmäteknologia. Alueen logistiikkaverkostoa pyritään kehittämään niin, että Tromssan kaupungista muodostuu tehokas liikenteen solmukohta. Vuosien 2014–2017 Tromssan investoinnit ovat arviolta 68 miljoonaa euroa. (BusinessOulu, 2013.)

Nordlandia pidetään Pohjois-Norjan talouden keskuksena. Nordlandin alueella toimii lähes 20 eri teollisuuden alaa. Tärkeimpiä kaupan ja teollisuudenaloja ovat kalatalous, metallurgia, maanviljely, metsäteollisuus, turismi sekä sementti- ja lannoiteteollisuus. Öljy- ja kaasuteollisuuteen kohdistetaan paljon odotuksia, sillä alueelta on löydetty useita kenttiä, mutta niitä ei ole vielä otettu käyttöön. (Barents Euro-Arctic Council, 2014.)

## 8.2 Venäjän markkina-alueet

Venäjän markkina-alueista esitellään Barentsin alue. Barentsin alue koostuu viidestä osasta, joista kullakin on omat intressinsä teknologian tarpeille ja alueen kehittämishankkeille. Kuvassa 26 on kartta Barentsin alueen jaottelusta.



**Kuva 26.** Barentsin alueen jaottelu (Gardin et al., 2009, s. 9).

Vuonna 2012 Murmanskin alueella asui noin 788 000 asukasta, joista 90 % kaupungeissa. Alueella sijaitsee yksi Venäjän suurimmista jäävapaista satamista Barentsin merelle eli Murmanskin satama. Toinen merkittävä satama on Kantalahden satama Viennanmerellä. Alueen tärkein projekti on Shtokmanin kaasukentän kehittäminen ja käyttöönotto. Kaasukenttä sijaitsee merellä noin 600 km päässä Murmanskin kaupungista. Kaasukentän hyödyntämisoikeudet ovat venäläisellä Gazpromilla, joka perusti kentän rakentamista varten yhtiön yhdessä ranskalaisen Totalin ja norjalaisen Statoilin kanssa vuonna 2008. Kentän käyttöönotto on kuitenkin lykkääntynyt norjalaisen Statoilin vetäytyttyä hankkeesta. Alueen investointien arvon arvioidaan olevan 50 miljardia euroa, jonka lisäksi

muita merkittäviä hankkeita kenttään liittyen on esimerkiksi Teriberkan kaasusataman kehittäminen. Alueen muita tärkeitä teollisuustoimintoja ovat kaivos-, energia- ja metalliteollisuus. (Suomen suurlähetystö, 2012; Gardin et al., 2009, s. 10, 34, 37.)

Murmanskin alue on Venäjän potentiaalisimpia arktisia alueita suomalaisten yritysten kannalta. Useat länsimaalaiset yhtiöt toimivat jo alueella, joka helpottaa yhteistyökumppaneiden hankkimista. Lisäksi sijainti Suomen rajan läheisyydessä helpottaa alueelle pääsyä verrattuna muihin Barentsin alueisiin. Murmanskin satama on Pietarin sataman jälkeen tärkein läntisen Venäjän satamista ja sen liikennöinti tulee lähivuosina kasvamaan. Liikennöinnin kasvu tuo mukanaan sataman, infran ja teiden kehityshankkeita. (Gardin et al., 2009, s. 17-18.)

Komin alueen teollisuus on keskittynyt öljyn, kaasun ja hiilen tuotantoon. Energian tuotanto kattaakin noin 70 % alueen teollisuudesta. Toinen tärkeä teollisuudenala on metsäteollisuus, jonka pääpaino on sahatavaran, sellun ja paperin tuotanto. Myös kaivostoiminta on vakiinnuttanut paikkansa teollisuuskentässä. Komin alueella toimii hyvin vähän Pohjoismaalaisia yrityksiä. Alueen suurimmat investointihankkeet liittyvät logistiikan ja infrastruktuurin kehittämiseen. Kehittynyt metsäteollisuus voi tarjota vientimahdollisuuksia myös suomalaiselle teknologialle. Öljy- ja kaasuteollisuuden suurin toimija alueella on Lukoil, joka on satsannut suuria summia alueen esiintymiin ja infrastruktuurin kehitykseen. (Gardin et al., 2009, s. 12, 19.)

Arkangelin alueen tärkein teollisuudenala on metsäteollisuus ja sen ympärille rakentunut puunjalostusteollisuus. Koneenrakennus on myös merkittävä toimiala Arkangelin alueella. Laivanrakennus ja laitteiden valmistus arktisten alueiden teollisuutta varten ovat keskeisiä osaamisalueita. Arkangelin lääni ja Norja ovat pyrkineet kehittämään yhteistyötään puolin ja toisin. (Siuruainen, 2010, s. 93, 96.)

Nenetsian autonomisen piirikunnan merkittävin toimiala on öljy- ja kaasuteollisuus. Alue on vaikeasti saavutettavissa ja puutteet infrastruktuurissa yhdessä ilmasto-olosuhteiden kanssa hankaloittavat luonnonvarojen hyödyntämistä. Alue on lisätty Venäjän rautatieliikenteen kehittämisstrategiaan, jonka seurauksena vuoteen 2030 mennessä alueen läpi Jäämerelle tullaan rakentamaan kaksi rautatietä. Tällä hetkellä alue on parhaiten

saavutettavissa ilmaitse. Nenetsian autonomisen piirikunnan alueella elää paljon alkuperäiskansoja, joiden aseman säilyttäminen sekä elinkeinojen harjoittaminen on pyritty turvaamaan. Tästä johtuen suuret öljy-yhtiöt ovat investoineet esimerkiksi alueen kouluihin, asuntoihin ja sairaaloihin. (Gardin et al., 2009, s. 14; Siuruainen, 2010, s. 105.)

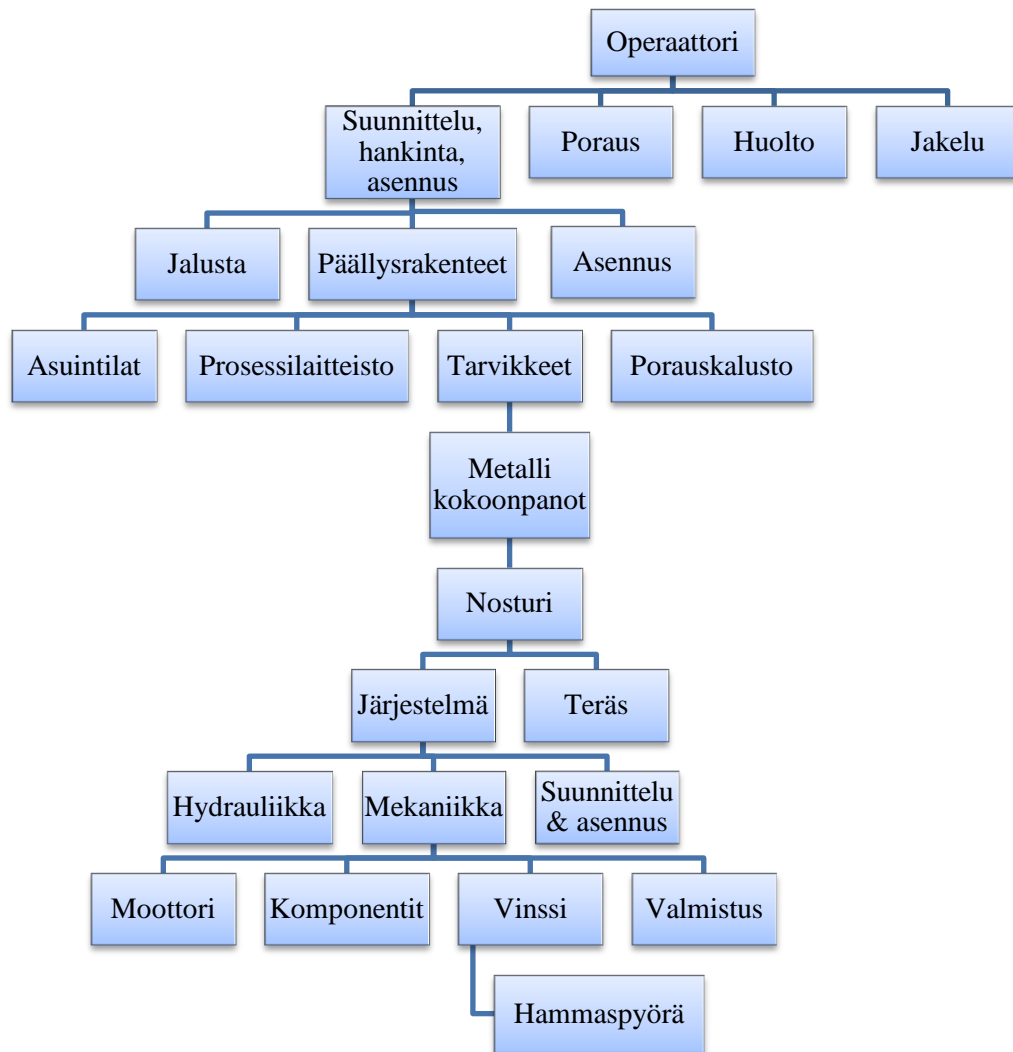
Karjalan tasavallan alueella tuotetaan neljännes koko Venäjän paperista. Metsäteollisuus onkin alueen merkittävin teollisuuden ala. Karjalan alueelta on verrattain hyvät liikenneyhteydet muualle Venäjään. Alueen kehittyminen on riippuvainen juuri liikenneyhteyksistä ja niiden kehittämistä myös tulevaisuudessa. Suomalaisia yrityksiä toimii alueella jo paljon, mikä nopeuttaa uusien yritysten toiminnan kehittymistä. (Gardin et al., 2009, s. 14, 19.)

### 8.3 Markkinapotentiaali ja liiketoimintaympäristön erityispiirteet Norjassa

Norja ei kuulu Euroopan unioniin, mutta se on kuitenkin jäsenenä Euroopan talousalueessa (ETA), mikä tiivistää EU:n ja Norjan välistä yhteistyötä. ETA-sopimuksen myötä Norjalla on pääsy EU-alueen yhteisille markkinoille. Suurin osa Norjan viennistä kohdistuu EU-alueelle. Norja noudattaa ETA-sopimuksesta johtuen suurta määrää EU-lainsäädäntöä, mutta oikeusjärjestelmä ja sopimusoikeudet eroavat EU:n vastaavista. (Suomen suurlähetystö, 2014; Hatanpää, 2014.)

Suomalaisten yritysten tulisi esimerkiksi luoda konsortioita tai muodostaa jopa teollisuusklustereita. Niiden avulla kilpailukykyä voidaan kasvattaa markkinoilla, joilla hankkeet ovat suuria. Lisäksi yritysten tulisi hyödyntää erityisesti ruotsin kielen taitojaan, joka on kilpailuetu Norjan markkinoilla verrattaessa etenkin aasialaisiin kilpailijoihin. Suomessa Norjan suuntaan aktiivisimmat yritykset sijaitsevat pohjoisessa, mutta Norjan markkinat ovat saavutettavissa myös eteläisestä Suomesta. (Hatanpää, 2014; Hahl, 2014.)

Isot hankkeet on ymmärrettävä monitasoisena arvoketjuna, jossa yrityksen on ensin löydettävä oma paikkansa ja sitä kautta oma asiakaskuntansa. Kuvassa 27 on esimerkki siitä, kuinka suuret hankkeet jakautuvat pienempiin osiin. Etenkin alemmat tasot ovat saavutettavissa myös pienemmillä yrityksillä. (Dannström, 2014.)



**Kuva 27.** Esimerkki hammaspyörätoimittajan arvoketjusta öljynporaushankkeessa (muokattu Dannström, 2014).

Norjan markkinoille pääsulle ei ole suuria esteitä, mutta öljy- ja kaasumarkkinat asettavat omia haasteitaan. Huolellinen valmistautuminen on tärkeää. Erityistä huomiota tulee kiinnittää HSE-asioiden (Health, Safety & Enviroment) hallintaan. Muita keskeisiä asioita ovat NORSOK-vaatimusten tunteminen, valmistusmateriaalien laatu, dokumentaatio-vaatimukset sekä rekisteröityminen Achilles-toimittajarekisteriin. Asiakkaan toimintatapojen tunteminen, kuten heidän laadunvalvontatoimintojen tunteminen helpottaa sekä asiakasta että toimittajaa. Viime vuosina Norjan offshore-hankkeiden suurimmat alihankkijat ovat tulleet Aasiasta. Telakoilla ja suunnitteluyrityksillä on käytössään AVL-lista yrityksistä, jotka täyttävät öljy-yhtiön vaatimukset esimerkiksi laadusta ja turvallisuudesta. Varmin keino saada tarjouspyyntöjä on olla öljy-yhtiön AVL-listalla.

Suomalaiset yritykset voivat kilpailla keskittymällä toimituskykyyn ja -varmuuteen, sääntöjen ja määräysten ymmärtämiseen, sekä materiaali- ja dokumentointiosaamiseen. (Dannström, 2014.)

Parhaiten kontakteja norjalaisiin yrityksiin saa osallistumalla esimerkiksi suuriin öljy- ja kaasualan tapahtumiin paikanpäällä. Norjalaiset haluavat tavata kasvotusten ja luoda luottamukselliset välit toimittajan kanssa. Norjalaiset hakevat yhteistyötä ja suomalaisilla toimittajilla on hyvä maine Norjassa, mutta täytyy muistaa, etteivät suomalaiset ole ainoita tarjoajia. Parhaiten toimivat tarjoukset, joilla katetaan joku selkeä tarve tai tehostetaan nykyistä toimintaa. Suomalaisyritysten välisellä yhteistyöllä on mahdollista tarjota isompia kokonaisuuksia ja tarjota laaja-alaisempaa osaamista, jonka turvin markkinoille pääsy helpottuu. (Mäkikyrö, 2014.)

Jotta markkinoilla menestyy, on tunnistettava oma kilpailu- tai markkinointietu. Suomalaisilla yrityksillä on tyypillisesti tehokas tuotanto ja vahva tuotekohtainen osaaminen. Asiantuntijapalveluiden hyödyntäminen on hyvä vaihtoehto, kun kartoitetaan markkinoita eikä kielitaito ole vaadittavalla tasolla. Yksi keino päästä urakoihin mukaan on selvittää yrityksiä, jotka ovat voittaneet edellisiä tarjouskilpailuja, kontaktoida heitä ja tarjota aliurakoita. Tarjous tehdään samoin periaattein kuin Suomessakin. Huomiota on kuitenkin kiinnitettävä esimerkiksi valuuttaan, sillä kiinteitä hintoja sovittaessa voi valuuttakurssien erot laskea katetta. (Passoja, 2014.)

#### 8.4 Markkinapotentiaali ja liiketoimintaympäristön erityispiirteet Venäjällä

Pienten ja keskisuurten yritysten pääseminen Venäjän markkinoille on ollut selvästi suuria yrityksiä hitaampaa. Suurten yritysten resurssit tarjoavat mahdollisuuden siirtyä Venäjän markkinoille, koska niillä on pk-yrityksiin verrattuna parempi riskinotto-kyky ja yleensä myös kattavampi Venäjän tuntemus, joka on perusedellytys liiketoiminnan laajentamiseen. Pohjois-Pohjanmaan Yrittäjien 2010 tekemässä kansainvälistymiskyselyssä suurimpina kansainvälistymisen esteinä yritykset kokivat rahoituksen, yrityksen pienuuden sekä yhteistyökumppanien puutteen. Kyselyn perusteella kansainvälistyneet yritykset toimivat usein vientirenkaissa ja markkinointiyhteistyöverkostoissa. (Siuruainen, 2010, s. 8, 24, 28.) Pidemmälle viety yritysten välinen yhteistyö tarjoaakin mahdollisuuden kansainvälisen kaupan kasvattamiselle Barentsin alueella (Nilsen et al., 2009, s. 4). Yksin toimivat

yrietykset ovat usein liian pieniä hankkeiden kokoon ja riskeihin nähden (Siuruainen, 2010, s. 129).

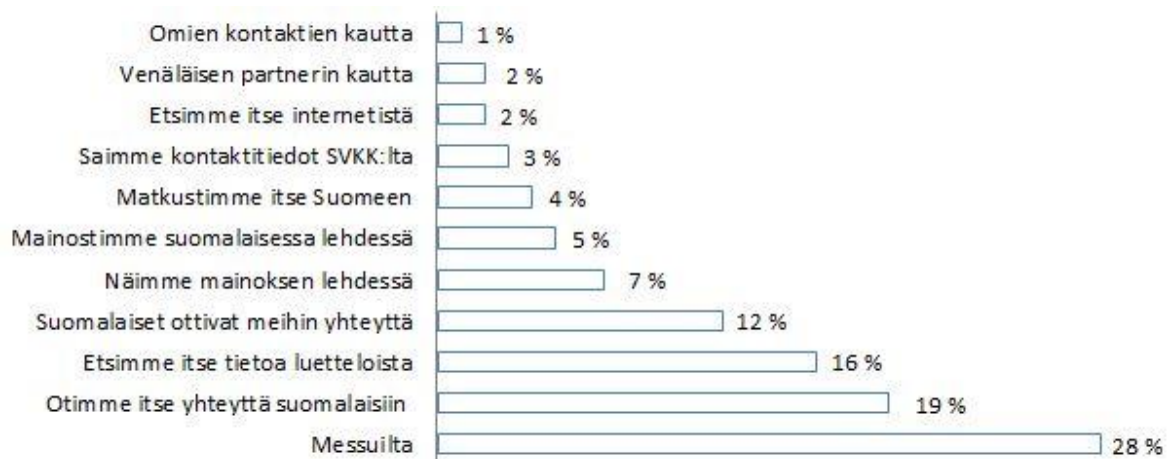
Venäjän kaupanesteitä pidetään kansainvälisissä vertailuissa edelleen suurina, johtuen esimerkiksi monimutkaisesta byrokratiasta ja korruptiosta. Muita haasteita ovat esimerkiksi tullausmenettelyt ja tullauksen hitaus, tuotteiden sertifiointi, investointeihin ja yritystoimintaan liittyvä byrokratia, infrastruktuurin puutteet, venäläisten yritysten suosinta julkisissa hankinnoissa sekä työlupa- ja viisumikäytännöt. (Siuruainen, 2010, s. 24.) Suomen ulkoasianministeriön teettämässä tutkimuksessa (Vuola et al., 2009, s. 15-16.) suomalaisyritysten kohtaamat suurimmat kaupanesteet Venäjälle viennissä koostuivat tullauksesta ja teknisistä kaupanesteistä. Tullauksella tarkoitetaan tässä tapauksessa tullimenettelyitä ja korkeita tullitariffeja. Teknisillä kaupanesteillä tarkoitetaan teknisiä määräyksiä, standardeja sekä sertifikaatteja.

Suomalais-Venäläinen kauppakamari teetti venäläisille yritysjohtajille, markkinatutkimuksen (Tiri, 2008), jossa selvitettiin esimerkiksi teollisuusaloittain tärkeimpiä kauppakumppaneita ja yhteistyötä suomalaisten kanssa. Tutkimuksessa haastateltiin yhteensä 981 yritystä, joista alle 500 työntekijän pk-yrityksiä oli 581 kappaletta. Loput 400 yritystä olivat suuryrityksiä.

Tutkimuksen mukaan pk-yritysten keskuudessa suomalaisten kanssa eniten kauppaa käyvät moskovalaiset, pietarilaiset ja luoteisvenäläiset yritykset. Toimialakohtaisesti esimerkiksi puunjalostus-, metsä-, koneenrakennus- ja kemian teollisuus ovat aktiivisia kaupankävijöitä. Yritysten keskuudessa halutuin yhteistyön muoto oli tuonti Suomesta. Suomen kanssa kauppaa käyvistä venäläisistä suuryrityksistä suurin osa sijaitsee Pietarissa ja Luoteis-Venäjällä. Yhteistyössä suomalaisten kanssa on esimerkiksi koneenrakennus, kemian teollisuus, elintarvike- ja kulutusteollisuus, rakennus ja laitevalmistus. Tuonti on suosituin yhteistyön muoto. Haastatelluista suuryrityksistä alihankintaa Suomesta haluaa lähes 40 %. Keskeisimmät edellytykset yhteistyön käynnistämiseksi ovat yritysjohtajan mielestä ammattitaito, tuotannon laatu, korkean teknologian käyttö, tuotannon nopeus ja sujuvuus, hinta-laatu suhde ja venäläisen toimialan tuntemus. (Tiri, 2008, s. 35-36.)

Haastateltujen suuryritysten ja pk-yritysten kiinnostavimmat yhteistyökumppanimaat erosivat hieman toisistaan, mutta Suomi nousi molemmilla listoilla halutuimmaksi kauppakumppaniksi. Kaikki suuryritykset olivat kiinnostuneita yhteistyöstä suomalaisten yritysten kanssa. Taulukkoon 30 on listattu kontaktointitapoja, joilla venäläiset ovat löytäneet parhaiten yhteistyökumppaneita. Messut erottuvat listauksesta selvästi hyvänä paikkana yhteistyökumppanien löytämiseen. (Tiri, 2008, s. 60.)

*Taulukko 30. Kontaktitavat, joilla venäläiset löytävät suomalaisia yhteistyökumppaneita (muokattu Tiri, 2008, s. 66).*



Tirin (2008, s. 62, 69.) selvityksen mukaan suurimmat syyt kaupankäyntiin suomalaisten kanssa olivat palvelun ja tuotteiden laatu, luotettavuus, maantieteellinen läheisyys, kysyntä ja sopivat hinnat. Kaupankäynnin edistämiseksi venäläiset yritysjohtajat näkevät ensisijaiseksi keinoiksi hintapolitiikan ja sopimusehtojen sekä toimitusaikojen noudattamisen. Lisäksi suomalaisten omaa aktiivisuutta korostetaan. Tällä tarkoitetaan, että suomalaisten tulee olla enemmän yhteydessä venäläisiin ja tehdä tarjouksia. Vastaus- ja prosessiaikoja halutaan lyhyemmiksi ja suomalaisilta toivotaan yleensäkin nopeampaa reagoitua. Mainontaa pidetään edelleen tärkeänä osana kaupankäynnin edistämistä. Venäläiset arvostavat myös vastavuoroisuutta, jossa suomalaiset ostavat palveluita ja tuotteita venäläisiltä. Vastavuoroisuus voisi venäläisten mielestä johtaa edullisimpiin hintoihin.

Venäjän markkinoille siirtymiseen on valmistauduttava huolellisesti. Kohdemarkkinoiden erityispiirteet on tunnettava. Lisäksi on osattava arvioida oman yrityksen valmiudet.

Venäjällä kaikki sopimukset on hyvä tehdä paperille, eikä suullisiin sopimuksiin kannata liikaa luottaa. Yhteistyökumppanin tausta on syytä selvittää ennen sopimuksen tekoa. Pelkällä englannin kielellä ei Venäjällä pärjää. Markkinointimateriaalit ja sopimukset on tehtävä venäjäksi. Viranomaiset vaativat erilaisia lupia ja sertifikaatteja, jotka on syytä myös hankkia. Viranomaiset valvovat vaatimuksiaan ja tulli- sekä lupakäytännöt muuttumat jatkuvasti, joten aika-ajoin on hyvä tarkistaa oman tuotteen vaatimukset. (SVKK, 2013.)

Isojen projektien käynnistäminen Venäjällä on hidasta suurista suunnitelmista huolimatta. Suurimmat ongelmat projekteissa liittyvät rahoitukseen. Venäjän valtio tukee modernisaatio-ohjelmaan liittyviä hankkeita. Isot projektit, kuten Murmanskin sataman uudistaminen ja Stohkmanin kaasukenttä kuuluvat strategiaan investointiprojekteihin, joihin ulkomaisten yritysten on hankala päästä mukaan. Suomalaisten yritysten intressit kannattaa kohdistaa perusasioihin, kuten rakentamiseen ja perusinfrastruktuurin luomiseen. Pk-yritysten tulee selvittää mitä venäläiset todella tarvitsevat ja mitä heidän on pakko tehdä, koska tämän kaltaisilla projekteilla on valtioneuvokset ja ne sisältyvät usein modernisaatio-ohjelmaan. (Heinonen, 2011, s. 86-89.)

Jotta pk-yritykset voisivat osallistua isoihin projekteihin Venäjällä, tulee niiden luoda hyvä brändi ja maine. Hyvien ystävyyssuhteiden vaaliminen on tärkeää venäläisille. Erilaiset suhdeverkostot ja sosiaalinen media toimivat Venäjällä tehokkaina markkinointikanavina (Heinonen, 2011, s. 89-90). Liiketoimintamahdollisuuksia ja markkinoita kartoitettaessa asiantuntija-avun käyttö on suositeltavaa. Venäjän markkinoihin perehtyneitä asiantuntijaorganisaatioita ovat esimerkiksi Finpro, SVKK, MEK, IIF, Tekes, Team Finland, Barentskeskus Finland Oy, FINTRA ja Finnvera.

## 9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kohdeyrityksen tuotteet vastaavat NORSOK-, DNV- ja RS-standardien määräyksiä ilman suuria rakenteellisia muutoksia. NORSOK-standardien mukaan kulkutiet ja suojakaiteet koneille ja laitteille suunnitellaan standardin ISO 14122 mukaisesti. Muut kulkutiet suunnitellaan standardia hieman soveltaen. Näin ollen NORSOK-vaatimukset rakenteiden osalta yritys voi saavuttaa melko pienillä muutoksilla. Kaiteiden osalta merkittävin muutos on, että ne vaativat yleensä kaksi välijohdetta. NORSOK vaatii tuotteilta lisäksi CE-merkinnän. Kohdeyritys on sertifioitu standardin EN 1090 mukaisesti, joten CE-merkintä ei aiheuta lisävaatimuksia.

DNV ei anna yksityiskohtaisia suunnitteluohjeita kohdeyrityksen tuotteille, vähimmäiskuormia lukuun ottamatta. RS-standardeissa otetaan kantaa portaiden, tikkaiden ja kulkutasojen vähimmäiskuormiin ja dimensioihin. Molemmat standardit kuitenkin asettavat vaatimuksia käytettäville materiaaleille. DNV- ja NORSOK-standardit ovat laadittu samaan tapaan kuin ISO- ja EN-standardit. EN- ja ISO-standardeihin tottunut suunnittelija ymmärtää helposti DNV:tä ja NORSOKia. RS-standardit poikkeavat esitystavaltaan ja sisällöltään paljon kansainvälisistä standardeista. Lisäksi niissä on viittauksia venäläisiin standardeihin ja erilaisiin pätevyksiin. Hitsauksen osalta RS-standardit sisältävät kuitenkin viittauksia EN-standardeihin. DNV- ja NORSOK-standardeissa käytetään kuitenkin selvästi enemmän kansainvälisiä standardeja hyödyksi. Taulukkoon 31 on koottu yhteenveto standardien asettamista vaatimuksista tuotteille ja tuotannolle.

Taulukko 31. Yhteenvedo NOROK-, DNV-, RS- ja EN ISO 1090 standardeista.

	EN ISO 1090	NORSOK	DNV	RMRS
Laadunvalvonta (FPC)	Vaadtaan	Vaadtaan	Vaadtaan	Vaadtaan
ISO 9001	Ei vaadita (suositeltava)	Ei mainittua	Vaadtaan	Vaadtaan
EN ISO 3834	Ei vaadita (suositeltava)	Vaadtaan	Vaadtaan	Ei vaadita
Rakenteiden huokittelu	Toteutusluokat EXC1...EXC4	Suunnitteluluokat DC1...DC5	Rakennekategoriat 3 kpl	Ei mainittua
Käytettävät teräksiset (ilman lisävaatimuksia)	Rakenneteräksset: ≤ 690 MPa RST: Aust., Duplex, Fer.	Rakenneteräksset: ≤ 500 MPa RST: Aust., Duplex	Rakenneteräksset: ≤ 690 MPa RST: Aust., Duplex	Rakenneteräksset: ≤ 690 MPa RST: Aust., Duplex, Mart., Fer.
Alumiinit	3000-, 5000-, 6000-, 7000- ja 8000-sarjat	5000- ja 6000-sarjat	5000- ja 6000-sarjat	5000- ja 6000-sarjat
Jäljitettävyyys	Kyllä (osittainen)	Kyllä (osittainen)	Kyllä	Kyllä
Hitsausmenetelmien hyväksyminen	Menetelmäkoee Esituotannollinen koe Standardimenetelmä Alkaisempi kokemus Testatut lisäaineet	Menetelmäkoee	Menetelmäkoee Muiden hyväksytyjen hitausohjeiden perusteella	Menetelmäkoee Esituotannollinen koe Standardimenetelmä
Hitsaajien pätevyys	EN 287-1, ISO 9606	EN 287-1, ISO 9606	EN 287-1, ISO 9606	RS:n oma pätevyyskoe, tapauskohtaisesti EN 287-1 / ISO 9016
Hitsauskoordinaatit	IWT/IWS	IWE/IWT	IWE/IWT/IWS	IWE tai muu vastaava
NDT-tarkastajien pätevyys	EN 473 / ISO 9712	EN 473 / ISO 9712	ISO 9712 / SNT-TC-1A / ACCP	ISO 9712
Hyväksymiskriteerit	EN ISO 5817 Yleensä hitsiluokka C	Omat kriteerit tarkastusluokkien A, B, C, D ja E mukaan	EN ISO 5817 Hitsiluokka B, ellei toisin sovita	EN ISO 5817 Yleensä hitsiluokka C
Suunnitteluh:				
Portaat	Ei rajoita	Rajoittaa	Rajoittaa	Rajoittaa
Tikkaat	Ei rajoita	Ei mainittua	Rajoittaa	Rajoittaa
Hoitotasot	Ei rajoita	Rajoittaa	Rajoittaa	Rajoittaa
Kaiteet	Ei rajoita	Rajoittaa	Rajoittaa	Rajoittaa

Rakenteellisia muutoksia suuremmat muutokset koskevat hitsaustuotantoa ja valmistuksen dokumentaatioita. Kaikki kolme organisaatiota vaativat laadunvalvontajärjestelmän, jonka avulla tuotantoa seurataan ja laatuvirheisiin puututaan. Kaikilta rakenteilta ja materiaaleilta vaaditaan ainakin osittainen jäljitettävyyys. Tämä lisää tarvittavan dokumentaation määrää. Hitsaus tulee suorittaa pätevyiden hitsaajien ja hyväksytyjen hitsausohjeiden avulla. Hitsausohje hyväksytetään lähes aina menetelmäkokeella. Standardien vaatimat hitsien NDT-tarkastuslaajuudet ja -menetelmät eroavat toisistaan. Teräsrakenteita koskevat tekniset vaatimukset ovat samantyyppisiä kuin standardin EN 1090 vaatimukset. Materiaalin valintaa ja laatua korostetaan erityisesti kaikissa kolmessa standardissa.

Lujin Premekonin käyttämä rakenneteräs on S355. Rakenneterästä S355, jonka iskutkeys on testattu -20 Celsius-asteen lämpötilassa, voidaan käyttää useimmissa käyttökohteissa ja käyttöympäristöissä, kun ainevahvuus ei kasva liian suureksi. Rakenteiden luokittelu vaikuttaa myös kulloinkin tarvittavaan teräslaatuun. Kohdeyrityksen tuotteita ei standardeissa muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta määrätä mihinkään tiettyyn kategoriaan, vaan luokittelu tehdään tilaajan ja valvontaorganisaation kanssa yhteistyössä. Joissain tapauksissa, esimerkiksi hoitotasojen primäärikannakkeiden suunnittelussa, voidaan joutua käyttämään lujempia ja sitkeämpiä teräksiä. Lujempien terästen käyttöönotto asettaa haasteita hitsaustuotannolle ja lisää kustannuksia. Tällöin täytyy muun muassa hyväksyttää uudet hitsausohjeet. Lisäksi hitsien NDT-tarkastuslaajuus kasvaa ja hyväksymiskriteerit tiukkenevat. Yrityksen käyttämät ruostumattomat teräkset ja alumiinit ovat käyttökelpoisia myös arktisessa rakentamisessa sekä Norjassa että Venäjällä.

Tuotteilta ei vaadita Venäjän kansallisten GOST-standardien tai teknisten vaatimusten mukaisia sertifikaatteja, mikä helpottaa vientiä kohteisiin, jotka eivät ole luokituslaitoksen valvonnassa. Vapaaehtoinen sertifikaatti riittää vakuudeksi tuotteiden turvallisuudesta ja laadusta Venäjän markkinoille. Käytännössä tuotteita voidaan viedä Venäjälle ilman sertifikaattia, mutta asiakkaat usein haluavat todisteen tuotteen laadusta. Vapaaehtoinen sertifikaatti todentaa tuotteen laatua ja toimii näin kilpailuetuna markkinoilla. Premekon valmistaa tuotteensa koneturvallisuusstandardin EN ISO 14122 mukaisesti, joka on voimassa myös Norjassa. Näin ollen yritys voi myydä tuotteitaan myös Norjassa kohteisiin, jotka eivät edellytä NORSOK- tai DNV-vaatimusten täyttämistä.

Ritilöitä voidaan käyttää kulkutasoina myös arktisessa rakentamisessa. Tietyt kohteet jopa vaativat ritilöiden käyttöä. Ritilämateriaalin valinta tulee kuitenkin tehdä huolellisesti huomioiden ympäristöolosuhteet, ettei korroosio pääse syövyttämään ritilöitä.

Arktiset markkinat ovat kiistatta olemassa ja tulevaisuudessa pohjoiseen tullaan investoimaan satoja miljardeja euroja. Tutkimuksen perusteella kohdeyrityksen kannattaa pyrkiä ensin Norjaan ja vasta sen jälkeen Venäjän arktisiin hankkeisiin. Näin siksi, että Venäjän suuriin arktisiin hankkeisiin on vaikea päästä ulkomaalaisen yrityksen mukaan. Venäjällä on kuitenkin paljon muita hankkeita, joissa Premekonin osaamiselle ja tuotteille olisi kysyntää. Esimerkiksi erilaisten teollisuuslaitosten modernisaatiohankkeita ja uusia laitoksia suunnitellaan eri puolille Barentsin aluetta. Näihin hankkeisiin Premekonin kannattaa mennä tarjoajaksi. Yrityksellä on referenssejä muun muassa paperikonelinjojen hoitotasorakenteista sekä kyky suunnitella ja valmistaa venäläisten vaatimusten mukaisia rakenteita. Lisäksi yksittäisen tehtaan hoitotasojen suunnittelu ja valmistus ei ylitä tuotantokapasiteettia eikä hanke näin ollen ole liian suuri yksin urakoitavaksi. Venäjällä on siis paljon markkinapotentiaalia myös arktisten alueiden ulkopuolella. Hankkeisiin, jotka eivät liity öljynporaukseen tai laivoihin, yritys pääsee tarjoajaksi ilman RS-standardien mukaista sertifiointia.

Norjan pohjoiset markkinat ovat myös erittäin houkuttelevia ja Norjan valtio panostaa selvästi pohjoiseen. Suuret öljynporaushankkeet voivat olla kuitenkin liian suuria pk-yritykselle. Isot öljyhankkeet vetävät ympärilleen kuitenkin paljon pienempiä hankkeita, joihin pienemmätkin yritykset voivat päästä mukaan. Norjaan suunnatessa on kuitenkin suositeltavaa käynnistää yhteistyötä muutaman muun yrityksen kanssa ja luoda esimerkiksi yhteinen markkinointiverkosto. Yritysten muodostaman konsortion turvin päästään tarjoamaan isompia kokonaisuuksia. Verkoston sisällä hitsausohjeita voidaan muun muassa siirtää alihankkijoiden käyttöön ja välttää näin uusien hitsausohjeiden laatimista sekä menetelmäkokeita.

Markkinoille pääseminen vaatii ennen kaikkea pitkäjänteistä myyntityötä. Erilaiset messut ovat esimerkiksi hyvä tapa lähestyä asiakkaita. Norjalaiset ja venäläiset arvostavat tapaamisia kasvotusten. Lisäksi tuotteen ja palvelun on oltava kilpailukykyistä sekä täytettävät sille asetetut vaatimukset. Arktikan potentiaalini ovat huomanneet myös muut ja

tällä hetkellä esimerkiksi Norjan öljyhanketarjouksista aasialaiset tarjoukset ovat usein voittavia. Kansainvälisille markkinoille suunnatessa on hyvä käyttää asiantuntija-apua, joka tuntee kohdemaan lait ja kaupantekokulttuurin. Arktikalla toimiessa on myös huomioitava ympäristöliikkeiden toiminta, projektien pitkät toteutusajat ja kohdemaan poliittiset intressit. Arktinen luonto on erityisen herkkä öljyvahingoille ja öljyntorjunta on hankalaa, paikoin jopa mahdotonta. On siis hyvä myös miettiä, miten toimitaan, jos öljyvahinko sattuu ja omaa yritystäkin osoitetaan sormella.

Tässä tutkimuksessa on käyty läpi tekniset vaatimukset markkinoille pääsemiseksi. Lisäksi on selvitetty markkinoiden erityispiirteitä. Markkinatutkimuksen teettäminen olisi hyvä jatko tälle tutkimukselle. Kohdeyrityksellä on hyvät tekniset edellytykset arktisille markkinoille, näin ollen pidempiaikaisen liiketoimintastrategian luominen ja toteuttaminen edesauttaisivat osaltaan myös markkinoille pääsyä. Premekonilla on sertifikaatit EN 1090, ISO 9001, ISO 3834 ja ISO 14122, jotka luovat vankan pohjan etabloitumiselle kansainvälisille markkinoille. Lisäksi joustava ja nykyaikainen suunnittelu- sekä valmistusteknologia edesauttavat profiloitumista vartenotettavaksi toimittajaksi.

## 10 YHTEENVETO

Terästen käyttäytyminen kylmissä olosuhteissa on tunnettava, jotta niitä voidaan hyödyntää arktisessa rakentamisessa. Ensin täytyy tunnistaa haurasmurtuman ydintymistä edesauttavat tekijät ja niitä on pyrittävä välttämään suunnittelussa ja valmistuksessa. Toinen vaihtoehto on käyttää lujempia ja sitkeämpiä teräksiä, mikä asettaa omat haasteensa esimerkiksi hitsaukselle. Terästen iskusitkeys on yleisin luokittelukriteeri, kun arvioidaan materiaalin kylmäkestävyyttä. Iskusitkeyden lisäksi muita käytettyjä testausmenetelmiä ovat CTOD- ja CTOA-testit.

Työssä esitellään teknisiä vaatimuksia kohdeyrityksen tuotteille Norjassa ja Venäjällä, etenkin maiden pohjoisosissa. Suurimmat investoinnit arktisilla alueilla liittyvät öljyn ja kaasun poraukseen, jotka kuuluvat luokituslaitoksen valvonnan piiriin. Tutkimuksessa keskitytään sekä norjalaisen (Det Norske Veritas) että venäläisen (Russian Maritime Register of Shipping) luokituslaitoksen asettamiin vaatimuksiin. Näiden lisäksi tarkastelussa on myös NORSOK-standardit.

Lisäksi työssä otetaan kantaa molempien maiden kansallisiin vaatimuksiin, sellaisilla markkinoilla, joille pääsy ei edellytä luokituslaitoksen hyväksyntää. Tutkimuksessa todetaan, etteivät maiden kansalliset vaatimukset ole esteenä tuotteiden viennille. Premekonin sertifioima EN ISO 14122-standardi koneturvallisuudesta on käytössä myös Norjassa. Tämä tarkoittaa, että kulku- ja hoitotasojen, portaiden, kaiteiden sekä tikkaiden suunnittelu ja valmistus Norjan markkinoille ei aiheuta lisävaatimuksia nykykäytäntöihin. Venäjän kansallinen GOST-standardi ei myöskään aseta erityisvaatimuksia kohdeyrityksen tuotteille. Venäjälle vientiä varten yrityksen suositellaan kuitenkin hankkivan vapaaehtoisen sertifikaatin tuotteilleen.

Työn yhtenä osana on tutkittu Case-esimerkkinä ritilätuotteiden soveltuvuutta kylmiin olosuhteisiin. Ritilöitä yritys käyttää kulku- ja hoitotasoina sekä portaissa. Ritilät soveltuvat arktiseen rakentamiseen ja NORSOK jopa vaatii niiden käyttöä portaissa ja kulkutasoilla, jotka ovat ulkotiloissa. Ritilätyypin valinnassa on huomioitava, että kaikki lumen ja jään esiintymismuodot vaikuttavat ritilöiden liukkauteen. Tämän takia

hammastettu liukaturva ritilä on usein paras vaihtoehto. Offshore-teollisuudessa esiintyy myös 15 mm silmäkokovaatimusta ritilöille, mutta tätä vaatimusta ei kuitenkaan ole tutkituissa standardeissa.

Norjan ja Venäjän arktisia markkinoita ja niiden erityispiirteitä kuvataan kappaleessa 8. Suurimmat pohjoisen hankkeet liittyvät öljy- ja kaasuteollisuuteen ja niiden tarvitseman infrastruktuurin kehittämiseen. Lisäksi Koillisväylän avautuminen lisää liikennöintiä Jäämerellä ja saattaa johtaa mittaviin panostuksiin satamien ja kulkuyhteyksien kehittämisessä.

Premekonin kannattaa suunnata sekä Norjan että Venäjän markkinoille. Kansainvälistyminen kannattaa aloittaa Norjasta. Premekon voi suunnitella ja valmistaa Norjan kansallisten sekä NORSOK-vaatimuksien mukaisia rakenteita ilman suuria muutoksia nykykäytäntöihin. Isoihin offshore-hankkeisiin yksittäinen pk-yritys voi olla hankkeen kokoon ja riskeihin nähden liian pieni. Yritysten välistä yhteistyötä tulisi kasvattaa ja näin lisätä verkoston kilpailukykyä. Venäjän offshore-hankkeisiin on ulkomaalaisten yritysten hankala päästä mukaan. Tyypillisesti hankkeiden toteutusajat ovat pitkiä ja projektien joukosta on hankala tunnistaa mitkä projektit todella toteutetaan. Premekonin on suositeltavaa panostaa Venäjän teollisuuslaitosten modernisaatiohankkeisiin, joista yrityksellä on jo kokemusta. Puuteollisuus on Venäjällä vahva ala ja teollisuuslaitoksia kehitetään esimerkiksi Karjalan alueella. Premekonin osaaminen, kokemus, joustavuus, teknologia sekä maantieteellinen läheisyys tarjoavat kilpailuedun Venäjän Barentsin alueen teollisuushankkeissa.

Jotta kansainvälisillä markkinoilla voi menestyä tulee yrityksen tuntea kohdemaan lainsäädäntö ja markkinat. Tämän lisäksi tekniset vaatimukset tuotteille on tunnettava. Yrityksen on myös arvioitava omaa kilpailukykyään ja selvitettävä asiakkaan päätöksentekokriteerit. Kansainvälisillä markkinoilla menestyminen edellyttää pitkäjänteisyyttä ja aktiivista myyntityötä.

## LÄHTEET

About DNV GL. 2014. [DNV:n www-sivuilla]. [viitattu 14.3]. Saatavissa <http://www.dnvgl.com/about-dnvgl/>

About RS. 2014. [RS:n www-sivuilla]. [viitattu 2.4]. Saatavissa <http://www.rs-class.org/en/register/>

Alho, A. 2014. VS: Tuotteiden sertifiointi [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottajat: Tuomas Liukkonen. Lähetetty 12.5.2014 klo 15.15 (GMT +0300).

Alho, A., Kekki, P. & Peltonen, P. 2012. Tullaus- ja sertifiointiopas 2012. Suomalais-Venäläinen kauppakamariyhdistys.

Alta Soft. 2014. [Alta Softin www-sivuilla]. [viitattu 14.5.2014]. Saatavissa [http://alta.ru/taksa-online/en/tnved\\_out/](http://alta.ru/taksa-online/en/tnved_out/)

Amaro, R., Sowards, J., Drexler, E., McColskey, D. & McCowan, C. 2013. CTOA testing of pipeline steels using MDCB specimens. Journal of Pipeline Engineering Nro 12.

Arktika. 2013. EU:n rakennerahastojen hallintajärjestelmä. [verkkodokumentti]. Euroopan sosiaalirahasto & Euroopan aluekehitysrahasto [viitattu 17.2.2014]. Saatavissa <https://www.eura2007.fi/rrtiepa/projekti.php?projekтикoodi=A32740>

Balmasov, S. 2010 – 2013. NSR Transit Voyages. [verkkodokumentti]. Norja: Centre for High North Logistics. Päivitetty 17.6.2013. [viitattu 21.2.2014]. Saatavissa <http://www.arctis-search.com/Statistics+on+NSR+Transit+Voyages&structure=Arctic+Sea+Routes>

Barents Euro-Arctic Council. 2014. [BEAC:n www-sivuilla]. [viitattu 25.6.2014]. Saatavissa <http://www.beac.st/in-English/Barents-Euro-Arctic-Council/Introduction/Facts-and-maps/Barents-Region>

Barents secretariat. 2013. [BS:n www-sivuilla]. [viitattu 25.6.2014]. Saatavissa <http://www.barents.no/organization.139718.en.html>

Birol, F. 2010. World Energy Outlook 2010. [verkkodokumentti]. International Energy Agency. Päivitetty 16.1.2013. [viitattu 14.2.2014]. Saatavissa <http://www.oecd.org/berlin/46389140.pdf>

Borgerson, S. 2013. The Coming Arctic Boom. [verkkolehti]. Foreign Affairs Nro 4. [viitattu 14.2.2014]. Saatavissa <http://www.foreignaffairs.com/articles/139456/scott-g-borgerson/the-coming-arctic-boom>

Brownfield, M., Charpentier, R., Cook, T., Gautier, D., Higley, D., Kirschbaum, M., Klett, T., Pitman, J., Pollastro, R., Schenk, C., Tennyson, M., Wandrey, C. & Whidden K. 2012. An Estimate of Undiscovered Conventional Oil and Gas Resources of the World, 2012. [verkkodokumentti]. USA: U.S. Geological Survey. Päivitetty 30.1.2014 . [viitattu 20.2.2014]. Saatavissa <http://pubs.usgs.gov/fs/2012/3042/fs2012-3042.pdf>

BusinessOulu. 2013. [verkkodokumentti]. Päivitetty 12.12.2013.[viitattu 26.6.2014]. Saatavissa [http://www.businessoulu.com/media/vienti-ruotsi-norja/tromso\\_eng\\_280513.pdf](http://www.businessoulu.com/media/vienti-ruotsi-norja/tromso_eng_280513.pdf)

Chaofeng Metal Products, 2014. [Chaofengin www-sivuilla]. Päivitetty 22.3.2014.[viitattu 26.5.2014]. Saatavissa <http://www.steelgratingchina.com/steel-grating-specs.htm>

CQC. 2014. Re:Certificate [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottajat: Tuomas Liukkonen. Lähetetty 20.5.2014 klo 14.10 (GMT+0300).

Dannström, H. 2014. Project execution models and procurement strategies in the offshore industry. [verkkodokumentti]. Päivitetty 26.5.2014. [viitattu 26.6.2014]. Saatavissa [http://www.helsinki.chamber.fi/files/5156/Project\\_and\\_procurement\\_models\\_Henrik\\_Dannstrom.pdf](http://www.helsinki.chamber.fi/files/5156/Project_and_procurement_models_Henrik_Dannstrom.pdf)

DNV-OS-A101. 2011. Safety principles and arrangements. Høvik: Det Norske Veritas.

DNV-OS-A201. 2013. Winterization for Cold Climate Operations. Høvik: Det Norske Veritas.

DNV-OS-B101. 2009. Metallic materials. Høvik: Det Norske Veritas.

DNV-OS-C101. 2011. Design of Offshore steel structures, general (LRFD method). Høvik: Det Norske Veritas.

DNV-OS-C102. 2012. Structural Design of Offshore Ships. Høvik: Det Norske Veritas.

DNV-OS-C401. 2013. Fabrication and Testing of Offshore Structures. Høvik: Det Norske Veritas.

DNV-OS-C501. 2013. Composite Components. Høvik: Det Norske Veritas.

DNV-RP-B101. 2007. Corrosion protection of floating production and storage units. Høvik: Det Norske Veritas.

Equipment, Arrangements and Outfit. 2013. Rules for the classification and construction of sea-going ships. Vol. II. Russian maritime register of shipping. St Petersburg.

Equipment, Arrangements and Outfit. 2014. Rules for the classification and construction of sea-going ships. Vol. I. Russian maritime register of shipping. St Petersburg.

ES ISO 12494. 2012. Atmospheric icing of structures. (Identical with ISO 12494:2001). Ethiopian Standards Agency.

Euro Inox. 2006. Käsikirja – Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa rakenteissa. 3. Painos. Espoo: VTT.

Euroopan unionin virallinen lehti. 2013. L 290. XV jakso. [verkkodokumentti]. Julkaistu 31.10.2013, Päivitetty 18.2.2014. [viitattu 14.5.2014]. Saatavissa [http://www.tulli.fi/fi/suomen\\_tulli/ulkomaankauppatilastot/luokitukset/cn/liitteet\\_pdf/cn14fi15.pdf](http://www.tulli.fi/fi/suomen_tulli/ulkomaankauppatilastot/luokitukset/cn/liitteet_pdf/cn14fi15.pdf)

Finnritilä. 2014. [Finnritilän www-sivuilla]. [viitattu 5.6.2014]. Saatavissa <http://www.finnritila.fi/tuotteet/ritilat/offshore-ritila/>

Free World Maps. 2011. Arctic Ocean Map. [verkkodokumentti]. Päivitetty 16.3.2011. [viitattu 19.2.2014]. Saatavissa <http://www.freeworldmaps.net/ocean/arctic/arctic-ocean-map.jpg>

Gardin, M., Harju, P., Isotalus, A., Lotvonen, E., Okkonen, J., Pennanen, M., Rautajoki, T. & Seikkula, A. 2009. Elinkeinopainotteinen Barents-strategia, Venäjä. [verkkodokumentti]. Päivitetty 28.5.2012. [viitattu 18.6.2014]. Saatavissa: <http://www.barentsinfo.org/loader.aspx?id=5eefcd1-56f7-43ec-83ba-d7a081e2792a>

Gautier, D., Bird, K., Charpentier, R., Grantz, A., Houseknecht, D., Klett, T., Moore, T., Pitman, J., Schenk, C., Schuenemeyer, J., Sørensen, K., Tennyson, M., Valin, Z. & Wandrey, C. 2009. Assesment of Undiscovered Oil and Gas in the Arctic. [verkkolehti]. Science 29 Toukokuu. [viitattu 14.2.2014]. Saatavissa <http://www.sciencemag.org/content/324/5931/1175.full.pdf>

Gost Russia. 2014. [Gost Russian www-sivuilla]. [viitattu 21.5.2014]. Saatavissa <http://www.gost-r.info/single-shipment-certificates.php>

Hahl, M. 2014. Matkalla pohjoiseen Norjan kautta. Toimitusjohtaja. Arktinen liiketoiminta arkiseksi- seminaari 12.2.2014. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Lappeenranta.

Hatanpää, A. 2014. Norway inside and outside Europe with large-scale projects. [verkkodokumentti]. [viitattu 27.6.2014]. Saatavissa <http://www.nofi.fi/norway-inside-and-outside-europe-with-large-scale-projects/>

Hauge, M. 2012. Arctic Offshore Materials and Platform Winterisation. Proceedings of the Twenty-second International Offshore and Polar Engineering Conference, Kreikka 17 – 22 Kesäkuuta 2012. International Society of Offshore and Polar Engineering Conference.

Heinonen, T. 2011. Pk-yritysten liiketoiminnan kansainvälistyminen Barentsin alueella: Murmanskin ja Pohjois-Suomen yritysten kokemuksia. Oulu: Oulun Yliopisto. Markkinoinnin pro-gradu –tutkielma.

Horn, A., M., Ostby, E., Hauge, M., Aubert, J., 2012. Robust Material Qualification for Arctic Applications. Proceedings of the Twenty-second International Offshore and Polar Engineering Conference. Kreikka 17 – 22 Kesäkuuta 2012. International Society of Offshore and Polar Engineering Conference.

Horsley, D. 2003. Background to the use of CTOA for prediction of dynamic ductile fracture arrest in pipelines. Engineering Fracture Mechanics 70.

Hsia, J. 2013. Brittle-Ductile Transition. [verkkodokumentti]. Encyclopedia of Tribology. [viitattu 24.2.2014]. Saatavissa [http://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-0-387-92897-5\\_263/fulltext.html](http://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-0-387-92897-5_263/fulltext.html)

Huhdankoski, E. 2000. Rautaruukin teräkset ääriolosuhteissa. 2. Painos. Keuruu: Otava.

Hull. 2014. Rules for the classification and construction of sea-going ships. Vol. I. Russian maritime register of shipping. St Petersburg.

Ikonen, K. & Kantola, K. 1991. Murtumismekaniikka. Toinen uudistettu painos. Helsinki: Otatieto Oy.

Intertek. 2013. [verkkodokumentti]. Russian Federation and Custom Union GOST R Certification Programme. Päivitetty 14.7.2013. [viitattu 21.5.2014]. Saatavissa [http://www.intertek.com/uploadedFiles/Intertek/Divisions/Oil\\_Chemical\\_and\\_Agri/Media/pdfs/Exporter%20Guidelines%20Russia.pdf](http://www.intertek.com/uploadedFiles/Intertek/Divisions/Oil_Chemical_and_Agri/Media/pdfs/Exporter%20Guidelines%20Russia.pdf)

ISO 19906. 2010. Petroleum and natural gas industries- Artic offshore structures. Geneve.

Kaya, D. 2009. Brittleness & Ductility. [verkkodokumentti]. [viitattu 26.2.2014].

Saatavissa <http://www.denizkaya.net/plastik-muhendisligi/brittleness-ductility/>

Kervinen, E. 2014. Öljyn etsintä Norjassa siirtyy yhä pohjoisemmaksi. [Helsingin Sanomien www-sivuilla]. Päivitetty 27.5.2014. [viitattu 25.6.2014]. Saatavissa

<http://www.hs.fi/ulkomaat/a1401159903534>

Lausala, T. & Jumppanen, P. 2002. Arktinen teknologia suomalaisten yritysten liiketoiminta strategioissa. Teknologia katsaus 128/2002. Helsinki: Tekes.

Lichtgitter. 2011. Manual [verkkodokumentti]. Päivitetty 28.4.2011. [viitattu 2.6.2014].

Saatavissa [http://www.lichtgitter.de/ftp/LG\\_Handbuch\\_2011\\_en.pdf](http://www.lichtgitter.de/ftp/LG_Handbuch_2011_en.pdf)

Lionweld Kennedy. 2014. [LK:n www-sivuilla]. [viitattu 5.6.2014]. Saatavissa

<http://www.lk-uk.com/products/steel-gratings/safety-grating.asp>

Lukkari, J. & Vähäkainu, O. 2003. How much heat can various steels and filler metals withstand? Svetsaren Nro 1. Esab.

Luukkainen, L. 2014. Re:Sertifiointi Tulliliitossa ja Venäjällä [yksityinen

sähköpostiviesti]. Vastaanottajat: Tuomas Liukkonen. Lähetetty 28.5.2014 klo 0.28 (GMT +0300).

Mahmoud, S. & Lease, K. 2001. The effect of specimen thickness on the experimental characterization of critical crack-tip-opening angle in 2014-T351 aluminum alloy.

Engineering Fracture Mechanics 70.

Markinvest Oy. 2014. [Markinvestin www-sivuilla]. [viitattu 14.5.2014]. Saatavissa

<http://www.gost-r.fi/>

Materials. 2014. Rules for the classification and construction of sea-going ships. Vol. II. Russian maritime register of shipping. St Petersburg.

Mathers, G. 2013. Job Knowledge: CTOD Testing. [verkkodokumentti]. Päivitetty 17.5.2013. [viitattu 3.3.2014]. Saatavissa <http://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/ctod-testing-076/>

Meiser. 2014. Grating [verkkodokumentti]. Päivitetty 23.5.2014. [viitattu 2.6.2014]. Saatavissa <http://www.meiser.de/en/en-produktbroschueren.html>

Metalliteollisuuden Keskusliitto. 2001. Muokatut teräkset. Raaka-aine käsikirja 1. Kolmas uudistettu painos. Tampere.

Mikkola, A. 2010. Koillisväylän mahdollisuudet.[verkkolehti] Kaleva. [viitattu 10.4.2014]. Saatavissa <http://www.kaleva.fi/uutiset/oulu/koillisvaylan-mahdollisuudet-selvitetaan/160368/>

MSC.215(82). 2006. Performance standard for protective coatings for dedicated seawater ballast tanks in all types of ships and double-side skin spaces of bulk carriers. Maritime Safety Committee. International Maritime Organization.

Mäkikyrö, A. 2014. [Kideven www-sivut].[viitattu 27.6.2014]. Saatavissa <http://www.kideve.fi/yritykset-saivat-tietoa-ruotsin-ja-norjan-markkinoista>

National Snow & Ice Center. 2014. January 2014 compared to previous years. [verkkodokumentti]. USA: National Snow & Ice Center. Päivitetty 4.2.2014. [viitattu 13.2.2014]. Saatavissa <https://nsidc.org/arcticseaicenews/>

Nilsen, U., Rönqvist, A. & Vaara, M.-L. 2009. Pk-yritysten strateginen yhteistyö Barentsin euroarktisella alueella. BEAR. Nordic Innovation Centre.

NORSOK C-002. 2006. Architectural components and equipment. Lysaker: Standard Norway.

NORSOK M-001. 2004. Materials selection. Lysaker: Standard Norway.

NORSOK M-101. 2011. Structural steel fabrication. Lysaker: Standard Norway.

NORSOK M-120. 2008. Material data sheet for structural steel. Lysaker: Standard Norway.

NORSOK M-121. 1997. Aluminium structural material. Lysaker: Standard Norway.

NORSOK M-501. 2012. Surface preparation and protective coating. Lysaker: Standard Norway.

NORSOK N-003. 2007. Actions and action effects. Lysaker: Standard Norway.

NORSOK N-004. 2013. Design of steel structures. Lysaker: Standard Norway.

NORSOK Z-001. 1998. Documentation for operation (DFO). Lysaker: Standard Norway.

Ovako. 2012. Ovakon terästen hitsaus. [verkkodokumentti]. Päivitetty 9.3.2012. [viitattu 26.2.2014]. Saatavissa

[http://www.ovako.com/PageFiles/320/Ovakon\\_terasten\\_hitsaus\\_15724.pdf](http://www.ovako.com/PageFiles/320/Ovakon_terasten_hitsaus_15724.pdf)

Passoja, T. 2014. [Kideven www-sivuilla]. [viitattu 27.6.2014]. Saatavissa

<http://www.kideve.fi/yritykset-saivat-tietoa-ruotsin-ja-norjan-markkinoista>

Peltonen, P. 2014. VS:Sertifiointi [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottajat: Tuomas Liukkonen. Lähetetty 21.5.2014 klo 10.04 (GMT +0300).

Pohjoiskalotin neuvosto. 2011. Kalastus ja öljyntuotanto tärkeitä elinkeinoja Finnmarkissa [verkkodokumentti]. Päivitetty 22.10.2011. [viitattu 25.6.2014]. Saatavissa

[http://www.nordkalottradet.nu/Artikler%202011/Oktober2011/FinNyhet\\_okt01.htm](http://www.nordkalottradet.nu/Artikler%202011/Oktober2011/FinNyhet_okt01.htm)

- PSR. 2014. [PSR:n www-sivuilla]. [viitattu 3.6.2014]. Saatavissa <http://psrinteractive.com/custom-training-products-and-services/offshore-platforms/>
- RosEuTest. 2014. [RosEuTestin www-sivuilla]. [viitattu 14.5.2014]. Saatavissa <http://www.roseutest.com/?l=fin&p=services#tab10>
- Rostest. 2013. [Rostestin www-sivuilla]. Päivitetty 17.4.2014. [viitattu 21.5.2014]. Saatavissa <http://www.rostest.de/gost-r-f-gb.html>
- RS Publications. 2014. [RS:n www-sivuilla]. [viitattu 2.4.2014]. Saatavissa [http://www.rs-class.org/en/register/publications/list.php?SECTION\\_ID=98](http://www.rs-class.org/en/register/publications/list.php?SECTION_ID=98)
- Rudland, D., L., Wilkowski, G., M., Feng, Z., Wang, Y.,Y., Horsley, D. & Glover, A. 2001. Experimental investigation of CTOA in linepipe steels. *Engineering Fracture Mechanics* 70.
- Rustandard. 2014. [Rustandardin www-sivuilla]. Päivitetty 21.1.2014. [viitattu 21.5.2014]. Saatavissa <http://www.rustandard.com/en/gost-r-certificate/voluntary-certification.html>
- Ryerson, C. 2009. *Assessment of Superstructure Ice Protection as Applied to Offshore Oil Operations Safety*. Lincoln: US Army Research.
- Salmi, T. & Virtanen, S. 2008. *Materiaalien mekaniikka*. Tampere: Pressus Oy.
- Sercons Europe. 2014. [Sercons European www-sivuilla]. [viitattu 21.5.2014]. Saatavissa <http://www.serconseurope.com/certificates/export-certification-for-russia/gost-r-certificate-of-conformity/>
- SFS-EN 10274. 1999. *Metallien pudotusvasaraiskukoe*. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.
- SFS-EN ISO 14122-2. 2010. *Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa: 2 Työskentelytasot ja kulkutasot*. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 1461. 2009. Valurauta- ja teräskappaleiden kuumasinkkipinnoitteet. Spesifikaatiot ja testausmenetelmät. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 148-1. 2010. Metallien Charpyn iskukoe. Osa 1: Menetelmä. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 15614-1. 2012. Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Hyväksyntä menetelmäkokeella. Osa 1: Terästen kaari- ja kaasuhitsaus sekä nikkelin ja nikkelseosten kaarihitsaus. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 8501-1. 2007. Teräspintojen esikäsittely ennen pinnoitusta maalilla tai vastaavilla tuotteilla. Pinnan puhtauden arviointi silmämääräisesti. Osa 1: Teräspintojen ruostumisasteet ja esikäsittelyasteet. Maalaamattomat teräspinnat ja aiemmista maaleista kauttaaltaan puhdistetut teräspinnat. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

Siuruainen, E. 2010. Barentsin alueen uusiutuvat rakenteet. [verkkodokumentti]. Päivitetty 20.1.2011. [viitattu 18.6.2014]. Saatavissa:  
[http://www.tem.fi/files/29016/Barents\\_web012011.pdf](http://www.tem.fi/files/29016/Barents_web012011.pdf)

Stability. 2014. Rules for the classification and construction of sea-going ships. Vol. I. Russian maritime register of shipping. St Petersburg.

Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys. 2004. Hitsauksen materiaalioppi. 1. Painos. Helsinki: Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys r.y.

Suomen suurlähetystö. 2012. Norjalainen Statoil vetäytyy Shtokmanin kaasukentältä. [verkkodokumentti]. Oslo, Päivitetty 14.8.2014. [viitattu 17.6.2014]. Saatavissa  
<http://team.finland.fi/public/default.aspx?contentid=255154&nodeid=47843&contentlan=1&culture=fi-FI>

Suomen suurlähetystö. 2014. EU-politiikka. [verkkodokumentti]. Oslo, Päivitetty 27.5.2014.[viitattu 26.6.2014]. Saatavissa  
<http://www.finland.no/public/default.aspx?nodeid=39595&contentlan=1&culture=fi-FI>

Suomen teräsritilä. 2014. [STR:n www-sivuilla]. [viitattu 10.6.2014]. Saatavissa [http://www.str.fi/tuotteet\\_ritilat.php](http://www.str.fi/tuotteet_ritilat.php)

SVKK. 2013. Venäjän markkinat haltuun – varo näitä! [SVKK:n www-sivuilla]. Päivitetty 29.11.2013. [viitattu 23.6.2014]. Saatavissa [http://www.svkk.fi/uutishuone/blogi?19719\\_m=19745](http://www.svkk.fi/uutishuone/blogi?19719_m=19745)

Tatarnikov, A. 2014. RE:Certificate [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottajat: Tuomas Liukkonen. Lähetetty 20.5.2014 klo 16.24 (GMT +0300).

Technical Supervision during Manufacture of Materials. 2013. Rules for technical supervision during construction of ships and manufacture of materials and products for ships. Vol. II. Russian maritime register of shipping. St Petersburg.

Teknologiainfo Teknova. 2006. Raaka-ainekäsikirja. 5, Alumiinit. Helsinki.

Tiri, M. 2008. Asiakasnäkökulma: Yhteistyö suomalaisten kanssa – venäläisten yritysjohtajien näkemykset ja arviot. Suomalais-Venäläinen kauppakamari.

TKS.2014. TH БЭД TC. [verkkodokumentti]. Päivitetty 6.5.2014. [viitattu 15.5.2014.]. Saatavissa <http://www.tks.ru/db/tnved/tree/c7308909900/print>

Tulli. 2014. [Tullin www-sivuilla]. Päivitetty 31.3.2014. [viitattu 14.5.2014] Saatavissa [http://www.tulli.fi/fi/suomen\\_tulli/ulkomaankauppatilastot/luokitukset/index.jsp](http://www.tulli.fi/fi/suomen_tulli/ulkomaankauppatilastot/luokitukset/index.jsp)

Tuotteet ja Palvelut. 2014. [Premekon Oy:n www-sivuilla]. [viitattu 17.2.2014]. Saatavissa <http://premekon.fi/fi/tuotteet-ja-palvelut>

Valtioneuvoston kanslia. 2010. Suomen arktinen strategia. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja. No. 7. Helsinki: Valtioneuvoston kanslia.

Vuola, A., Kangas, S., Sormunen, A. & Vilhunen, L. 2009. Suomalaisyritysten kohtaamat kaupanesteet ja keinot niiden poistamiseksi. Helsinki. Ulkoasianministeriön julkaisuja.

Weland. 2014. [Welandin www-sivuilla]. [viitattu 5.6.2014]. Saatavissa <http://www.weland.se/default.asp?ID=GALLERDURK13&sLang=en-gb>

Welding. 2014. Rules for the classification and construction of sea-going ships. Vol. II. Russian maritime register of shipping. St Petersburg.

Ylitalo, J. 2012. Kuumasinkitys. [verkkodokumentti]. Teräsrakenneyhdistys ry. Päivitetty 24.9.2012.[viitattu 11.6.2014]. Saatavissa [http://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/t\\_\\_k\\_ja\\_jaostot/pintakasittelyjaosto/sinkitys/](http://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/t__k_ja_jaostot/pintakasittelyjaosto/sinkitys/)

Zhu, X.-K. & Joyce, J.A., 2012. Review of fracture toughness (G, K, J, CTOD, CTOA) testing and standardization. Engineering Fracture Mechanics 85, 1-46.