

LAPPEENRANNAN-LAHDEN TEKNILLINEN YLIOPISTO LUT
LUT School of Energy Systems
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Kandidaatintyö

**ROMULAIVOJEN KIERRÄTYKSEN NYKYTILA JA KEHI-
TYSSUUNNAT**

**The current state and development possibilities in recycling of
dismantled ships**

Työn tarkastaja: Professori, TkT Mika Horttanainen
Työn ohjaaja: Tutkijaopettaja, TkT Jouni Havukainen

Lappeenrannassa 31.5.2021

Tuuli Sievä

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT
LUT School of Energy Systems
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Tuuli Sievä

Romulaivojen kierrätyksen nykytila ja kehityssuunnat

Kandidaatintyö

2021

35 sivua ja 1 kuva

Työn tarkastaja: Professori, TkT Mika Horttanainen

Työn ohjaaja: Tutkijaopettaja, TkT Jouni Havukainen

Hakusanat: romulaiva, laivojen kierrätys, ympäristövaikutukset

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on tutkia romulaivojen kierrätyksen nykytilaa ja kehityssuuntia. Aiheen laajuuden vuoksi työ toimii yleiskatsauksena laivojen purkamiseen liittyvään toimintaan ja se erityisesti painottaa nykytilan tarkasteluun. Työssä käsitellään aiheeseen liittyvää lainsäädäntöä ja asetuksia, erilaisia laivojen purkamismenetelmiä, niihin liittyviä tekniikoita ja työvälineitä. Lisäksi työssä perehdytään purkamisesta saataviin materiaaleihin, niiden kierrätykseen ja niistä aiheutuviin päästöihin ja ympäristövaikutuksiin. Työssä tarkastellaan myös mahdollisia romulaivojen kierrätyksen kehityssuuntia.

Tällä hetkellä laivojen purku- ja kierrätysteollisuus kierrättää 90–95 % laivojen kokonaispainosta. Vuosittain tämä tarkoittaa noin 5,8 miljoonaa tonnia kierrätettyä terästä, jota voidaan käyttää hyväksi joko laivanrakentamisessa tai muussa teollisuudessa. Laivojen purkamisteollisuus on keskittynyt Aasiaan, jossa eniten laivoja puretaan Intiassa ja Bangladeshissa. Vain 10 % purkamisesta toteutuu teollisuusmaissa. Sijainnista riippuen käytössä on erilaisia menetelmiä ja niiden ympäristövaikutukset ovat erilaisia.

Laivojen kierrätysmenetelmiä ovat rantaromutus, satamaromutus ja kuivatelakointi. Rantaromutus on näistä eniten ympäristöä kuormittavin, sillä siinä laiva puretaan avoimella rannalla ja mahdolliset päästöt voivat joutua mereen. Kuivatelakoinnissa ei muodostu lähes ollenkaan mereen vapautuvia päästöjä, sillä purkamisen yhteydessä käytetty vesi on mahdollista ottaa talteen ja puhdistaa ennen mereen laskemista.

ABSTRACT

Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT
LUT School of Energy Systems
Degree Programme in Environmental Technology

Tuuli Sievä

The current state and development possibilities in recycling of dismantled ships

Bachelor's thesis

2021

35 pages and 1 pictures

Examiner: Professor, D.Sc. Mika Horttanainen

Instructor: Associate professor, D.Sc. Jouni Havukainen

Keywords: dismantled ship, ship recycling, environmental effects

The aim of this Bachelor's thesis is to study the current state and development possibilities of recycling of dismantled ships. Since the topic is very broad, this thesis works as a general overview on the actions needed to dismantle ships and the focus is on the current state of the process. The thesis covers the legislation and regulations around ship dismantling, different methods of dismantling ships and relevant techniques and equipment needed. Additionally, the thesis looks at the materials acquired from ship dismantling, how those materials are recycled and what are the emissions and environmental effects. The possible developments in the recycling of dismantled ships are also considered.

Currently the industry of dismantling ships is recycling 90–95 % of the total weight of the ships. Annually this means 5,8 million tons of recycled steel that can be reused in either ship building or in other industries. The industry of ship dismantling is centralized in Asia, where most ships are dismantled in India and Bangladesh. Only 10 % of the dismantling is done in industrialized countries. Depending on the location the used methods differ, and the environmental effects are therefore also different.

Different ways to recycle ships are mainly beaching, alongside and dry-docking. Beaching method has the most negative impacts on environment due to ship being dismantled at an open beach. There is a high risk that in dismantling process occurred emission might flush to the sea during high waves. In dry-docking, there are not almost any impacts to marine environment because of water used in dismatling process is possible to gather and clean before released back to the sea.

SISÄLLYSLUETTELO

SYMBOLILUETTELO	6
1 JOHDANTO	7
2 LAINSÄÄDÄNTÖ	9
2.1 Baselin yleissopimus	9
2.2 Yhdistyneiden kansakuntien merioikeusyleissopimus	10
2.3 MARPOL -yleissopimus	11
2.4 Hong Kongin yleissopimus	11
2.5 Euroopan unionin aluskierrätysasetus	12
2.6 Lainsäädäntöä ja asetuksia Suomessa	13
3 MENETELMÄT JA TEKNIIKAT	15
3.1 Menetelmät	17
3.1.1 Rantaromutus	17
3.1.2 Satamaromutus	18
3.1.3 Kuivatelakointi	19
3.2 Tekniikat ja työvälineet	19
4 MATERIAALIT JA NIIDEN KIERRÄTYS	22
4.1 Teräs	22
4.2 Alumiini	23
4.3 Vaarallinen jäte	24
4.4 Muu jäte	26
5 PÄÄSTÖT JA YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET	27
6 KEHITYSSUUNNAT	30
7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO	31
LÄHTEET	34

SYMBOLILUETTELO

Lyhenteet

CFC	Kloorifluorihilivedyt
EU	Euroopan unioni
ILO	Kansainvälinen työjärjestö
IMO	Kansainvälinen merenkulkujärjestö
NC-tekniikka	Numeerista ohjausta käyttävä tekniikka
OECD	Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestö
PAH-yhdisteet	Polysykliset aromaattiset hiilivety-yhdisteet
PCB-yhdisteet	Polyklooratut bifenyyl-yhdisteet
PVC-muovi	Polyvinyylikloridi-muovi
TBT	Tributyylitina
UNCLOS	Yhdistyneiden kansakuntien merioikeusyleissopimus
VOC	Haihtuvat orgaaniset yhdisteet

1 JOHDANTO

Laivat ovat erittäin tärkeä osa erilaisten materiaalien kiertotaloutta. Kiertotalouden ja kierrättämisen avulla on mahdollista pienentää päästöjä ja näin vaikuttaa esimerkiksi ilmastonmuutoksen hillitsemiseen. Laivojen elinkaari koostuu kolmesta vaiheesta: tuotannosta, käytöstä ja elinkaaren lopusta (Ko & Gantner 2016, 317). Elinkaaren loppu kattaa purkamisen, kierrättämisen ja hävityksen. Laivojen purkaminen tapahtuu pääasiallisesti hyvin manuaalisesti ja teknologiaan tai automatisaatioon ei ole juurikaan turvauduttu. Laivojen purkamisesta saadaan erilaisia materiaaleja, mutta näistä pääsääntöisesti vain metallit ovat kierrätyksen kannalta arvokkaita. Esimerkiksi laivoista saatava teräs on tärkeä osa teräksen kiertotaloutta ja vähentää huomattavasti materiaalien louhimisen tarvetta. (European Commission 2016, 3.)

Laivojen elinikä voi olla 25–30 vuotta. Vuoden 2018 aikana purettiin lähes 750 laivaa kierrätettäväksi. Yli 80 valtiota maailmanlaajuisesti on osallisena teräksisten laivojen purkamisessa ja kierrättämisessä. Eniten laivoja purettiin vuoden 2018 aikana Intiassa, Bangladeshissa, Pakistanissa ja Turkissa. Pääsääntöisesti laivojen purkaminen on keskittynyt Aasiaan, sillä työkustannukset ovat alhaisia ja lainsäädäntö ei ole yhtä tarkkaan määriteltyä kuin esimerkiksi EU-maissa. (Hsuan & Parisi 2020, 1, 4.) Vuosittain arviolta noin 5,8 miljoonaa tonnia teräsmateriaaleja kierrätetään laivojen romutuksen yhteydessä. Suomessa vuosittain käytetään kierrätettyä terästä noin miljoona tonnia. Laivojen purkuteollisuus on taloudellisesti kannattavaa usealle eri valtiolle, mutta kääntopuolena ovat sen aiheuttamat ympäristöongelmat. Purkuteollisuus tuottaa merkittäviä määriä vaarallista jätettä telakoille, joilla laivat puretaan ja telakoita ympäröiville alueille. Laivojen purkaminen ja kierrättäminen nähdäänkin erittäin vaarallisena teollisuudenalana ympäristön kannalta. (Rizvi et al. 2020, 1, 14.)

Tämän kandidaatintyön tarkoituksena on tarkastella romulaivojen kierrätyksen nykytilaa ja kehityssuuntia. Tarkastelua tehdään tutkimalla, miten romulaivojen purkaminen tapahtuu, millaisin menetelmin ja millaisen lainsäädännön puitteissa. Keskeisimpiä tutkimuskysymyksiä ovat, millainen on romulaivojen purkamisen nykytila, millaisia materiaaleja romulaivojen purkamisesta on mahdollista ottaa talteen ja miten on mahdollista soveltaa romulaivojen

purkuprosessia tulevaisuudessa. Tämä kandidaatintyö toimii teoreettisena kirjallisuuskatsauksena ja on rajattu niin, että kirjallisuuskatsaus ei keskitä huomiota romulaivojen purkuprosessista aiheutuviin sosiaalisen kestävyuden ongelmakohtiin. Teoriaosuus keskittyy laivojen elinkaaren loppuun ja syventyy siihen liittyviin erilaisiin vaikuttaviin tekijöihin.

2 LAINSÄÄDÄNTÖ

Laivojen purkamiseen, kierrättämiseen ja muuten laivoihin liitännäisiä lakeja, asetuksia, määräyksiä, sopimuksia ja toimintamalleja on saatavilla määrältään melko paljon. Näiden avulla on mahdollista määrätä sekä paikallisesti että maailmanlaajuisesti yhteneväisiä toimintatapoja. Tällaisilla toimintatavoilla edesautetaan laivakierrätys- ja laivateollisuuden eri sidosryhmien turvallisuutta ja tasavertaisuutta sekä ympäristön säilyttämistä ja ympäristöstä saatavien luonnonvarojen kestävästä käytöstä. Tämä kandidaatintyö tarkastelee muutamia olennaisimpia esimerkkejä lainsäädännöstä sekä globaalisti että Suomessa.

2.1 Baselin yleissopimus

Baselin yleissopimus on yksi monista valtioiden neuvottelemista ympäristösopimuksista, joka pyrkii luomaan yhteneväisyyttä maailmanlaajuisiin ympäristöstandardeihin ja kontrolloimaan kansallisia eroja ympäristönsuojelun osalta (Moen 2008, 1054). Sopimus astui voimaan toukokuussa 1992 ja siihen oli vuoteen 2018 sitoutunut 187 valtiota (Ympäristöministeriö 2019). Baselin yleissopimuksen avulla pyritään pysäyttämään kontrolloimaton vaarallisen jätteen hävittäminen. Sopimus luo siihen sitoutuneille valtioille velvoitteita, joiden myötä pyritään saavuttamaan valtioiden sisäisten lainsäädäntöjen kehitystä tukemaan sopimuksen oikeusperiaatteita. (Moen 2008, 1054.)

Baselin yleissopimus sisältää viittauksia jo olemassa olleista kansainvälisistä ympäristölainsäädännön periaatteista, kuten ”saastuttaja maksaa” -periaatteesta ja subsidiariteettiperiaatteesta eli läheisyysperiaatteesta, ja niitä sovelletaan asiayhteyteen sopiviksi (Moen 2008, 1054). ”Saastuttaja maksaa” -periaatteen takana on ajatus siitä, että saasteiden aiheuttaja on vastuussa päästöjen muodostamista kustannuksista (European Environment Agency 2020). Läheisyysperiaatteella viitataan siihen, että jätteet tulisi yleisesti käsitellä mahdollisimman lähellä niiden syntypaikkaa, sillä jätteiden kuljettamisella on merkittäviä ympäristövaikutuksia (European Environment Agency).

Baselin yleissopimuksen myötä teollisuusmaille asetetaan suurempia velvoitteita esimerkiksi ympäristöpolitiikan suhteen, sillä niiden rooli vaarallisten jätteiden tuottajana on suuri.

Sopimuksen allekirjoittaneilla valtioilla on oikeus kieltäytyä vastaanottamasta vaarallista jätettä. Lisäksi jokaisella hyväksytyllä vaarallisten jätteiden toimituksella tulee olla dokumentti, josta käy ilmi kuljetuksen sisältö ja vaatimukset hävittämisen suhteen. Dokumentin tulee sisältää tarvittavat tiedot kuljetuksen alkamisajankohdasta varsinaiseen jätteiden hävittämiseen asti. Vaarallisen jätteen kuljettaminen Baselin yleissopimuksen mukaan ilman kyseistä dokumenttia on laitonta. Laivojen kierrätysuunnitelma eli ns. vihreä passi kuvaa laivojen sisältämät vaaralliset aineet, mutta tämän asiakirjan käyttäminen on toistaiseksi vapaaehtoista. (Moen 2008, 1054-1055.)

2.2 Yhdistyneiden kansakuntien merioikeusyleissopimus

Yhdistyneiden kansakuntien merioikeusyleissopimus eli UNCLOS tehtiin vuonna 1982 ja se astui voimaan kansainvälisesti vuonna 1994. Merioikeusyleissopimus tuo ilmi toimet meriympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi, vähentämiseksi ja valvomiseksi. (Yhdistyneiden kansakuntien merioikeusyleissopimus 50/1996, 145 §.)

Sopimuksessa määritellään meriympäristön pilaantumisen kannalta merkittävimmät päästölähteet mukaan lukien laivoista peräisin olevat päästöt. Meriympäristön pilaantumisen lisäksi UNCLOS käsittelee meriympäristön säilyttämistä ja niistä saatavien luonnonvarojen kestäväää käyttöä. (Saiful 2010, 307.)

Yhdistyneiden kansakuntien merioikeusyleissopimus määrää valtioiden osallistumisen toimiin, joilla on mahdollista ehkäistä, vähentää ja valvoa meriympäristön pilaantumista. Lisäksi toimien tulee kohdistua kaikkiin meriympäristön pilaantumista aiheuttaviin lähteisiin. Valtioiden toiminnasta ei kuitenkaan saa aiheutua muille valtioille aiheetonta haittaa. (Yhdistyneiden kansakuntien merioikeusyleissopimus 50/1996, 147 §.) Yhdistyneiden kansakuntien merioikeusyleissopimus ei kuitenkaan määrää suurta määrää uusia standardeja laivoista lähtöisin olevien päästöjen estämiseksi (Saiful 2010, 308).

2.3 MARPOL -yleissopimus

MARPOL -yleissopimus astui voimaan vuonna 1983 ja on yksi tärkeimmistä yleissopimuksista, jonka tarkoituksena on estää laivoista aiheutuva meriympäristön saastuminen ehkäisemällä ja minimoimalla sekä vahingossa että rutiinitoimenpiteistä aiheutuneita päästöjä. Sopimusta on täydennetty vuoteen 2005 mennessä kuudella erilaisella liitteellä. (International Maritime Organization a.)

Ensimmäisessä liitteessä käsitellään öljyn käytöstä aiheutuneita päästöjä ja liitteen myötä määrättiin pakolliseksi kaksoispohja uusissa öljytankkereissa. Toisessa liitteessä käsitellään myrkyllisten nestemäisten aineiden kuljetusta ja kyseisten jätteiden oikeanlaista hävittämistä. Toisen liitteen mukaan myrkyllisiä aineita sisältäviä jätteitä ei saa missään tapauksessa hävittää mereen noin 20 kilometrin sisällä rannikosta. Kolmannessa liitteessä määrätään, että laivoilla kuljetettavat pakattuna olevat vaaralliset aineet tulee olla pakattu, merkitty, dokumentoitu ja varastoitu vaatimusten mukaisesti. Vaarallisiksi aineiksi luokitellaan tässä tapauksessa ne aineet, jotka määritellään meriympäristöä saastuttaviksi. Lisäksi liitteessä rajoitetaan vaarallisten aineiden suurinta sallittua kuljetettavaa määrää. Neljännen liitteen avulla pyritään ehkäisemään laivan jätevesistä aiheutuvia päästöjä ja yleisesti laivojen jätevesiä on kiellettyä laskea mereen. Viidennessä liitteessä käsitellään kiinteiden jätteiden hävittämistä ja esimerkiksi muovin hävittäminen mereen on aina kiellettyä. Kuudes liite asettaa rajoituksia laivojen pakokaasujen päästöistä esimerkiksi typen ja rikin oksideista ja kieltää otsonikerrosta heikentävistä aineista aiheutuneiden päästöjen tarkoituksenmukaisen tuottamisen. (International Maritime Organization a.)

2.4 Hong Kongin yleissopimus

Hong Kongin yleissopimus koskee laivojen kierrätystä asianmukaisesti ja turvallisesti ympäristön kannalta. Sopimus laadittiin IMO:n eli kansainvälisen merenkulkujärjestön jäsenvaltioiden ja oleellisten valtioihin liittymättömien järjestöjen kesken. Sopimus tehtiin yhteistyössä ILO:n eli kansainvälisen työjärjestön sekä Baselin yleissopimuksen osapuolten kanssa. Hong Kongin yleissopimus tuli voimaan vuonna 2009. (International Maritime Organization b.)

Yleissopimus pyrkii siihen, että elinkaaren loppupäässä olevat laivat eivät aiheuta tarpeettomia riskejä ympäristölle tai ihmisten turvallisuudelle ja terveydelle. Sopimus käsittelee romulaivojen kierrätykseen liittyviä ongelmia, kuten sitä että purettavaksi myytävät laivat saattavat sisältää ympäristölle vaarallisia aineita esimerkiksi asbestia. Lisäksi sopimuksesta käy ilmi työ- ja ympäristöolosuhteiden epäkohdat alueilla, joissa laivoja puretaan. (International Maritime Organization b.) Hong Kongin yleissopimuksen mukaan laivojen kierrätyslaitosten tulee perustaa hallintajärjestelmiä, menettelytapoja ja tekniikoita, joilla voidaan ehkäistä, vähentää ja mahdollisuuksien mukaisesti eliminoida laivojen kierrätyksestä ympäristölle aiheutuvia haitallisia vaikutuksia. Tämän lisäksi sopimus vaatii laivojen kierrätyslaitosten otettavan käyttöön asiakirjan, josta käy ilmi muun muassa suunnitelma ympäristönsuojelusta ja valmistautuminen mahdollisiin hätätilanteisiin. (Chang 2011, 98-99.) Hong Kongin yleissopimuksen tueksi IMO:n toimesta on tehty ohjeistuksia, joilla pyritään edesauttamaan sitoutuneiden jäsenvaltioiden sopimuksen käyttöönottamista (International Maritime Organization b).

2.5 Euroopan unionin aluskierrätysasetus

Euroopan unionin aluskierrätysasetuksella pyritään vähentämään laivojen kierrätykseen liittyviä negatiivisia vaikutuksia. Tämä saavutetaan varmistamalla laivojen purkamisessa käytettyjen menetelmien asianmukaisuus ja näin voidaan mahdollistaa laivoista saatavien materiaalien asetuksenmukainen hävitys ja kierrätys. Asetus astui voimaan vuonna 2013 ja se koskee jokaista jäsenvaltion lipun alla purjehtivaa alusta. Lisäksi sitä sovelletaan kolmannen maan lipun alla purjehtiviin aluksiin, jotka saapuvat jonkin jäsenvaltion satamaan tai ankkuripaikkaan. (Verifavia Shipping.)

Aluskierrätysasetus pyrkii edistämään aiemmin mainitun Hong Kongin yleissopimuksen lopullista hyväksymistä, vahvistamista ja voimaan saattamista. Tällä asetuksella varmistetaan Hong Kongin yleissopimuksen asettamia määräyksiä muun muassa vaarallisten aineiden hävittämisestä ja kierrättämisestä turvallisesti. Asetuksen tarkoitus on myös vähentää Euroopan unionin, Hong Kongin yleissopimukseen sitoutuneiden jäsenvaltioiden ja mahdollisten

kolmansien valtioiden välisiä eroja, jotka käsittelevät työterveyttä ja -turvallisuutta sekä ympäristövaatimuksia. Asetuksen myötä voidaan parantaa laivojen kierrätyslaitosten kilpailukykyisyyttä Euroopan unionin jäsenvaltioissa. (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 1257/2013, 1 §.)

2.6 Lainsäädäntöä ja asetuksia Suomessa

Suomessa on useita lakeja, asetuksia ja toimintamalleja, jotka ovat liitännäisiä laivoihin ja niistä aiheutuviin ympäristöongelmiin. Pääpiirteittäin näillä laeilla, asetuksilla ja toimintamalleilla pyritään varmistamaan osapuolten tasavertaisuus ja turvaamaan ympäristöä mahdollisilta ylimääräisiltä riskeiltä. Oleellisia lakeja ja asetuksia ovat Merensuojelulaki (1994), Asetus vaarallisten tai merta pilaavien aineiden aluskuljetuksiin liittyvistä ilmoitusvelvollisuuksista (1994), Alusliikennepalvelulaki (2005) ja Ympäristösuojelulaki (2014).

Merensuojelulaissa säädetään, että Suomen talousvyöhykkeen ulkopuolella ei saa aiheuttaa suomalaisella aluksella, avomeriyksiköllä tai ilma-aluksella toimia, joista voi seurata meren pilaantumista. Lain mukaan kyseisiä toimia ovat sellaiset, jotka voivat esimerkiksi vaarantaa ihmisen terveyden, vahingoittaa elollisia luonnonvaroja ja meren elämää sekä aiheuttaa muuta näihin rinnastettavaa haittaa. (Merensuojelulaki 1994/1415, 1 §.)

Asetus vaarallisten tai merta pilaavien aineiden aluskuljetuksiin liittyvistä ilmoitusvelvollisuuksista määrää laivaajan antamaan lastausta ennen aluksen päällikölle ja liikenteenharjoittajalle selvityksen mahdollisesti vaarallisista tai merta pilaavista aineista. Lisäksi asetuksessa vaaditaan jokaisen Suomesta lähtevän aluksen, joka kuljettaa vaarallisia tai merta pilaavia aineita, tekvän ilmoituksen merenkulkulaitokselle. (Asetus vaarallisten tai merta pilaavien aineiden aluskuljetuksiin liittyvistä ilmoitusvelvollisuuksista 1994/869, 3-4 §.)

Alusliikennepalvelulain tarkoituksena on lisätä laivaliikenteen turvallisuutta ja parantaa tehokkuutta sekä ehkäistä ympäristölle aiheutuvia haittoja. Lain mukaan muun muassa laivoissa tapahtuneet vauriot, toimintahäiriöt ja mahdolliset vuodot tulee ilmoittaa laivan päällikön toimesta asianomaiselle viranomaiselle. Lisäksi ilmoitus tulee tehdä myös tilanteista,

jotka voivat aiheuttaa vesien tai rannikon pilaantumista esimerkiksi ympäristöä pilaavien aineiden pääsystä veteen. (Alusliikennepalvelulaki 2005/623, 1 §, 23 §.)

Ympäristösuojelulaissa määrätään, että Suomen aluevesille tai talousvyöhykkeelle ei saa laskea jätettä tai muuta haitallista aluksesta peräisin olevaa ainetta upottamis- tai muussa hylkäämistarkoituksessa. Lisäksi on kiellettyä laskea jätettä tai muuta haitallista ainetta rannalta mereen. (Ympäristönsuojelulaki 2014/527, 18 §.)

3 MENETELMÄT JA TEKNIIKAT

Purkuprosessin aikana on tärkeää noudattaa tiettyjä varotoimia muun muassa työntekijöiden turvallisuuden varmistamiseksi ja mahdollisten ympäristöä kuormittavien tekijöiden minimoimiseksi. Pääpiirteittäin romulaivojen purkaminen etenee seuraavien kohtien mukaisesti:

1. Kokonaiskuvan kartoittaminen
2. Polttoaineiden, öljyjen sekä muiden nesteiden ja palavien materiaalien poistaminen
3. Välineistön irrottaminen
4. Asbestin ja PCB-yhdisteiden poistaminen ja asianmukainen hävittäminen
5. Pintojen valmisteleminen leikkausta varten
6. Metallien leikkaaminen
7. Materiaalien kierrätys ja hävittäminen (OSHA 2010, 5.)

Ensimmäiseksi tulee kartoittaa kokonaiskuva, josta ilmenee muun muassa ne laivan alueet, jotka mahdollisesti sisältävät vaarallisia materiaaleja esimerkiksi asbesti, PCB-yhdisteet eli polyklooratut bifenyylit ja lyijy. Kartoitus ja sen sisältämä näytteidenotto tulee tehdä systemaattisesti aloittaen siitä osasta laivaa, josta purkaminen aloitetaan. Työntekijöiden tulee käyttää asianmukaisia suojarusteita, jotta välttyään altistumiselta vaarallisille aineille. (OSHA 2010, 5.)

Seuraavana tulee poistaa asianmukaisesti polttoaineet, öljyt ja muut nesteet, kuten pilssivesi ja painolastivesi (OSHA 2010, 5). Pilssivesi tarkoittaa laivan pohjalle kerääntynyttä vettä, joka sisältää usein muun muassa öljyä ja se luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi (Salpakierto). Painolastivesi on taas vettä, jota tarvitaan laivan vakaana pysymiseen. Se voi pitää sisällään vieraseliöitä, sillä vesi on voitu ottaa jostakin muualta kuin määränpään vesistöstä. (Yliskylä-Peuralahti 2016.) Pilssivedestä tulee ottaa näytteet ja tämän jälkeen hävittää oikeanlaisesti. Lisäksi purkamisen aikana vettä saattaa kerääntyä rakenteisiin esimerkiksi sateen mukana ja tämä tulee myös poistaa. Aineiden poistamisen jälkeen asiantuntija varmistaa sen, että laiva on turvallista purkaa ja laivassa ei ole vaaraa tehdä tulitöitä. (OSHA 2010, 5.)

Kolmantena vaiheena laivojen purkamisprosessissa on erilaisten välineistön irrottaminen. Ensin tulee poistaa erinäiset kalusteet, ankkurit, ketjut ja pienet laitteet. Suuremmat uudelleenkäytettävät osat kuten moottorin osat poistetaan sitten, kun on riittävästi tilaa niiden siirtämiseen. Lisäksi potkurit tulee poistaa, jotta laivan runko on mahdollista saada vedettyä matalaan veteen. (OSHA 2010, 5.)

Seuraavaksi tulee poistaa ja hävittää asbesti ja PCB-yhdisteet. Tämä tapahtuu yleensä kahdessa osassa. Asbesti poistetaan ensin ensimmäiseksi leikattavilta alueilta ja PCB-yhdisteet poistetaan alueilta, joilta ne on mahdollista poistaa siinä tilanteessa. Laivan purkamisen edessä asbesti ja PCB-yhdisteet tulee poistaa sitä mukaa, kun niitä ilmenee. Konehuone pitää sisällään yleensä eniten asbestia ja tämän vuoksi poistoprosessi siellä vie kauiten. (OSHA 2010, 5.)

Asbestin ja PCB-yhdisteiden poiston jälkeen laivan pinnat tulee valmistella leikkuuta varten. Maalit, mahdolliset säilöntäaineet ja päällysteet tulee poistaa leikattavilta pinnoilta. Vaikeasti puhdistettavat pinnat voivat vaatia spesifejä toimenpiteitä, kuten hiekkapuhallusta tai tulen käyttöä pintojen puhdistamiseksi. Tämän seurauksena työntekijät saattavat altistua vaarallisille aineille, kuten maalien sisältämille myrkyille. Mahdollisen altistumisen välttämiseksi työntekijöiden tulee noudattaa tarpeellisia varotoimia esimerkiksi hengityssuojaimien käyttöä. (OSHA 2010, 5.)

Vasta näiden toimenpiteiden jälkeen voidaan aloittaa metallien leikkaaminen. Leikkaaminen tapahtuu ylhäältä alaspäin aloittaen laivan kannesta ja päällirakenteista edeten alakantta kohden. Metallien leikkaaminen usein tapahtuu manuaalisesti polttoleikkaamalla, mutta leikkaamisessa on mahdollista käyttää myös muita työkaluja. Esimerkkinä muista työkaluista on saha, jolla voidaan leikata sellaisia metalleja, jotka eivät sisällä rautaa. Ensiksi laivoista leikataan suurempia osia ja ne siirretään nostokurjen avulla jatkoleikkausta varten pois laivasta. Tämän jälkeen osat leikataan tietyn muotoisiksi pienemmiksi palasiksi käyttökohteesta riippuen (OSHA 2010, 5.)

Viimeisenä vaiheena on materiaalien kierrättäminen ja hävittäminen. Saatavia materiaaleja on muun muassa romumetallit, kuten teräs, alumiini, kupari ja pienemmät määrät muita metalleja. Nämä lajitellaan ja myydään eteenpäin esimerkiksi yrityksille, jotka sulattavat metallit uutta käyttöä varten. (OSHA 2010, 5.)

3.1 Menetelmät

Laivojen purkaminen on pääpiirteittäin erittäin manuaalista työtä. Laivojen purkamiseen on käytössä erilaisia menetelmiä, joista tässä kandidaatintyössä keskitytään rantaromutukseen (beaching), josta on olemassa laivan rantautuksessa ramppia apuna käyttävä variaatio (landing), satamaromutukseen (alongside) ja kuivatelakointiin (dry-dock). Yleisesti laivojen elinkaaren loppuvaiheessa olevien laivojen kierrätyksessä ja purkamisessa menetelmänä rantaromutus on enimmäkseen käytössä Etelä-Aasiassa, satamaromutus Kiinassa sekä kuivatelakointi EU:n maissa ja Kiinassa. Lisäksi rampillinen rantaromutus on käytössä joissain Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestö OECD:n jäsenvaltioissa ja niissä valtioissa, jotka eivät kuulu Euroopan unioniin. (Barua et al. 2018, 30882.)

3.1.1 Rantaromutus

Rantaromutus on yleisimmin käytetty laivojen purkamismenetelmä (Lloyd's Register 2011, 10). Menetelmänä tätä pidetään edullisena, joustavana ja helposti mukautettavana, sillä tämä ei vaadi suuria investointeja laivojen kierrätyslaitosten infrastruktuuriin (Rizvi et al. 2020, 3). Niillä alueilla, joissa tämä menetelmä on käytössä, on paljon eroja aallonkorkeuksien välillä ja pinta-alaltaan erittäin suuret rantakaistaleet. Tällaisilla alueilla laivat pyritään ohjaamaan ylös rantaan mahdollisimman kovan vauhdin ja korkeiden aaltojen avulla. Yleisimmin käy kuitenkin niin, että laivat jäävät kiinni rantaliejuun ja ne täytyy vetää ylemmäs rantaan seuraavan aallon aikana esimerkiksi laivaan kiinnitettyjen teräksisten hinausköysien avulla. Aallon vaikutuksesta laivasta tulee kevyempi ja näin vetämiseen ei tarvitse käyttää niin paljoa työtä. (Lloyd's Register 2011, 10.)

Laskuvesialueella olevaa laivaa leikataan suuriin osiin, jotka ovat yksittäin kooltaan noin 20–50 tonnia. Ensimmäisen leikkausprosessin jälkeen osat raahataan vinssien avulla ylemmäs rantaan seuraavaa leikkausta varten. (Barua et al. 2018, 30882.) Jälkimmäisen leikkauksen jälkeen osat ovat tarpeeksi pieniä eli noin kaksi kertaa neljä metriä olevia palasia tai noin 2,5 cm paksuisia neliönmuotoisia palkkeja riippuen jatkojalostuksen kohteesta, minkä jälkeen ne voidaan lastata kuorma-autoon ja kuljettaa pois rannalta (Lloyd’s Register 2011, 10–11). Rantaromutuksessa kaikki prosessit tapahtuvat rannalla ja näitä prosesseja ovat leikkaaminen, lajittelu, erittely, lastaus ja tavarantoimitus. Tässä menetelmässä keskittyneisyys yhteen paikkaan säästää infrastruktuurista aiheutuvia kustannuksia ja lisäksi kierrätystä on mahdollista hoitaa helpommin ja taloudellisemmin. (Barua et al. 2018, 30882–30883.) Suurin ongelma laivojen purkamisessa rantaromutuksella on se, että mahdolliset purkamisesta aiheutuneet vuodot, kuten laivan sisältämät öljyt, huuhtoutuvat takaisin mereen aaltojen vaikutuksesta (Lloyd’s Register 2011, 11).

Rantaromutuksen ramppia apuna käyttävä variaatio on toimintaperiaateiltaan samanlainen kuin rantaromutus. Erona kuitenkin on se, että rantaliejun sijasta alustana toimii betonipäällysteinen ramppi. Rampin käytön etuna on purkamisprosessin kontrolloinnin mahdollisuus, sillä mahdollisia aiheutuneita vuotoja on helpompi valvoa ja pitää kurissa rampin ansioista. Laivasta poistetaan osia liikuteltavan nostokurjen avulla ja kun laivaa on kevennetty tarpeeksi, sitä vedetään ylemmäs rantaan. Tämä tehdään sen vuoksi, että aallot ja vuorovesi muodostavat kuitenkin jatkuvan riskin mahdollisten aiheutuneiden vuotojen pääsyyllä mereen. Lisäksi purkamisen yhteydessä saatetaan rakentaa väliaikainen laituritai aallonmurtaja aaltojen vaikutuksen heikentämiseksi. (Lloyd’s Register 2011, 11.)

3.1.2 Satamaromutus

Satamaromutuksessa laiva tuodaan purkamista varten suojatulle vesialueelle. Purkamisen on mahdollista tehdä esimerkiksi hylätyillä satamalaitureilla tai vastaavasti purkamiselle tarkoituksenmukaisesti rakennetuilla paikoilla. Laivaa lähdetään purkamaan ylhäältä alaspäin esimerkiksi aloittaen kansirakenteista ja puretut osat nostetaan nostokurjen avulla pois. Tä-

män jälkeen purkaminen siirtyy laivan alempiin osiin muun muassa konehuoneeseen, kunnes vain kaksoispohja on enää jäljellä. Pohja nostetaan kokonaisuena pois vedestä tai vastaavasti viedään kuivatelakalle lopullista purkamista varten. (Lloyd's Register 2011, 12.)

Satamaromutuksesta aiheutuvat päästöt johtuvat siitä, että purkamisprosessin aikana tapahtuneet mahdolliset vuodot levittäytyvät purkamisympäristön vesistöön (Barua et al. 2018, 30883). Päästöjen paikallinen vaikutus on muita menetelmiä korkeampi, sillä suojaosan vesistön vuoksi aallot eivät levitä päästöjä laajemmalle alueelle. Kuitenkin suljetussa vesistössä päästöjen pitoisuuksia on mahdollista valvoa, pitää kurissa ja tarvittaessa siivota. (Lloyd's Register 2011, 12.)

3.1.3 Kuivatelakointi

Kuivatelakointi on menetelmistä turvallisin ja kuormittaa vähiten ympäristöä (Lloyd's Register 2011, 12). Tämän vuoksi kyseistä menetelmää suositetaan esimerkiksi Euroopan unionin jäsenvaltioissa, Kiinassa ja Yhdysvalloissa (Hsuan & Parisi 2020, 5).

Menetelmässä laiva ohjataan sille tarkoitettulle telakalle, joka suljetaan tiiviisti, ja tilassa oleva vesi pumpataan kokonaan pois (Barua et al. 2018, 30883). Laiva puretaan osa kerrallaan ja kun purkaminen on saatettu päätökseen, telakka puhdistetaan ja täytetään vedellä seuraavaa purettavaa laivaa varten. Kuivatelakointi on menetelmänä erinomainen, sillä se ei saastuta lähes ollenkaan telakan ympäristöä. (Lloyd's Register 2011, 12.) Mahdollisista vuodoista aiheutuneet päästöt vapautuvat suljetulle alueelle, jonka vuoksi niitä on helppoa pitää kurissa ja siivota (Barua et al. 2016, 30883). Lisäksi kuivatelakoinnissa on mahdollista koneistaa ainakin osa muuten tehtävästä manuaalisesta työstä (Hsuan & Parisi 2020, 5). Kuitenkin kuivatelakoinnin rakennus- ja ylläpitokustannukset ovat kohtalaisen suuret verrattuna muihin menetelmiin (Lloyd's Register 2011, 12).

3.2 Tekniikat ja työvälineet

Laivoista saatavia metalleja on mahdollista irrottaa erilaisten muun muassa polttolaitteiden, sahojen ja leikkureiden avulla. Purkamisprosessissa on käytössä erilaisia konetekniikan osa-

alueita, joista meistotekniikkaan kuuluva levytyötekniikka on yksi näistä. Levytyötekniikassa käytetään erilaisia leikkaavia, muovaavia ja liittäviä menetelmiä. Levytyöissä yleisin käsiteltävä materiaali on teräslevy. (Ihalainen et al. 2003, 232.)

Yksi leikkausmenetelmä laivojen purkamisessa on plasmaleikkaus. Plasmaleikkauksen avulla voidaan leikata terästä ja muita eri paksuisia metalleja laivoista. (Siti et al. 2016, 2.) Plasmaleikkaus on sulatusleikkausmenetelmä, jossa kuuman plasman lämpöenergiaa hyväksikäyttäen sulatetaan leikattavaan levyyn railo. Sulanut metalli puhalletaan pois plasmakaasun kineettistä energiaa hyväksikäyttäen. Plasmaleikkauksella voidaan leikata metalleja, joita ei muilla termisillä leikkausmenetelmillä pystytä leikkaamaan. (Ihalainen et al. 2003, 263, 265.)

Polttoleikkaus on terminen leikkausmenetelmä, jossa leikattavaa metallia kuumennetaan paikallisesti syttymislämpötilaansa ja poltetaan suuntaamalla siihen hapen muodostama kaasusuihku. Polttoleikkaussuuttimesta virtaavan polttokaasun ja kuumennushapen seos palaa suuttimen päähän muodostuvassa liekissä ja syntyvät palokaasut kuumentavat leikattavan metallin. Polttoleikkauksen eräs suurimmista eduista mekaaniseen sekä muihin termisiin leikkausmenetelmiin verrattuna on se, että sillä on mahdollista leikata erittäin suuria aineenvahvuuksia. Leikattavien materiaalien paksuudet voivat olla jopa 1500 mm. (Ihalainen et al. 2003, 261, 263.) Polttolaitteissa suositellaan käytettäväksi ilmaa kevyempiä kaasuja esimerkiksi asetyleeniä tai maakaasua, sillä ne kohoavat ylöspäin työskentelyalueella. Ilmaa raskaammat kaasut kuten argonkaasu, propaani ja hiilidioksidi vastaavasti painuvat alaspäin ja näin kerääntyvät helpommin työskentelyalueille. (OSHA 2010, 10.)

Polttoleikkauksen lisäksi metallia on mahdollista leikata muilla mekaanisilla menetelmillä, kuten sahaamalla. Sahaaminen voi aiheuttaa mahdollisia vahinkoja työskentelyalueilla ja tästä syystä edestakaisin liikkuvia teriä tulee huoltaa säännöllisesti, jotta ne pysyvät terävinä. Terien säännöllinen huolto turvallisuuden lisäämisen lisäksi nopeuttaa laivan metalliosien leikkaamisprosessia. (OSHA 2010, 11.)

Edellä mainittujen työvälineiden lisäksi laivojen metalliosien leikkaamisessa käytetään hydraulisia leikkureita. Suuret teollisuuden leikkurit kykenevät leikkaamaan suuria metalliosia

pienempiin osiin nopeammin kuin esimerkiksi erilaisien polttoleikkauksen työvälineillä on mahdollista. Hydraulisten leikkureiden käyttö myös vähentää mekaanisen työn tarvetta. Leikkurit jaetaan yleensä niiden liikuteltavuuden perusteella ja leikkurin valinta riippuu muun muassa leikattavan metallin osan koosta, paksuudesta ja kovuudesta. (Bright Hub Engineering 2009.)

Levytyötekniikka on kehittynyt ajan saatossa paljon automatiikan alueella koskien niin yksittäisiä levytyökoneita, kuin kokonaisia koneryhmiäkin. Esimerkiksi laivojen metalliosien nostamisessa ja siirtämisessä käytettävät laitteet voivat olla mekaanisia, pneumaattisia tai sähköisiä. Pneumaattiset eli paineilmakäyttöiset imukuppilaitteet soveltuvat hyvin osien nostamiseen ja siirtämiseen. Pneumaattisten imukuppilaitteiden etuna on esimerkiksi se, että raskaiden ja suurien levyjen käsittely vaatii vähemmän työvoimaa eikä laite pudota nostettavaa tai siirrettävää materiaalia mahdollisen sähkövirran katketessa. (Ihalainen et al. 2003, 279.) Lisäksi NC-tekniikka eli numeerista ohjausta (Numerical Control) käyttävää tekniikkaa on käytössä kaikilla metalliteollisuuden aloilla. NC-tekniikkaa käytetään esimerkiksi polttoleikkauskoneissa. (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 184-185.) Vaihtoehtoisena menetelmänä vaikeasti puhdistavien pintojen esikäsittelylle laivojen purkamisessa ennen metallien leikkaamista voidaan käyttää automatisoitua vesipuhallinta, joka irrottaa korkean veden paineen avulla erilaisia päällysteitä (Siti et al. 2016, 2).

4 MATERIAALIT JA NIIDEN KIERRÄTYS

Laivojen rakenteissa käytetään paljon erilaisia materiaaleja. Vaikka laivat voivat kuljettaa rahtinaan jätteiksi luokiteltavia materiaaleja, laiva itsessään luokitellaan jätteeksi siitä hetkestä lähtien, kun se päätetään purkaa. (NGO Shipbreaking Platform b.) Laivojen romuttamisen myötä on mahdollista saada laivoista saatavat kierrätettävät materiaalit takaisin uudelleenkäytettäväksi. Laivojen romutus- ja kierrätysteollisuus kierrättää 90–95 % laivojen kokonaispainosta. (Barua et al. 2018, 30880, 30889.)

4.1 Teräs

Suurin osa laivojen kierrätettävistä materiaaleista on terästä (Basel Convention 2003, 46). Teräs on laivojen rakennusmateriaalina hyvin monikäyttöistä ja on erittäin olennainen osa laivojen rakenteita. Laivojen teräsrakenteet ovat pääosin joko teräslevyistä tai -profiileista tehtyjä. Tärkeimmät teräksiset rakenteet laivoissa ovat sekä sisä- että ulkopohja, rungon sivujen päällysteet, kannen päällysteet, laipiot eli osastoivat seinät, jotka kulkevat laivan poikki- ja pituussuunnassa sekä laivan sisäkannet. Lisäksi näiden tukirakenteet ovat yleisesti teräksisiä. Erilaisiin teräsrakenteisiin käytetään spesifejä teräsmateriaaleja niiden ominaisuuksien mukaan. Laivojen runkorakenteissa yleisimmin käytetään niukkahiilisiä teräksiä. Korkealujuuksisia teräksiä käytetään irtolastialuksiin, rahtilaivoihin ja suuriin säiliöaluksiin, joissa rasitukset ovat korkeampia. Korkealujuuksisten terästen käyttäminen laivoissa mahdollistaa paksuuden vähentämisen rakenteissa, jolloin laivojen kapasiteetti esimerkiksi tavarakuljetuksen suhteen kasvaa. Teräksiä, jotka kestävät korroosiota esimerkiksi ruostumaton teräs, ei käytetä laivojen rakenteissa juurikaan, sillä niiden valmistaminen ja käyttäminen on muita teräslaatuja kalliimpaa. Tätä käytetään vain silloin, kun se on välttämätöntä. (Eyres & Bruce 2012, 49-50, 173-174.)

Teräs on kierrätetyin materiaali maailmassa (American Iron and Steel Institute). Teräksen kierrättämisen etuna on se, että sen ominaisuudet eivät heikkene uudelleen käsittelyn myötä. Lisäksi käyttämällä sopivia prosessointimenetelmiä ja metallurgiaa teräksen arvoa on mahdollista kasvattaa. (World Steel Association.) Pääasiassa kierrätysteräksen sulatusmenetelmänä käytetään valokaariuuniprosessia. Prosessissa kierrätysteräs sulatetaan lämmön avulla,

joka saadaan yleisesti sähköstä. Valokaariuuniprosessissa saadaan tehtyä sekä kierrätysteräksen sulatus että mellotus. (Metallinjalostajat ry 2014, 37.) Mellotus tarkoittaa hiilen poistamista ja näin hiilipitoisuuden alentamista raakaraudasta yleisesti polttamalla (Ihalainen et al. 2003, 13). Kierrätysteräs sisältää aina jonkin verran epäpuhtauksia ja mellotuksen yhteydessä on mahdollista poistaa rautaa kevyempiä alkuaineita. Rautaa raskaampia metalleja esimerkiksi kuparia, tinaa ja arseenia ei saada poistetuksi valokaariuuniprosessin aikana. Nämä aineet ovat yleensä teräksen ominaisuuksien kannalta haitallisia ja niiden pitoisuuksia voidaan rajoittaa raaka-aineiden lajittelun avulla. (Metallinjalostajat ry 2014, 37.) Maailmanlaajuisesti käytetystä teräksestä noin 86 % on kierrätettyä (Rahman et al. 2016, 963). Vuosittain noin 5,8 miljoonaa tonnia laivoista saatuja teräsmateriaaleja kierrätetään maailmanlaajuisesti (Rizvi et al. 2020, 1). Suomessa käytetään yli miljoona tonnia kierrätysterästä vuosittain (Metallinjalostajat ry 2014, 106). Kuitenkaan teräksen kysyntään ei pystytä täysin vastaamaan, vaikka kaikki saatavilla oleva teräsromu kierrätettäisiinkin. Arviolta uudet teräksiset tuotteet sisältävät 37 % kierrätettyä terästä. (World Steel Association.)

4.2 Alumiini

Alumiiniseosten etuina verrattuna teräkseen laivojen rakenteissa ovat alumiinin keveys, sen vahva korroosionkestokyky ja se, että alumiini ei ole magneettinen materiaali. Alumiini painaa vain noin kolmasosan siitä, mitä niukkahiilisen teräksen paino on. Alumiinia käytetään nimenomaan sen keveyden vuoksi laivojen päällirakenteissa. Tämä mahdollistaa sen, että laivojen painopiste on päällirakenteiden alapuolella, koska laivan pohjarakenteet tehdään teräksestä. Lisäksi laivoista voidaan rakentaa kapeampia sekä korkeampia eli niihin on mahdollista tehdä useampia kansia, kuin mitä täysin teräksisiin laivoihin on mahdollista. (Eyres & Bruce 2012, 53-54.) Vaikka alumiinirakenteiden ylläpitokustannukset ovat matalia, niiden valmistuskustannukset ovat korkeammat. Korkeiden valmistuskustannuksien vuoksi alumiinirakenteiden käyttäminen ei ole järkevää kaikkien laivojen kohdalla. (Sethi 2020.)

Kierrätetty alumiini on erittäin tärkeä osa metalliteollisuutta. Se vähentää jopa 95 % tuontialumiinin tarvetta ja vähentää 95 % alumiinin mineraalien louhimisesta aiheutuvia päästöjä. Kerran valmistettuna alumiinin voidaan ajatella olevan pysyvästi osa kierrätettävien materi-

aalien kiertoa. Kierrättämisen jälkeen saadusta alumiinista pyritään tuottamaan samankaltaisia tuotteita, kun mitä ne olivat ennen kierrättämistä. Alumiinin laaja kierrättäminen sisältää alumiinijätteen keräämisen, esivalmistelun, sulattamisen, jalostamisen ja lopullisen tuotteen tuottamisen. (Green 2007, 110, 114.) Alumiinin esivalmistelussa alumiiniromu ensin murskataan, jonka jälkeen murskatusta metalliseoksesta erotellaan magneetin avulla pois muut materiaalit. Jäljelle jääneestä murskasta poistetaan mahdolliset maalit ja päällysteet kuuman ilman avulla. Vasta tämän vaiheen jälkeen alumiini voidaan sulattaa. (Conserve Energy Future.)

4.3 Vaarallinen jäte

Jokainen laiva voi sisältää joitain määriä vaarallisia materiaaleja rakenteissaan. Vaaralliset jätteet tulee asianmukaisesti paikallistaa, tunnistaa, poistaa ja hävittää. (NGO Shipbreaking Platform b.) Monet nykyisin purettaviksi päätyvistä laivoista voivat olla rakennettu jopa 1960-luvulla, jolloin tiettyjen nykyään kiellettyjen materiaalien käyttö oli sallittua. Vaarallisten jätteiden hävittämistä oikealla tavalla tukee nykyiset ympäristölainsäädännöt. (Yan et al 2018, 189, 191.)

Asbesti on yksi eniten käytetyimmistä ja myös vaarallisimmista materiaaleista laivoissa. Asbestia käytetään yleensä laivojen konehuoneissa sen lämpöeristävyuden ja tulenkestävyyden vuoksi. Sitä löytyy myös esimerkiksi laivojen seinärakenteista teräslevyjen välistä. Purkamisprosessissa asbesti hajoaa pieniksi hiukkasiksi ja se voi jäädä ympäröivään ilmaan pidemmiksikin ajoiksi. Asbestin hengittäminen on hengenvaarallista. (NGO Shipbreaking Platform b.)

Viimeisten vuosikymmenien aikana asbestia sisältäviä jätteitä on hävitetty yleisimmin haudamalla ne kaatopaikkojen maaperään tai vastaavasti asbestin hävittämiseen tarkoitettuihin kaivoksiin erityisesti Euroopassa. Yleisin vaihtoehtoinen menetelmä näille on asbestin rakenteen muuttaminen korkean lämpötilan avulla. (Pacheco-Torgal et al. 2013, 500, 506.) Korkeassa lämpötilassa asbesti olomuoto muuttuu niin, että siitä tulee täysin vaaratonta, ja se on mahdollista kierrättää kuten keraamiset materiaalit (Gualtieri & Tartaglia 2000, 1409).

Raskasmetalleja voi esiintyä muun muassa laivan metallirakenteista, öljyissä ja polttoaineissa, maaleissa ja päällysteissä sekä pilssiveden ja painolastiveden joukosta (Basel Convention 2003, 27). Laivoista löytyvistä raskasmetalleista esimerkkejä ovat lyijy, elohopea, kadmium, sinkki ja kupari. Näistä erityisesti elohopeaa on löydettävissä laivojen lämpömittareista, sähkö- ja tasokytkimistä sekä valaisimista. (NGO Shipbreaking Platform b.) Lyijyä voi löytyä laivoilla käytettävistä akuista ja pattereista, maaleista, erilaisista moottorien osista, generaattoreista, putkistoista ja kaapeleista. Esimerkiksi lyijyä sisältävät akut ja patterit kierrätetään yleensä niiden kunnosta riippumatta, sillä lyijy on materiaalina kohtuullisen arvokas. (Basel Convention 2003, 47, 56.) Kupari on yksi arvokkaimmista metalleista, joita laivoista on saatavilla ja sitä voi löytää esimerkiksi laivojen kaapeleista ja johdoista. Johdot ja kaapelit laitetaan silppuriin, jonka jälkeen koostumus vastaa soran rakennetta. Tämän jälkeen muut johtojen sisältämät aineet on mahdollista erotella kuparista esimerkiksi magneetin avulla, jolloin jäljelle vain puhdasta kuparia. (OSHA 2010, 11.)

Vaaralliseksi jätteeksi luokiteltavia öljyjä löytyy laajasti eri osista laivoja. Myös polttoaine luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi. Näitä molempia on löydettävissä laivojen putkistoista, säiliöistä ja erilaisten koneiden ympäristöstä. Öljyjä löytyy rahtilaivojen tiloista, joissa rahti, esimerkiksi öljytynnyrit, ovat olleet kuljetuksen aikana. Laivojen pilssi- ja painolastivedet voivat myös sisältää öljyjäämiä. Pilssivesi voi sisältää öljyn lisäksi muita vaarallisiksi luokiteltuja aineita, kuten epäorgaanisia suoloja. Erilaisia öljyjä pitää säilyttää toisistaan erillään ja käytetyt öljyt tulee merkitä asianmukaisesti. Käytettyjä öljyjä voidaan käsitellä ja puhdistaa, jonka jälkeen ne on mahdollista myydä jatkokäyttöä varten. (Basel Convention 2003, 27-28, 34, 48-49.)

Muita vaarallisia aineita ovat esimerkiksi PAH-yhdisteet eli polysykliset aromaattiset hiilivedyt, PCB-yhdisteet ja organotinayhdisteet. Näitä aineita löytyy eniten maaleista ja erilaisista päällysteaineista. (Basel Convention 2003, 28.) PCB-yhdisteitä on löydettävissä laivoilta sekä kiinteässä että nestemäisessä muodossa. Poltettaessa niistä muodostuu vaarallisia aineita, dioksiineja ja furaaneja. Vaikka nestemäisiä PCB-yhdisteitä on helpompaa poistaa, etenkin vanhoissa laivoissa on käytetty kiinteitä PCB-yhdisteitä huomattavasti enemmän. Laivat voivat sisältää jopa satoja tonneja PCB-yhdisteillä kontaminoituneita materiaaleja,

joita löytyy myös esimerkiksi eristeistä ja johdoista. TBT eli tributyylitina on yksi organotinayhdisteistä. Sitä käytetään laivanpohjan kasvillisuudenestomaalina, sillä se tappaa eläviä organismeja kuten leviä ja äyriäisiä. Vaikka TBT:n käyttö on kielletty useiden kansainvälisten viranomaistahojen toimesta ja sitä käytetään edelleen maissa, joissa lainsäädäntö ei määrittele toimia niin tiukasti. (NGO Shipbreaking Platform b.) Suurin osa maaleista ja erilaisista päällysteaineista on mahdollista kierrättää tai hävittää niiden käsittelyyn erikoistuneissa laitoksissa (Basel Convention 2003, 51).

4.4 Muu jäte

Muuta laivoista saatavaa jätettä ovat esimerkiksi puutavara, PVC-muovi eli polyvinyylikloridi, akut ja patterit, radioaktiiviset aineet sekä freonit. Puutavaraa löytyy laivoista huonekalujen ja seinien rakenteiden muodossa. Puutavara voi sisältää erilaisia päällystemateriaaleja kuten maalia. PVC-muovia käytetään laaja-alaisesti laivoissa. Niitä on mahdollista löytää kaapeleista, lattiapinnoista ja erilaisista muovisista tavaroista. PVC-tuotteet voivat sisältää jopa yli 50 % kloridia ja vaarallisiksi aineiksi luokiteltavia lisäaineita. PVC-muovia poltettaessa siitä voi vapautua myrkyllisiä kaasuja. Akut ja patterit voivat sisältää raskasmetalleja kuten lyijyä, kadmiumia ja nikkeliä. Laivoissa pattereita on muun muassa taskulampuissa, radiopuhelimissa ja muissa piensähkölaitteissa. Akkuja taas laivoissa on palohälyttimissä ja suuremmissa elektronisissa laitteissa sekä mahdollisesti pelastusveneissä. Valaistut turva-merkit ja laitteet, jotka tunnistavat ilmassa olevaa savua esimerkiksi jotkin palohälyttimet, voivat sisältää radioaktiivisia aineita. Freonit eli kloorifluorihilivedyt eli CFC:t ovat myrkyttömiä ja syttymättömiä yhdisteitä. Freoneita voi löytyä kylmälaitteista, liuottimista ja vaahtosammuttimista. (Basel Convention 2003, 56.)

Yleisesti ottaen kaikki laivoilta löytyvä irrallinen tavara esimerkiksi huonekalut ja sähkölaitteet, jotka eivät pidä sisällään vaarallisia aineita ja ovat hyväkuntoisia, voidaan uudelleenkäyttää esimerkiksi myymällä eteenpäin. On yleistä, että laivojen kierrätyslaitosten työntekijät saattavat ostaa henkilökohtaiseen tarkoitukseensa huonekaluja tai vastaavasti niitä myydään paikallisilla markkinoilla. Huonokuntoiset ja vaarallisia aineita sisältävät materiaalit ja huonekalut viedään kaatopaikoille, jossa ne hävitetään asianmukaisesti. (Hsuan & Parisi 2020, 2, 5.)

5 PÄÄSTÖT JA YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

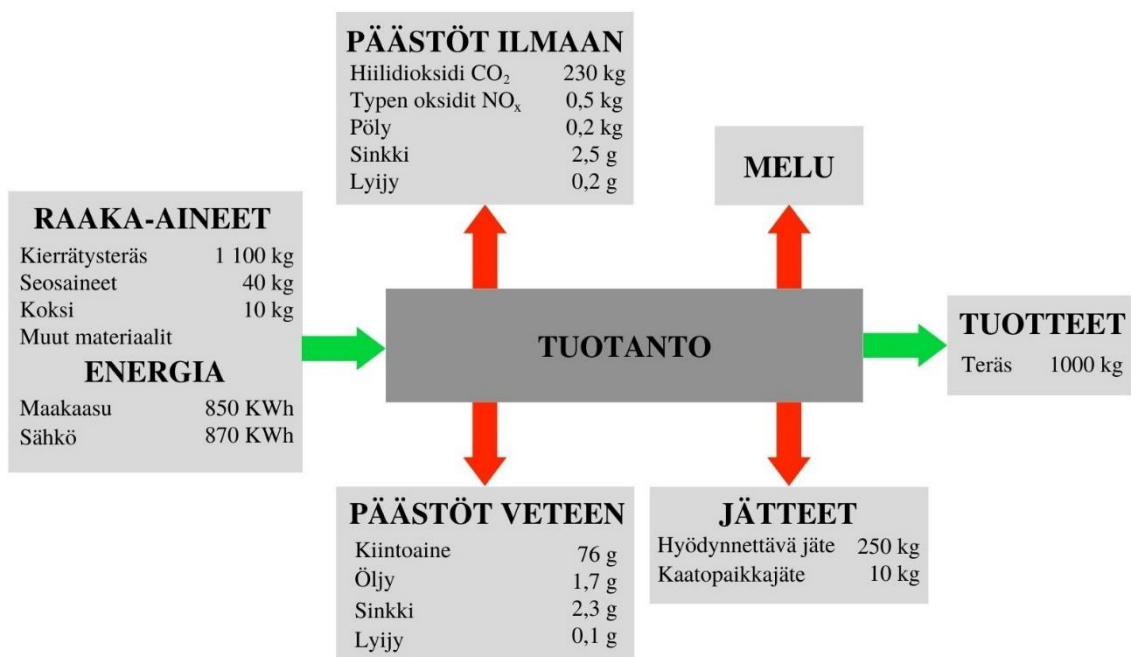
Laivojen purku- ja kierrätysteollisuutta pidetään yleisesti vaarallisena teollisuudenalana sekä ympäristölle että työntekijöille johtuen siitä, että ymmärrys on puutteellista kestävästä jätteenkäsittelystä ja sopivista purkamismenetelmistä. Vain 10 % purettavista laivoista kierrätetään vastuullisesti ja tämä tapahtuu pääsääntöisesti teollisuusmaissa. Loput 90 % laivojen purku- ja kierrätyskohteista käyttävät menetelmänä rantaromutusta ja kohteet sijaitsevat yleisesti Etelä- ja Itä-Aasiassa. (Barua et al. 2018, 30881.) Tässä kandidaatintyössä keskitytään vain rantaromutuksesta aiheutuviin ympäristövaikutuksiin ja teräksen kierrättämisestä aiheutuneisiin päästöihin.

Laivojen purku- ja kierrätysteollisuudesta aiheutuu paljon sekä nestemäisiä, kiinteitä ja kaasumaisia päästöjä. Nämä voivat kerääntyä rannikkoalueiden maaperään ja sieltä päätyä eteenpäin vesistöihin, sieltä eliöihin ja lopulta rikastua ruokaketjussa. Orgaaniset ja epäorgaaniset saasteet voivat purkuprosessin aikana höyrystyä ilmakehään, kun laivojen materiaaleja kuumennetaan esimerkiksi polttoleikkauksen yhteydessä. (Barua et al. 2018, 30884.) Rantaromutuksen yhteydessä muodostuneet epäpuhtaudet vapautetaan lähes poikkeuksetta käsittelemättömänä laivojen kierrätyslaitosten rannikon ympäristöön, josta ne voivat kulkeutua meriympäristöön. Rannikoiden vesistöihin voi joutua esimerkiksi laaja määrä erilaisia VOC-päästöjä eli haihtuvia orgaanisia yhdisteitä, voiteluaineliuoksia, maali ja päällysteaineiden jäämiä sekä metallipitoista lietettä. Nämä aiheuttavat negatiivisia ympäristövaikutuksia niiden myrkyllisyyden ja ympäristöön kertymisen vuoksi ja laivojen kierrätyslaitosten läheisyydestä on havaittu vesistöissä muutoksia. (Barua et al. 2018, 30884, 30886.)

Lisäksi maaperän kontaminoituminen on suuri uhka ympäristölle, sillä maaperä toimii sekä nieluna että päästöjen lähteenä. Laivojen kierrätyslaitosten läheisyydessä olevista meren pohjan maaperästä on löydetty esimerkiksi jäämiä raskasmetalleista, PAH-yhdisteistä ja PCB-yhdisteistä. Lisäksi eristysmateriaaleista peräisin olevia muovia, kankaita ja stryrokspakkauksia on havaittu löytyvän vuorovesialueilta laitosten läheisyydestä. Laivojen purku- ja kierrätysteollisuudesta aiheutuneita mikromuoveja on laajasti levinnyt meriympäristöön virtausten mukana. Mikromuovit ovat lähtöisin suuremmista muovituotteista, jotka ovat hajonneet. Mikromuoveja ja muita ympäristölle haitallisia yhdisteitä on havaittu lisäksi myös

merenelävistä. Joidenkin kalakantojen populaatioiden pieneneminen johtuu laivojen purku- ja kierrätysteollisuuden päästöistä. Sen perusteella, että kyseisestä teollisuudesta johtuvat päästöt rikastuvat ruokaketjussa, voidaan olettaa niiden vaikuttavan joissain määrin myös ihmisiin. Ilmakehästä löytyvät päästöt kuten PCB-yhdisteet ja PAH-yhdisteet on liitetty johtuvan kierrätyslaitosten toiminnasta. Joitakin ilmakehään joutuvista päästöistä on yhdistetty johtuvan metallilevyjen polttoleikkauksesta aiheutuvasta maalien haihtumisesta. (Barua et al. 2018, 30886-30887.)

Teräs on täysin kierrätettävissä oleva materiaali ja Suomessa kierrätysterästä käytetään yli miljoona tonnia vuodessa. Tuotantoprosessien kehittämiseen pyritään investoimaan, jotta tuotannon aikana voitaisiin käyttää mahdollisimman vähän raaka-aineita ja energiaa. Lisäksi teräksen valmistuksessa syntyneiden sivutuotteiden hyötykäyttöä pyritään parantamaan. Kuva 1 esitetään Imatran terästehtaan ekotase, josta käy ilmi käytettävät raaka-aineet ja energiamuodot, tuotannosta aiheutuneet päästöt sekä lopputuote. Lisäksi kuva 1 pyrkii havainnollistamaan kierrätysteräksen tuotannon ympäristövaikutuksia suhteessa kierrätysteräksestä valmistettuun tuotteeseen. Terästehtaassa käytetään sähkövalokaariuuniprosessia tuottamaan kierrätysteräksestä tankoterästuotteita. (Metallinjalostajat ry 2014, 106.)



Kuva 1. Imatran terästehtaan ekotase. (muokattu Metallinjalostajat ry 2014, 106.)

Teräksen tuotannossa käytetään korkeita lämpötiloja, jonka vuoksi tarvitaan jäädytystarkoitukseseen suuria määriä vettä. Vesi kiertää suljetuissa putkistoissa, joissa se ei pääse kontaminoitumaan. Tämän ansiosta vesi voidaan laskea myöhemmin vesistöön ilman puhdistamista. Tämän lisäksi vettä käytetään tehtaassa suoraan laitteistojen ja kuumen teräksen jäähdyttämiseen, jolloin käytetty vesi tulee puhdistaa ennen vesistöön laskemista. Tehtaan päästövesialueita ja niiden laatua tulee seurata säännöllisesti. (Metallinjalostajat ry 2014, 107.)

Teräksen tuotannosta aiheutuu hiukkaspäästöjä kuten kaasujen mukana kulkeutuvaa pölyä, joka on rakenteeltaan hienojakoista ja koostuu pääosin rautaoksidista. Pöly pyritään ottamaan mahdollisuuksien mukaan talteen ja kierrättämään. (Metallinjalostajat ry 2014, 107.)

Terästeollisuudesta syntyy kasvihuonekaasuja esimerkiksi hiilidioksidia, metaania ja typpioksiduulia (Metallinjalostajat ry 2014, 107). Kasvihuonekaasuilla on ilmastoa voimakkaasti lämmittävä vaikutus (Ilmatieteenlaitos). Terästeollisuudesta syntyneiden hiilidioksidipäästöjen osuus on noin 3 % koko maailman kasvihuonekaasupäästöistä (Metallinjalostajat ry 2014, 107).

Terästeollisuudesta muodostuvia sivutuotteita ovat muun muassa kuonat, valssihilse ja jätelämpö. Kuona-aineita voidaan käyttää hyväksi sekä maa- että tierakentamisessa, sementin valmistamisessa ja maanparannusaineena. On myös mahdollista saada talteen metalleja, jotka voidaan palauttaa takaisin prosessiin. Jätelämpöä voidaan käyttää esimerkiksi kaukolämmön tuottamiseen. (Metallinjalostajat ry 2014, 108.)

Imatran terästehtaan vuosituotanto on 250 000 tonnia tankoterästuotteita. (Metallinjalostajat ry 2014, 106). Näiden valmistukseen siis käytetään 275 000 tonnia kierrätysterästä. Vuosittain romulaivoista saatava 5,8 miljoonaa tonnia teräsmateriaalia vastaa siis Imatran terästehtaan reilun 21 vuoden tuotantoon vaadittavan kierrätysteräksen raaka-aineita. Kuitenkin koko Suomessa käytettävän kierrätysteräksen tuotanto on miljoona tonnia.

6 KEHITYSSUUNNAT

Laivojen purku- ja kierrätysteollisuudessa käytetyt menetelmät ovat menossa kohti ympäristöystävällisempää suuntaa. On odotettavissa, että laivojen purku- ja kierrätysteollisuus pystyy vuoteen 2030 mennessä siirtymään täysin kuivatelakointimenetelmän käyttämiseen. Kansainväliset määräykset vaativat laivojen omistajia säännöllisesti kuivatelakoimaan laivat muun muassa tarkastuksia varten. Kuivatelakoinnin yleistyminen olisi erittäin suuri edistysaskel laivateollisuudelle ja siitä aiheutuvien ympäristövaikutusten minimoimiselle. (NGO Shipbreaking Platform a.)

Laivojen purkamista koskien vaatimukset ympäristöystävällisestä toiminnasta ovat nousseet kansainvälisesti esille ja yhä useampi laivoista täytyy purkaa niiden saavuttaessa elinkaarensa loppuvaiheen. Tämän vuoksi myös Euroopassa on lisääntynyt tarve kestäväille laivojen kierrättämiselle. Kierrättämisen tarpeen vuoksi laivojen purkamisesta sekä kierrätyksestä ja niiden mahdollisuudesta Suomessa on keskusteltu muutaman viimeisen vuoden ajan. Suomessa lainsäädännöt ja asetukset ympäristöön liittyen ovat tiukkoja. Aiheesta on tehty selvityksiä, joista tulee ilmi kokonaiskuva sekä maailmanlaajuisesta että Euroopassa tapahtuvasta laivojen purku- ja kierrätysteollisuudesta. (Evak 2021.)

Selvityksistä tulee ilmi myös Suomen potentiaali toimia osana laivojen purku- ja kierrätysteollisuutta. Selvityksissä pohditaan Turun korjaustelakan mahdollisuutta toimia virallisena laivojen kierrätyslaitoksena. Tämä pitää sisällään mahdollisuuden hankkia sekä purkaa elinkaaren loppuvaiheessa olevia laivoja, kierrättää niistä saatavia arvokkaita materiaaleja, muodostuvien jätteiden käsittelyä ja tukea tämänhetkistä merenkulku- ja kierrätysteollisuutta. Selvitysten lisäksi on tehty valmisteluja sen suhteen, että Turun korjaustelakka voitaisiin lisätä EU:n listaan vaatimusten mukaisista laivojen kierrätyslaitoksista. Selvityksiä varten on tehty simulaatio kokonaisen laivan kierrättämisestä Turun korjaustelakalla. Tämä simulaatio on tuonut lisää tietoa siitä, miten laivojen purkamisen tapahtuisi Suomessa. Kokonaisuudessaan Turun korjaustelakalla on hyvät edellytykset toimia EU:n asetusten ja Suomen viranomaisten vaatimusten mukaisesti. (Evak 2021.)

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Tällä hetkellä laivojen purku- ja kierrätysteollisuus ei ole kovinkaan kilpailukykyistä Euroopassa, sillä käytettävien menetelmien rakennus- ja ylläpitokustannukset ovat korkeita. Kuitenkin voidaan olettaa, että lainsäädännön tiukentumisen myötä olisi mahdollista saada keskitettyä purettavien laivojen tuotantoa myös enemmän teollisuusmaihin. Erilaisten ilmastosopimusten, laivojen purkuun liittyvien lainsäädäntöjen ja asetusten myötä voidaan asettaa yrityksille velvoitteita, joilla voidaan edesauttaa kyseisen teollisuudenalan kestävää toimintaa.

Laivojen purku- ja kierrätysteollisuudessa toimivien yritysten valveuttaminen oikeanlaiseen jätteenkäsittelyyn ja ympäristön kannalta parempien vaihtoehtoisten purkamismenetelmien käyttämiseen on tärkeää. Parempana vaihtoehtona rantaromutukselle voisi olla ympäristöä vähemmän kuormittava sovellus, jossa käytetään ramppia purkamisalustana. Jos laivojen purku- ja kierrätysteollisuus keskittyisi enemmän teollisuusmaihin, voisi laivojen purkamiseen käytettävien tekniikoiden kehitykseen investoida enemmän.

Laivojen purkamista ja niiden kierrätystä ohjaa hyvin paljon erilaiset lait ja asetukset. Lait ja asetukset edesauttavat laivojen purku- ja kierrätysteollisuuden turvallisuutta niin ympäristön kuin ihmistenkin kannalta sekä materiaalien kestävää käyttöä. Tärkeimpiä lakeja ja asetuksia ovat Baselin yleissopimus, Yhdistyneiden kansakuntien merioikeusyleissopimus, MARPOL- yleissopimus, Hong Kongin yleissopimus sekä Euroopan aluskierrätysasetus. Myös Suomessa on erilaisia lakeja ja toimintamalleja, joilla pyritään vaikuttamaan laivoihin ja niistä aiheutuviin ympäristöongelmiin. Esimerkiksi suomalaisessa merensuojelulaissa kielletään minkäänlaisten meriä pilaavien toimien aiheuttaminen sekä Suomen talousvyöhykkeen sisällä ja ulkopuolella.

Purkamista voidaan toteuttaa monilla erilaisilla menetelmillä: rantaromutuksella, satamaromutuksella ja kuivatelakoinnilla. Näistä rantaromutus on enimmäkseen käytössä Etelä-Aasiassa, satamaromutus Kiinassa sekä kuivatelakointi EU:n maissa ja Kiinassa. Rantaromutus on menetelmistä kaikkein yleisin, mutta siitä aiheutuu myös verrannollisesti muihin kaikista eniten haittoja ympäristölle. Rantaromutuksen yhteydessä onkin kehitetty variaatio, jossa

laivojen purkamisessa käytetään apuna ramppia ja tällä tavoin pystytään hiukan paremmin kontrolloimaan esimerkiksi purkamisesta aiheutuvia vuotoja.

Teknillisesti laivojen purkaminen on hyvin mekaanista työtä. Laivat puretaan osa kerrallaan yleensä erilaisilla leikkureilla, sahoilla ja polttolaitteilla. Polttoleikkaus on metallien leikkaamisesta pienempiin osiin yleisin tekniikka ja tällä tekniikalla työskennellessä on tärkeää esimerkiksi esikäsitellä leikattava materiaali niin, ettei siitä aiheudu haitallisia kaasuja. Tämä tarkoittaa muun muassa sitä, että maalit ja muut päällystemateriaalit on tärkeää poistaa leikattavasta materiaalista ennen varsinaista leikkausta. Sahaamista käytetään myös polttoleikkauksen ohella, kun osia irrotetaan laivasta. Tässäkin tekniikassa on omat vaaransa, terät tulee esimerkiksi huoltaa riittävän usein, jotta tarpeettomilta vahingoilta vältytään.

Laivoista saadaan hyvin paljon erilaisia materiaaleja ja laivojen purkuteollisuus saakin kierrätettyä jopa 95 % laivojen kokonaispainosta. Materiaaleista teräs on ehdottomasti yleisin käytetty materiaali, se on monikäyttöistä ja näin ollen sitä käytetäänkin laivojen erilaisissa rakenteissa hyvin monipuolisesti. Tärkeimpiä teräksisiä rakenteita on laivojen runkojen päällysteet, sisä- ja ulkopohja, kannen päällysteet ja laipiot. Tukirakenteet ovat myös kestävyytensä vuoksi usein teräksisiä. Teräksen kierrätys on todella olennainen osa laivojen kierrätysteollisuutta, maailmanlaajuisesti kierrätetään vuosittain laivojen purkamisesta saatuja teräsmateriaaleja jopa 5,8 miljoonaa tonnia ja maailman kaikesta teräksestä noin 86 % onkin kierrätettyä. Teräksen kierrätyksestä siitä erotellaan sen ominaisuuksia heikentäviä materiaaleja ja lopulta teräs sulatetaan uutta käyttöä varten. Teräksen lisäksi alumiinia käytetään paljon laivojen rakennuksessa, muun muassa niiden päällysrakenteissa. Alumiini on terästä paljon kevyempi materiaali ja laivoista voidaan tämän takia rakentaa paljon kapeampia ja korkeampia. Alumiini sopiikin erityisesti matkustaja- ja risteilyalusten rakentamiseen. Kierrätetty alumiini on iso osa metalliteollisuutta.

Vaaralliset jätteet muodostavat myös ison osan laivojen purku- ja kierrätysteollisuutta. Eri-tyisesti vaarallisten aineiden käsittelyä ja hävitystä ohjaa monet erilaiset asetukset ja ympäristölainsäädäntö. Laivoista saataviin vaarallisiin jätteisiin lukeutuu asbesti, raskasmetallit,

öljyt, PAH- ja TBT- yhdisteet sekä muut aineet. Yleisesti ottaen laivoista pyritään kierrättämään ja uudelleenkäyttämään kaikki mahdolliset materiaalit, jotka eivät sisällä vaarallisia aineita.

Laivojen purku- ja kierrätysteollisuudesta aiheutuneet ympäristövaikutukset ovat laajoja. Ne vaikuttavat varsinkin rantaromutusta käyttävien laivojen kierrätyslaitosten läheisiin ekosysteemeihin ja voivat jopa levitä laajemmalle alueelle. Rantaromutuksesta aiheutuvia ympäristövaikutuksia ovat muun muassa joidenkin kalakantojen populaation pieneneminen ja mikromuovien löytyminen merenelävistä. Laivojen purkamiseen liittyen teräksen tuotannosta aiheutuu hiukkaspäästöjä, kasvihuonekaasuja ja teollisuuden sivutuotteita. Terästeollisuudesta syntyneiden hiilidioksidipäästöjen osuus on noin 3 % koko maailman kasvihuonekaasupäästöistä. Terästeollisuuden sivutuotteita on mahdollista uusiokäyttää.

Laivojen purku- ja kierrätysteollisuus muuttuu jatkuvasti ympäristöystävällisemmäksi ja vuoteen 2030 mennessä pyritään siirtymään täysin kuivatelakoinnin käyttämiseen. Suomessa Turun korjaustelakka pyritään saamaan osaksi EU:n listaa vaatimusten mukaisista laivojen kierrätyslaitoksista ja korjaustelakalla on hyvät edellytykset toimia tulevaisuudessa osana laivojen purku- ja kierrätysteollisuutta.

LÄHTEET

Alusliikennepalvelulaki. 5.8.2005/623. [viitattu 27.3.2021]. Saatavissa: finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2005/20050623

American Iron and Steel Institute. Sustainability of the American Steel Industry. [verkkodokumentti]. [viitattu 7.4.2021]. Saatavissa: steel.org/wp-content/uploads/2021/03/Sustainability-Key-Messages.pdf

Asetus vaarallisten tai merta pilaavien aineiden aluskuljetuksiin liittyvistä ilmoitusvelvollisuuksista. 30.9.1994/869. [viitattu 27.3.2021]. Saatavissa: finlex.fi/fi/laki/alkup/1994/19940869

Barua, S., Rahman, I., Hossain, M., Begum, Z., Alam, I., Sawai, H., Maki, T. & Hasegawa, H. 2018. Environmental hazards associated with open-beach breaking of end-of-life ships: a review. *Environmental science and pollution research international*, 2018: 25(31). 30880-30893. [viitattu 26.3.2021]

Basel Convention. 2003. Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of the Full and Partial Dismantling of Ships. [verkkodokumentti]. [viitattu 7.4.2021]. Saatavissa: basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/meetings/sbc/workdoc/techships-e.pdf

Bright Hub Engineering. 2009. Metal cutting equipment in ship breaking. [verkkodokumentti]. [viitattu 1.4.2021]. Saatavissa: <https://www.brighthubengineering.com/marine-engines-machinery/39031-scrapping-the-ships-metal-cutting-procedures-and-equipment/>

Chang, Y. 2012. *Ocean Governance A Way Forward*. Netherlands: Springer. ISBN: 9789400727625. [viitattu 27.3.2021].

Conserve Energy Future. Process of Aluminum Recycling. [verkkodokumentti]. [viitattu 7.4.2021] Saatavissa: <https://www.conserve-energy-future.com/aluminum-recycling.php>

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU). 1257/2013. [viitattu 27.3.2021]. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R1257&from=BG>

European Commission. 2016. Ship recycling: reducing human and environmental impacts. Science for Environment Policy, 2016: 55. ISSN: 2363-2763. [viitattu 25.3.2021].

European Environment Agency. 2020. Interview – Does the polluter pay?. [verkkodokumentti]. Päivitetty: 23.3.2021. [viitattu 27.3.2021]. Saatavissa: <https://www.eea.europa.eu/signals/signals-2020/articles/interview-does-the-polluter-pay>

European Environment Agency. Principle of proximity. EEA Glossary. [verkkodokumentti]. [viitattu 27.3.2021]. Saatavissa: <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/principle-of-proximity>

EVAK. 2021. Significant development steps started in ship recycling. [verkkodokumentti]. [viitattu 10.4.2021]. Saatavissa: evak.fi/significant-development-steps-started-in-ship-recycling/

Eyres, D. & Bruce, G. 2012. Ship Construction. 7. painos. Oxford: Elsevier. ISBN: 978008092398. [viitattu 7.4.2021]

Green, J. 2007. Aluminum recycling and processing for energy conservation and sustainability. Ohio: ASM International. ISBN: 9780871708595. [viitattu 7.4.2021].

Gualtieri, A. & Tartaglia, A. 2000. Thermal decomposition of asbestos and recycling in traditional ceramics. Journal of the European Ceramic Society, 2000: 20. 1409-1418. ISSN: 09552219. [viitattu 7.4.2021].

Hsuan, J. & Parisi, C. 2020. Mapping the supply chain of ship recycling. Marine Policy, 2020: 118. [viitattu 25.3.2021].

Ihalainen, E., Aaltonen, K., Aromäki, M. & Sihvonen, P. 2003. Valmistustekniikka. 10. painos. Helsinki: Otatieto. ISBN: 9516723330. [viitattu 1.4.2021].

Ilmatieteenlaitos. Kasvihuonekaasut. [verkkodokumentti]. [viitattu 7.4.2021]. Saatavissa: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/kasvihuonekaasujen-tutkimus>

International Maritime Organization a. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL). [verkkodokumentti]. [viitattu 27.3.2021]. Saatavissa: [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx)

International Maritime Organization b. Recycling of ships. [verkkodokumentti]. [viitattu 27.3.2021]. Saatavissa: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Ship-Recycling.aspx>

Keinänen, T. & Kärkkäinen, P. 2009. Konetekniikan perusteet. 7. painos. Helsinki: WSOY. ISBN: 9789510329009. [viitattu 1.4.2021].

Ko, N. & Gantner, J. 2016. Local added value and environmental impacts of ship scrapping in the context of a ships's life cycle. Ocean Engineering, 2016: 122. 317-321. [viitattu. 25.3.2021].

Lloyd's Register. 2011. Ship Recycling – Practice and regulation today. [verkkodokumentti]. [viitattu 26.3.2021]. Saatavissa: <https://www.shipbreakingplatform.org/wp-content/uploads/2018/11/Ship-Recycling-Lloyds-Register-report-June-2011.pdf>

Merensuojelulaki. 29.12.1994/1415. [viitattu 27.3.2021]. Saatavissa: finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19941415

Metallinjalostajat ry. 2014. Teräskirja. 9. painos. ISBN: 9789522381217. [viitattu 7.4.2021] Saatavissa: https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/teraskirja_flip/mobile/index.html#p=1

Moen, A. 2008. Breaking Basel: The elements of the Basel Convention and its application to toxic ships. *Marine Policy*, 2008: 32. 1053-1062. [viitattu 27.3.2021].

NGO Shipbreaking Platform a. Clean & Safe solutions. [verkkodokumentti]. [viitattu 10.4.2021]. Saatavissa: <https://shipbreakingplatform.org/issues-of-interest/clean-safe-solutions/>

NGO Shipbreaking Platform b. Why ships are toxic. [verkkodokumentti]. [viitattu 7.4.2021]. Saatavissa: shipbreakingplatform.org/issues-of-interest/why-ships-are-toxic/

Occupational Safety and Health Administration OSHA. 2010. Safe Work Practices for Shipbreaking. [verkkodokumentti]. [viitattu 29.3.2021]. Saatavissa: <https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/3375shipbreaking.pdf>

Pacheco-Torgal, F., Ding, Y., Labrincha, J., Tam, V. & de Brito, J. 2013. Handbook of Recycled Concrete and Demolition Waste. Cambridge: Woodhead Publishing Limited. ISBN: 9780857096906. [viitattu 7.4.2021].

Rahman, S.M., Handler, R. & Mayer, A. 2016. Life cycle assesment of steel in the ship recycling industry in Bangladesh. *Journal of cleaner production*, 2016: 135. 963-971. ISSN: 09596526. [viitattu 7.4.2021].

Rizvi, J., Islam, M., Adekola, O. & Margaret, O. 2020. A Sustainable shipbreaking approach for cleaner environment and better wellbeing. *Journal of Cleaner Production*, 2020: 270. [viitattu 25.3.2021].

Saiful, K. 2010. Implementation of the MARPOL Convention in Developing Countries. *Nordic Journal of International Law*, 2010: 79. 303-337. [viitattu 27.3.2021].

Salpakierto. Pilssivesi. [verkkodokumentti]. [viitattu 29.3.2021]. Saatavissa: <https://salpakierto.fi/tuote/pilssivesi/>

Sethi, S. 2020. What Material Are Used For Building Ships?. Marine Insight. [verkkodokumentti]. [viitattu 7.4.2021]. Saatavissa: marineinsight.com/guidelines/what-materials-are-used-for-building-ships/

Siti, F., Manfaat, D. & Ketut, S. 2016. Technical Analysis of the Development of Ship Recycling Yard in Indonesia. The 2nd International Seminar on Science and Technology. ISSN: 2354-6026. [viitattu 1.4.2021].

Verifavia Shipping. The EU Ship Recycling Regulation (EU SRR). [verkkodokumentti]. [viitattu 27.3.2021]. Saatavissa: <https://www.verifavia-shipping.com/shipping-carbon-emissions-verification/shipping-mrv-regulation-the-eu-ship-recycling-regulation-eu-srr-171.php>

World Steel Association. Steel Recycling. [verkkodokumentti]. [viitattu 7.4.2021]. Saatavissa: worldsteel.org/steel-by-topic/sustainability/materiality-assessment/recycling.html

Yan, H., Wu, L. & Yu, J. 2018. The environmental impact analysis of hazardous materials and the development of green technology in the shipbreaking process. Ocean Engineering, 2018: 161. 187-194. ISSN: 00298018. [viitattu 7.4.2021].

Yhdistyneiden kansakuntien merioikeusyleissopimus. 50/1996. [viitattu 27.3.2021]. Saatavissa: https://finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/1996/19960050/19960050_2#idp448200848

Yliskylä-Peuralahti, J. 2016. Salamatkustajat kuriin painolastivesisopimuksella. [verkkodokumentti] Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminta. [viitattu 29.3.2021]. Saatavissa: <https://tietokayttoon.fi/ajankohtaista/blogi/-/blogs/salamatkustajat-kuriin-painolastivesisopimuksel-1>

Ympäristöministeriö. 2019. Baselin sopimuksen liitteiden muutokset; E117/2018. [verkkodokumentti]. Eduskunnan ympäristövaliokunta. [viitattu 27.3.2021]. Saatavissa: <https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/JulkaisuMetatieto/Documents/EDK-2019-AK-247153.pdf>

Ympäristönsuojelulaki. 27.6.2014/527. [viitattu 27.3.2021]. Saatavissa: finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527