



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Sari Mannila

VESISUIHKUPROPULSION
ELINKAAREN AIKAISET
YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Alamarin-Jet Oy

Tekniikka
2016

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Sari Mannila
Opinnäytetyön nimi	Vesisuihkupropulsio elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset
Vuosi	2016
Kieli	suomi
Sivumäärä	62 + 4 liitettä
Ohjaaja	Riitta Niemelä

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää AJ 288 -tyypin vesisuihkupropulsio elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia yksinkertaistettua elinkaariarviointimenetelmää käyttäen.

Tässä työssä pyrittiin selvittämään kahden valumenetelmän, neljän pintakäsittelymenetelmän, korroosion, galvaanisen korroosion sekä poltto- ja voiteluaineen kulutuksen aiheuttamia ympäristövaikutuksia.

Työssä tuodaan esille se, miksi yrityksen on teknis-taloudellisesti järkevämpää asettaa painopiste ja ympäristötavoite, polttoaineen kulutuksen pienentämiseen ja hyötysuhteen parantamiseen, jätteiden lajittelun sijaan.

Elinkaariarvioinnista saatuja tuloksia voidaan jatkossa hyödyntää myynnissä, markkinoinnissa, tuotekehityksessä, strategisen suunnittelun apuna ja alihankkija-prosessien ohjauksessa sekä kontrolloinnissa.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Environmental technology

ABSTRACT

Author	Sari Mannila
Title	Environmental Impacts of a Water Jet Propulsion Throughout Its Life Cycle
Year	2016
Language	Finnish
Pages	62 + 4 Appendices
Name of Supervisor	Riitta Niemelä

The aim of this thesis was to examine the environmental impacts of a type AJ 288 water jet propulsion, throughout its life cycle by using a streamlined life cycle assessment.

This study is investigating environmental impacts caused by two different casting methods, four different coating methods, corrosion, galvanic corrosion and fuel and lubricating oil consumption.

This thesis highlights why it is technically more cost-effective and reasonable, to set the focus and environmental objectives, to reduce the fuel consumption and to improve efficiency, instead of sorting out the waste.

The results of this streamlined life cycle assessment study, can be used in the future to increase sales, support marketing, research and development (R & D), as well, as it can be used, as a strategic tool for the design and to guide and monitor subcontractors in their work.

Keywords	Water Jet Propulsion, Environmental Impacts, Life Cycle, Production Design
----------	--

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
2	ALAMARIN - JET OY	10
	2.1 Alamarin-Jet Oy:n esittely	10
	2.2 Yrityksen kehitys vuodesta 1976 - nykyhetkeen	11
	2.3 Tuotteet ja henkilöstö.....	12
	2.4 Yrityksen asiakkaat ja sidosryhmät	12
	2.5 Yrityksen toimintapolitiikka	13
3	OPINNÄYTETYÖN MÄÄRITTELY	14
	3.1 Työn taustat ja tavoitteet.....	14
	3.2 Työn rajaus.....	15
4	YRITYKSEN YMPÄRISTÖVASTUU JA KESTÄVÄ KEHITYS.....	16
	4.1 Tuotesuunnittelun tärkeys ja vaiheet	16
	4.2 Elinkaariajattelun historia	18
	4.3 Elinkaariajattelu ja materiaalihokkuus.....	19
	4.4 Elinkaariarviointi	19
	4.5 Tuotteen elinkaaren vaiheet	22
5	KOMPONENTTIEN VALMISTUKSEN AIKAISET YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET	24
	5.1 Valaminen ja valumenetelmät.....	24
	5.1.1 Kertamuottimenetelmä.....	25
	5.1.2 Kestomuottimenetelmä	32
6	PINTAKÄSITTELYMENETELMIEN AIHEUTTAMAT YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET	39
7	KORROOSIOILMIÖN AIHEUTTAMAT YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET	40
	7.1 Korroosionkestävyys meriolosuhteissa.....	40
	7.2 Galvaaninen korroosio	42
	7.3 Katodinen suojaus	43

8	KÄYTÖN AIKAISET YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET	46
8.1	Polttoaineen kulutus ja päästöjen vähentäminen	46
8.2	Voiteluaineen kulutus ja niiden päästöjen minimoiminen.....	47
9	KUNNOSSAPIDON AIKAISET YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET	49
9.1	Huollot	49
9.2	Varaosien saatavuus ja toimitusvarmuus	50
9.3	Käytön aikainen kuluminen	51
10	KÄYTÖN JÄLKEINEN KÄSITTELY / END-OF-LIFE.....	52
10.1	Tehdaskunnostus.....	52
10.2	Käytöstä poisto.....	52
11	YHTEENVETO	54
	LÄHTEET.....	59
	LIITTEET	

LIITELUETTELO**LIITE 1.** Organisaatiokaavio Alamarin-Jet Oy**LIITE 2.** SWOT -analyysi**LIITE 3.** Sidosryhmäanalyysi**LIITE 4.** Polttoaineen kulutus AJ 288

Alkusanat

Tämän opinnäytetyön ohjaajina Alamarin-Jet Oy:ssä ovat toimineet laatupäällikkö Jouni Möttönen, tekninen johtaja Hannu Rantala, suunnitteluinsinööri Ben Landgrén, jälkimarkkinointijohtaja Jukka Mattila ja myyntiassistentti Tuula Kakuri, joille haluan esittää sydämelliset kiitokseni saamastani tuesta ja ohjauksesta työn aikana. Lisäksi kiitän koko Alamarin-Jet Oy:n energistä ja motivoitunutta henkilökuntaa heidän antamistaan lukuisista ja arvokkaista neuvoista sekä minua työssäni tukeneita ja avustaneita Alamarin-Jet Oy:n sidosryhmiä. Kaikki he ovat merkittävästi edesauttaneet työn valmistumista ja lopputulokseen pääsemistä.

Kiitän koulutuspäällikkö Riitta Niemelää Vaasan ammattikorkeakoulusta työn ohjauksesta, neuvonnasta työn eri vaiheissa, valvonnasta ja tarkastamisesta. Suuret kiitokset myös perheelleni ja erityisesti tyttärelleni Saralle, jotka ovat jaksaneet tukea minua koko opiskelun ajan.

Laihiolla 10. huhtikuuta 2016

Sari Mannila

1 JOHDANTO

Yritysten keskinäinen kamppailu tehokkuudesta ja kannattavuudesta globaaleilla markkinoilla on nykyään entistä haastavampaa. Tämän päivän monimutkaiset tuotekehitysprojektit vaativat virheetöntä ja saumatonta yhteistyötä, sitoutumista sekä verkostoitumista tuotesuunnittelun, -kehityksen, alihankkijoiden, jakeluketjun ja monen muun erityisasiantuntijan kesken.

Tuotteiden ja komponenttien elinkaaret lyhenevät, kun samaan aikaan uusia, tehokkaampia, ympäristöystävällisempiä, joustavampia, muunneltavampia tuotteita ja tuotekokonaisuuksia täytyy lanseerata markkinoille entistä nopeammin.

Ympäristölainsäädännön viimeaikaiset muutokset, viranomaisten vaatimukset, koskien muun muassa tuotteen jäljitettävyyttä, asiakkaiden ympäristötietoisuus ja kuluttajien kasvavat tarpeet, ovat suurelta osin vaikuttaneet ympäristömyönteisyyden nousemiseen yhdeksi merkittäväksi kilpailutekijäksi teollisessa tuotannossa ja korkean teknologian yrityksissä tuotteen laadun ja hinnan rinnalla. Lainsäätäjän tahtotilana on myös se, että ympäristön kannalta epäedulliset tuotteet poistuisivat käytöstä nopeammin ja että parasta ja puhtainta teknologiaa käyttävät tuotteet saataisiin markkinoille nopeammin.

Tuotteen elinkaaren hallinta ja ympäristönäkökulmien tunnistaminen edellyttää tuotteen koko elinkaarenaikaisten ympäristövaikutusten arviointia. Elinkaariarviointi (LCA, Life Cycle Assessment) on järjestelmällinen menetelmä tuotteen koko elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten selvittämiseksi ja analysoimiseksi. Elinkaariarviointi voidaan kohdentaa myös tiettyyn ympäristövaikutukseen kuten kasvihuonepäästöihin, jolloin tuotesuunnitteluvaiheessa voidaan keskittyä erityisesti niiden vähentämiseen, kuitenkin samalla huomioiden tuotteen vaatimukset turvallisuudesta, toiminnallisuudesta ja esteettisyydestä.

Tämä opinnäytetyö on tehty Vaasan ammattikorkeakoulun ympäristötekniikan koulutusohjelmaan. Työn toimeksiantajana on vesisuihkupropulsioita Härmässä valmistava Alamarin-Jet Oy.

Tässä insinöörityössä tutkitaan AJ 288-tyypin vesisuihkupropulsio aiheuttamia ympäristövaikutuksia yksinkertaistettua elinkaariarviointimenetelmää käyttäen. Painopiste on haluttu asettaa tiettyihin tuoteominaisuuksiin ja niiden aiheuttamien ympäristövaikutusten tutkimiseen.

Sanasto on liitetty osaksi tätä työtä ja tietyt, luottamukselliset osa-alueet (luvut 6, 8.1 ja liite 3) on jätetty julkaistavan materiaalin ulkopuolelle.

2 ALAMARIN - JET OY

Tässä luvussa esitellään Alamarin-Jet Oy, kerrotaan yrityksen historiasta, tuotteista, henkilöstöstä, asiakkaista, sidosryhmistä ja toimintapolitiikasta. Tämän luvun aineistot ovat Alamarin-Jet Oy:n sisäisestä tietokannasta.

2.1 Alamarin-Jet Oy:n esittely

Tämä insinööriyö on tehty Härmässä toimivalle, vesisuihkupropulsioita valmistavalle Alamarin-Jet Oy:lle. Yritys on osa Teiskonen Oy -konsernia, johon kuuluu HT Laser Oy ja Elekmerk Oy. Alla olevassa taulukossa on (kuva 1) esitetty konsernin rakenne.

Teiskonen Oy –konserni		
HT Laser Oy Leikkeet 307 hlöä	Elekmerk Oy Levyntyöstö 38 hlöä	Alamarin-Jet Oy Vesisuihkupro- pulsiot 18 hlöä

Kuva 1. Konsernin rakenne. (Alamarin-Jet Oy 2015)

Yritysryhmän liiketoiminta koostuu kolmesta liiketoiminta-alueesta (SBA, Strategic Business Area), joita ovat leikkeet, levyntyöstö ja vesisuihkupropulsiot.

Alamarin-Jet Oy keskittyy ydinosaamiseensa, vesisuihkupropulsioiden (kuva 2) kokoonpanoon ja valmistukseen. Asiakkaina ovat useat eri viranomaistahot kuten merivartiosto, tulli, poliisi, armeija ja meripelastusseurat. Siviilikäytössä vapaa-

ajankalastajat, mökkeilijät ja matkaveneilijät arvostavat vesisuihkupropulsion ylivertaisia ominaisuuksia perämoottoreihin verrattuna. (Kuva 3)



Kuva 2. AJ 288 vesisuihkupropulsio. (Alamarin-Jet Oy 2015)



Kuva 3. Go with the flow. (Alamarin-Jet Oy 2015)

Alamarin-Jet Oy:n organisaatiokaavio on esitetty liitteessä 1, tuotteen elinkaaren hallinnan ympäristönäkökohdat huomioiva SWOT -analyysi liitteessä 2 ja sidosryhmäanalyysi liitteessä 3.

2.2 Yrityksen kehitys vuodesta 1976 - nykyhetkeen

Jussi Mäntylä perusti yrityksen vuonna 1976. Hänen mielenkiintonsa kalastukseen ja matkaveneilyyn toimi merkittävänä inspiraationa yrityksen perustamiselle. Hän alkoi valmistamaan Alamarin jet-veneitä, jotka oli varustettu Volvo Pentan, Mercuryn ja Fordn sisämoottoreilla. Tuolloin markkinoilla olleet perämoottorit eivät

vastanneet hänen käyttötarpeitansa ja hän alkoi innovoimaan uudenlaista propulsiota, joka soveltuisi paremmin matalissa vesistöissä liikkumiseen. Ensimmäiset propulsiolaitteet hän osti Iso-Britanniasta. Innovointi, modifiointi ja tuotekehitys johtivat lopulta uuden merkin syntymiseen, joka nykyään tunnetaan nimellä AJ-vesisuihkupropulsio.

1990-luvun alussa Alamarin luopui jet-veneiden valmistuksesta ja keskittyi vesisuihkupropulsioiden tuotantoon. Vuosi 1997 oli alku SOLAS -hyväksytyjen (Safety of Life at Sea) nopeiden pelastusveneiden toimituksille Asta-Marine Oy:lle. Vuonna 2002 Jussi Mäntylä myi yrityksen ja liiketoiminnan HT-Lasertekniikka Oy:n Hannu Teiskoselle. Hän halusi kasvattaa liiketoimintaa ja jalkauttaa Alamarin-Jet Oy:n maailmanlaajuisille markkinoille.

2.3 Tuotteet ja henkilöstö

Alamarin-Jet Oy keskittyy vesisuihkupropulsioiden kokoonpanoon ja valmiiden kokonaisuuksien toimituksiin asiakkailleen maailmanlaajuisesti. Alamarin-Jet Oy käyttää viimeisintä ja parasta mahdollista teknologiaa tuotesuunnittelussa ja kehityksessä, korkean laadun ja turvallisuuden takaamiseksi, noudattaen jatkuvan parantamisen ja kestäväen kehityksen peruseriaatteita. Yrityksen palveluksessa on 18 henkilöä, joista toimihenkilöitä on 12. Yrityksen liikevaihto vuonna 2014 oli 4,8 miljoonaa euroa ja kasvuennusteet ovat positiiviset.

2.4 Yrityksen asiakkaat ja sidosryhmät

Alamarin-Jet Oy on maailman johtava pelastusveneiden vesisuihkupropulsioiden toimittaja, joka toimii läheisessä yhteistyössä asiakkaiden ja sidosryhmien kanssa. Yritys on jäsenenä kahdessa tunnetussa venealan teollisuuden ja kaupan toimialajärjestössä, jotka ovat FINNBOAT (Finnish Boat Manufacturers Association) ja ILAMA (International Life-Saving Manufacturer's Association). Yritys osallistuu venealan kotimaisiin ja kansainvälisiin messutapahtumiin, jonka lisäksi yritys järjestää säännöllisesti koulutustilaisuuksia asiakastarpeiden mukaan.

Yrityksen tuotannosta noin 95 % menee vientiin ja yrityksellä on asiakkaita yli 20:ssä maassa. Suurimpia asiakkaita ovat jälleenmyyjät Shanghai Yikang Chemicals Kiinassa, Bukh A/S Tanskassa, MSHS Yhdysvalloissa ja veneveistäjä Nor-safe Norjassa.

Laihialla toimiva Alteams Oy on yksi merkittävimmistä alumiinisia peruskomponentteja yritykselle valmistavista kotimaisista alihankkijoista.

Duplex -teräksestä tarkkuusvalettu impelleri on valmistettu Unkarissa ja alumiinista valetut AJ 245 vesisuihkupropulsion runko- ja peruutuskauhat on valmistettu Espanjassa.

2.5 Yrityksen toimintapolitiikka

Yrityksen toimintapolitiikkana on tuottaa maailmanluokan laatua globaaleille markkinoille panostamalla siihen, että jokainen tuote on virheetön ja suositus seuraavalle tilaukselle.

Yritys tunnistaa tuotteeseen ja sen valmistuksen liittyvät lainsäädännön muutokset, ympäristövaikutukset ja turvallisuusriskit. Yritys pyrkii valinnoissaan etsimään ympäristömyönteisiä ratkaisuja sekä minimoimaan haitalliset vaikutukset ihmisen terveydelle, ympäröivälle luonnolle ja luonnonvarojen kestäväälle käytölle.

Yrityksen toimintajärjestelmä on hyväksynyt Lloyd's Register Quality Assurance -standardien ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 ja OHSAS 18001:2007 mukaisesti. Yrityksessä on panostettu työpaikan työturvallisuuteen ja henkilöstön viihtyvyyteen.

3 OPINNÄYTETYÖN MÄÄRITTELY

Tuotteen elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia tutkittaessa voidaan käyttää joko LCA-, (Life Cycle Assessment) tai PLM- (Product Lifecycle Management) ja PDM- (Product Data Management) tyyppistä lähestymistapaa. ISO 14040 standardoitu LCA on enemmän ympäristöteknologinen lähestymistapa, kun vastaavasti PLM ja PDM ovat puhtaasti tuotantotaloudellinen lähestymistapa tuotteen elinkaaren hallintaan ja tuotteen elinkaaren aikaiseen tiedonhallintaan.

LCA on aikaa vievä prosessi, joka myös vaatii yritykseltä suurta rahallista panosta. Sitä on kritisoitu myös kankeaksi, pohjautuen siihen käytännön tosiasiaan, ettei se vielä ole integroitavissa ISO 14001 -tuoteperheeseen. Uusi ISO 14001:2015- revisio tuo helpotusta ja parannusta tähän, koska standardien rakennetta, terminologiaa ja määritelmiä on yhtenäistetty. (International Organization for Standardization 2015)

3.1 Työn taustat ja tavoitteet

Tiedetään, että tuotteen koko elinkaaren aikaisista ympäristövaikutuksista ja kustannuksista 80 % määräytyy tuotesuunnitteluvaiheessa. (Honkasalo, Kautto, Kärnä, Nissinen 2004) Ympäristötavoitteet ovat kuitenkin vain yksi osa tuotesuunnitteluvaatimuksia ja suunnittelu ympäristöä. Kun tuotteen elinkaaren aikaiset merkittävimmät ympäristövaikutukset on tunnistettu, asetetaan suunnittelulle lyhyen ja pitkän aikavälin tavoitteet. (Isolammi 2007)

Samaan aikaan kun ympäristöasioita koskevaa lainsäädäntöä hiotaan konferensseissa eri puolilla maailmaa, on asiakkaiden ympäristötietoisuus lisääntynyt merkittävästi. Kestävän kehityksen mukainen liiketoiminta, ekologisuus ja vihreät arvot ovat viime vuosina nousseet yritysten kilpailukykyä edistäviksi tekijöiksi hin- ja laatutekijöiden ohella paikallisesti, valtakunnallisesti, EU-tasoisesti, globaalisti ja planetaarisesti.

Alamarin-Jet Oy:ssä halutaan jatkuvasti parantaa ja kehittää tuotteen elinkaaren aikaista tiedonhallintaa, hyödyntäen suunnittelusta, komponenteista, valmistuksesta, tuotteista, käytön tuesta, asiakkaista ja sidosryhmistä tallennettua ja dokumentoitua tietoa. Näiden tietojen avulla pystytään paremmin tunnistamaan ne keskeiset tuoteominaisuudet, jotka vaikuttavat kaikkein eniten tuotteen elinkaaren aikaisiin ympäristövaikutuksiin. Tallennetun tiedon pohjalta myös ydinprosesseja, resursseja ja sidosryhmätoimintoja kyetään määrätietoistemmin ohjaamaan kohti polttoainetaloudellisempaa ja ympäristömyönteisempää tuotesuunnittelua.

Painopiste ja ympäristötavoitteet on haluttu asettaa sen mukaan mikä on teknistaloudellisesti mahdollista ja kannattavaa, samalla huomioiden muut olennaiset seikat, joihin Alamarin-Jet Oy:llä on mahdollisuus vaikuttaa.

3.2 Työn rajaus

Tässä insinööriyössä tutkitaan komponenttien valmistuksesta aiheutuneita ympäristövaikutuksia valu- ja pintakäsittelymenetelmien osalta.

Tuotteen käytön ja kunnossapidon aikaisten ympäristövaikutusten osalta tutkitaan, korroosioilmiötä, millä toimenpiteillä galvaanista korroosiota voidaan hillitä ja miten paljon polttoaineen kulutus pienenee tuotteen elinkaaren aikana, kun hyötysuhdetta parannetaan 2 %:a.

Tuotteen käytön jälkeisen käsittelyn helpottamiseksi tutkitaan osakokoonpanon osien materiaalit ja niistä laaditaan materiaali jakaumaa kuvaava taulukko lajittelun ja kierrätyksen helpottamiseksi.

4 YRITYKSEN YMPÄRISTÖVASTUU JA KESTÄVÄ KEHITYS

Yrityksen ympäristövastuu velvoittaa yrityksiä kantamaan vastuuta ekologisesta ympäristöstä muun muassa panostamalla ympäristöystävällisempiin tuotantomenetelmiin ja prosesseihin sekä kaikessa toiminnassa sitoutumalla käyttämään luonnonvaroja mahdollisimman säästeliäästi ja tehokkaasti. Yrityksen ympäristövastuun piiriin sisältyy myös tuotteiden elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten huomioiminen tuotesuunnittelussa. (Teknologiateollisuus ry 2011)

Kestävä kehitys on tuttu käsite, joka käytännön tasolla on määritelty monella eri tavalla. Aihetta käsiteltiin ensimmäisen kerran Yhdistyneiden kansakuntien Brundtlandin komissiossa vuonna 1987, jossa todettiin, että kestävä kehitys on kehitystä, joka tyydyttää nykyhetken tarpeet viemättä tulevilta sukupolvilta mahdollisuutta tyydyttää omat tarpeensa. (Brundtland 1987)

Kestävän kehityksen lähtökohtana on huoli elämän perustan muodostavien ekosysteemien elinvoimaisuuden ehtymisestä ja ihmisten välisestä eriarvoisuudesta. Tavoittelemisen arvoisena ihanteena on tehdä asioita paremmin, ottamalla kaikessa päätöksenteossa ja toiminnassa yhdenvertaisesti huomioon ihminen, ympäristö ja talous. (Ghanbari 2014, 4)

Ilmastonmuutos, liikakansoittuminen, teollistuminen ja riskit ekosysteemille on tiedostettu. Hallitusten, organisaatioiden ja ihmisten tahtotila kestävästä kehityksestä tukevasta sekä edistävästä kestävästä ja vastuullisesta liiketoiminnasta sekä liiketoimintamalleista, on viime vuosikymmenien aikana lisääntynyt. Kaiken tämän taustalla on halu ja tarve löytää tasapaino sosiaalisen tasa-arvon, ympäristönsuojelun ja talouskasvun välillä. (Ghanbari 2014, 4)

4.1 Tuotesuunnittelun tärkeys ja vaiheet

Suunnittelua ei synny tyhjästä vaan uusien tuotteiden takana on joukko oman alansa huipputuottajia ja tuotekehittäjiä. Tarpeet suunnittelulle voivat olla luonnol-

lisiä, mutta yleensä jostain ongelmasta tai kehitysajatuksista ja -tarpeista lähteviä. Tuotesuunnittelu on uusien toimintamallien ja ideoiden etsintää, valintaa ja kehittämistä. Tuotesuunnitteluprosessin vaiheet Grieves:n mukaan on kuvattu alla. (Grieves 2006, 41-45)

Suunnitelma. Suunnitelmavaihe tulee aloittaa vaatimusten kartoituksella ja suunnittelulla, joka on lähtökohta kaikessa tuotekehityksessä. Tuotteen tulee pitää sisällään tiettyjä toimintoja ja pystyä vastaamaan tiettyihin vaatimuksiin, joista rakennetaan tuotespesifikaatiot. Nykypäivänä vaatimukset pyritään kartoittamaan suoraan asiakkailta tai käyttäjiltä käyttäen erilaisia asiakastarpeiden kartoitusmenetelmiä.

Suunnittelu. Suunnitteluvaiheessa tuotevaatimukset ja -ominaisuudet muutetaan konsepteiksi ja prototyypeiksi. Näiden täyttämiseen voi olla olemassa useita erilaisia tapoja, esimerkiksi hydraulikka voidaan korvata elektroniikalla. Erilaisten prototyyppien jälkeen tulee itse tuotteensuunnittelu, jossa määritellään tarkat spesifikaatiot.

Valmistus. Valmistusvaiheessa suunnitellaan se, miten täysin määritelty tuote tulee valmistaa. Siinä määritellään osien valmistusprosessi ja se, miten osat tulee asentaa, jotta tuote pystytään valmistamaan. Valmistukseen käytettävien työkalujen tulee myös sopia tuotteen valmistukseen. Tässä vaiheessa saatetaan vielä joutua tekemään muutoksia suunnitelmiin, mikäli tuotteen valmistamiseen ei ole olemassa sopivia työkaluja tai niiden hankinta on liian kallista.

Tuki. Myynti- ja jakeluverkosto käyttää tuoteinformaatiota kertoakseen asiakkaalle tuotteen ominaisuuksista ja toiminnoista. Se myös pyrkii pitämään tuotteet toimintakuntoisina ja huolen siitä, että tuote vastaa spesifikaatioita.

Hävitys. Tuotteen elinkaaren viimeisessä vaiheessa tuote hävitetään ja kierrätetään. Kierrätyksessä ja hävittämisessä on tärkeä tietää, miten tuote on suunniteltu ja mitä materiaaleja siihen on käytetty. Tuotteen elinkaari päättyy, ja seuraavan version rakentaminen voidaan perustaa edellisen mallin tietojen pohjalta.

4.2 Elinkaariajattelun historia

Elinkaariajattelu sai alkunsa 1960-luvun lopulla ja 1970-luvun alussa USA:ssa ja Euroopassa. Tuolloin elinkaariajattelu herätti kiinnostusta enemmän yksityisellä sektorilla toimivien yritysten keskuudessa ja vasta vuosia myöhemmin elinkaariajattelun merkitys tiedostettiin myös hallitustasolla. Elinkaariajattelun historian vaiheet Reed:n mukaan on kuvattu alla. (Reed 2012, 10-21)

Ensimmäinen elinkaariajatteluun tukeutuva tutkimus tehtiin vuonna 1969 USA:ssa. The Midwest Research Institute (MRI) johti ja ohjasi luottamuksellista tutkimusta Coca Cola Companyn toimeksiannosta, joka perustui pakkaustoimintojen johtajan, Harry E. Teasley Jr:n, visioon. Hän totesi, että Coca Cola Company:ssä olisi hyödyllistä selvittää erilaisien juomatölkkien aiheuttamia ympäristövaikutuksia. Tutkimustulosten perusteella kyettiin arvioitavista vaihtoehdoista valitsemaan se tölkki, jolla on vähäisimmät ympäristövaikutukset. (Reed 2012, 10)

Tämän urauurtavan tutkimuksen katsotaankin luoneen perustan nykyisille elinkaariajattelumalleille USA:ssa ja Euroopassa. Useat yritykset seurasivat Coca Cola Company:n esimerkkiä ja suorittivat vastaavanlaisia arviointeja tuotteidensa ympäristövaikutusten selvittämiseksi 1970-luvulla. (Reed 2012, 10-11)

Elinkaariajattelu oli laajalti käytetty ja hyödynnetty työkalu myös Euroopassa, jossa seuraava suuri edistysaskel tapahtui 1980-luvun lopussa ja 1990-luvun alussa. CAD (Computer Aided Design) ja CAM (Computer Aided Manufacturing) järjestelmät olivat 20-30 vuotta sitten tärkeimmät ajurit tuotteiden ja tuotekehitysprojektien suunnitteluun, kehittämiseen ja valmistamiseen. Nyt ei enää tutkittu pelkästään pakkauksen aiheuttamia ympäristövaikutuksia, vaan koko tuotteen elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia kehdosta hautaan. Samaan aikaan Euroopassa yhtenäistettiin hallitusten välisiä elinkaariteorioita päätöksenteossa ja politiikassa. (Reed 2012, 19)

Seuraava suuri edistysaskel tapahtui muutamia vuosia myöhemmin, kun ISO (International Organization for Standardization) 14040 - 14043 standardit julkaistiin elinkaariarvioinnin tekemisen tueksi vuonna 2006. (Reed 2012, 21)

4.3 Elinkaariajattelu ja materiaalitehokkuus

Elinkaariajattelussa tarkastellaan tuotteen tai palvelun eri vaiheita raaka-ainelähteeltä valmistuksen ja jalostuksen kautta kulutukseen sekä käytön jälkeen tapahtuvaan hyötykäyttöön (kierrätys, energiantuotanto, uusiokäyttö raaka-aineena tai tuotteena) tai loppusijoitukseen kaatopaikalle. (Suomen ympäristöopisto SYKLI 2015)

Kussakin vaiheessa käytetään erilaisia panoksia, kuten materiaaleja, energiaa ja vettä, joista aiheutuu erilaisia päästöjä ja ympäristökuormitusta ilmaan, veteen ja maaperään. (Suomen ympäristöopisto SYKLI 2015)

EU:n tehokas yhdenmety tuotepolitiikka (IPP, Integrated Product Policy) edellyttää, että jokainen tuotteen elinkaareen osallistuva taho, omaksuu elinkaariajattelun osaksi jokapäiväistä toimintaansa, samalla tiedostaen sen avulla saavutettavat kustannussäästöt ja kilpailuedun. Siten strategiset päätökset onkin viisasta kohdistaa niihin toimenpiteisiin, joihin voidaan teknis-taloudellisesti eniten vaikuttaa. (Österlund 2010, 4)

Tuotteen kumulatiiviset ympäristövaikutukset on tärkeä selvittää ja suunnittelussa löydettävä tasapaino materiaali- ja energiatehokkuuden välillä, sillä joskus energiatehokkuuden lisääminen voi vaatia suuremman materiaalmäärän käyttöä. (Teknologiateollisuus ry 2011)

4.4 Elinkaariarviointi

Elinkaariarviointi (LCA, Life Cycle Assessment) on kokonaisvaltainen ja yleisesti käytetty, ISO 14040 ja ISO 14044 menetelmästandardeihin pohjautuva metodi, tuotteen tai palvelun koko elinkaaren aikaisten positiivisten ja negatiivisten ympä-

ristövaikutusten tutkimiseksi, raaka-aineiden valmistuksesta tuotteen käytöstä poistoon, josta yleisesti käytetään myös englanninkielistä termiä cradle-to-grave assessment tai cradle-to-cradle assessment eli kehdestä hautaan tai kehdestä kehtoon -arviointia. (Reed 2012, 3)

Kansainvälinen standardoimisjärjestö ISO antaa organisaatioille ohjeita elinkaariarvioinnin peruseräiteistä ja suorittamisesta. Tarkoituksena on yhdenmukaistaa elinkaariarvioinnin toteuttamisen tapoja siten, että erilaiset elinkaari-teoriat voitaisiin jatkossa paremmin sovittaa liiketoimintakohtaiseen viitekehykseen ja että niiden ulottuvuuksia kyettäisiin jatkossa yhdistämään selkeämmin kokonaisvaltaisempaan ajatteluun. (International Organization for Standardization 2015, Elinkaariajattelu ja -liiketoiminta Suomen meriteollisuudessa 2013)

Elinkaariarviointi koostuu neljästä vaiheesta (kuva 4), joita ovat tavoitteiden ja laajuuden määrittely, inventaarioanalyysi, vaikutusten arviointi ja tulosten tulkin-ta. (International Organization for Standardization 2015)



Kuva 4. Elinkaariarvioinnin vaiheet. (SFS-EN ISO 14040)

Ensimmäisessä vaiheessa määritetään tutkimuksen viitekehys ja tuotejärjestelmä eli itse tuote (vesisuihkupropulsio AJ 288), sen ominaisuus (polttoaineen kulutus) sekä toiminnallinen yksikkö (l/h).

Toisessa eli inventaarioanalyysivaiheessa kartoitetaan merkittävimmät panokset eli materiaali- ja energiavirrat sekä tuotokset eli tuotteet, jätteet ja päästöt. Tämä vaihe voi siis tuotejärjestelmästä, ominaisuudesta ja toiminnallisesta yksiköstä riippuen sisältää useita eri inventaarioanalyysivaiheita.

Kolmannessa eli vaikutusarviointivaiheessa inventaarioanalyysivaiheesta saadut tulokset, kuten päästöt tyypitetään (N, P, CO₂, CH₄), luokitellaan (typpi ja fosfori ovat vesistöjä rehevöittäviä, hiilidioksidi aiheuttaa ilmaston lämpenemistä, metaani on 21 kertaa haitallisempi kasvihuonekaasu ilmaston lämpenemisen kannalta hiilidioksidiin verrattuna) ja arvioidaan, sen aiheuttaman ympäristövaikutuksen suhteen. Tämän jälkeen tulisi arvioida erilaisten ympäristövaikutusten keskinäistä merkitystä ja pohtia mikä ympäristövaikutuksista on olennaisin tarkasteltavan tuotejärjestelmän osalta, sillä muuten korjaavia toimenpiteitä ei osata kohdistaa oikein. (Reed 2012, 3)

Ympäristövaikutukset ovat luonteeltaan monimutkaisia ja riippuvat suuresti tuotteesta ja sen käytöstä. Vaikutusarviointivaiheessa saatujen tulosten pohjalta voidaan todeta, että suurimmat ympäristövaikutukset aiheutuvat valmistusprosessissa, tuotteen kuljetuksesta valmistajalta kuluttajalle ja tuotteen käytön aikaisina päästöinä, joten niiden vähentäminen on ensisijaista. Tästä syystä valmistusprosessissa on jatkossakin syytä suosia metalleja erilaisten komposiittimateriaalien sijaan, sillä kokonaan metallisten osien kierrättäminen on helpompaa ja taloudellisempaa. (Harmaala & Jallinoja 2012)

Neljännessä eli elinkaariarvioinnin viimeisessä vaiheessa suoritetaan tulosten tulkinta, tunnistetaan tuloksiin vaikuttavat tekijöitä sekä arvioidaan tulosten oikeellisuutta ja johdonmukaisuutta. Kaiken tämän tehdyn työn jälkeen, tulosten pohjalta voidaan muodostaa johtopäätöksiä ja antaa suosituksia.

Yksityiskohtainen elinkaariarviointi on usein kovin työläs, joten menetelmää voidaan keventää tekemällä elinkaariarviointi yksinkertaisemmassa muodossa. Yksinkertaistetussa elinkaariarvioinnissa keskitytään vain kaikkein keskeisimpiin elinkaaren vaiheisiin tai ympäristönäkökohtiin. (Harmaala & Jallinoja 2012)

Työläydestään ja monimutkaisuudestaan huolimatta, elinkaariarviointi on kattavin ja tarkin kuvaus tuotteen elinkaaren aikaisista ympäristövaikutuksista. Elinkaariarvioinnista saatuja tuloksia voidaan jatkossa hyödyntää myynnissä, markkinoinnissa, tuotesuunnittelussa, strategisen suunnittelun apuna mutta myös julkisessa keskustelussa.

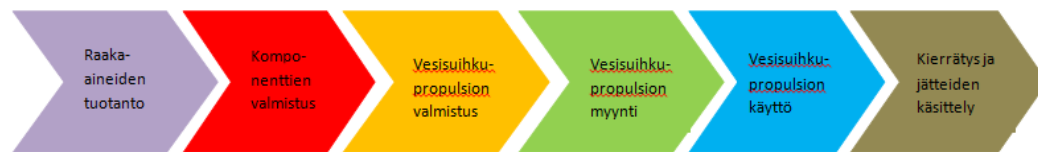
Ympäristöhaitat näkyvät pitkällä aikavälillä tuotteen käytön aikaisissa hinnoissa, joten kuluttajien valintoihin ja ostopäätöksiin vaikuttaminen, on ensisijaisen tärkeää ympäristöystävällisten tuotteiden kilpailukyvyn parantamiseksi. (Harmaala & Jallinoja 2012)

4.5 Tuotteen elinkaaren vaiheet

Tuotteen elinkaaren vaiheita on kuvattu ja nimetty monella eri tavalla mutta kaikki määritelmät pitävät sisällään samoja asioita. Tästä syystä tärkeintä onkin kyky hahmottaa tuotteen elinkaaren eri vaiheet, koska jokaisessa vaiheessa on omanlaisensa informaatiotarpeet. Kuvassa 5 on yleisesti tuotteen ja kuvassa 6 on vesisuihkupropulsion elinkaaren kuusi olennaisinta vaihetta, jotka on esitetty alla.



Kuva 5. Tuotteen elinkaaren vaiheet kehdestä hautaan. (Academy for Spatial Research and Planning (ARL) 2015)



Kuva 6. Vesisuihkupropulsio elinkaaren vaiheet kehdosta hautaan. (Academy for Spatial Research and Planning (ARL) 2015)

5 KOMPONENTTIEN VALMISTUKSEN AIKAISET YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Tässä luvussa esitellään kaikki ne menetelmät mitä on voitu käyttää, sillä jokaisessa komponentissa on omat erityisvaatimuksensa käyttötarkoituksensa mukaan.

Vesisuihkupropulsion peruskomponenttien valmistajat ovat kahta poikkeusta lukuun ottamatta suomalaisia, eikä itse tehtaalla tehdä muuta työstöä kuin mahdollinen viimeistelyhionta.

5.1 Valaminen ja valumenetelmät

Valamisella tarkoitetaan muodonantomenetelmää, jossa raaka-aine sulatetaan. Sula kaadetaan muottiin, jossa sen annetaan jäähtyä haluttuun muotoon. Valaminen on lyhin tie sulasta metallista valmiiseen kappaleen muotoon. Samalla se on myös energiataloudellisesti edullinen. (Meskanen, 2009 a, 1-2)

Meskasen (2009 a, 2) mukaan valaminen valmistusmenetelmänä koostuu seuraavista vaiheista:

1. 3D-CAD-suunnittelu ja valuteknisten seikkojen huomioiminen
2. valujärjestelmän suunnittelu
3. valutuotteen ja sen valujärjestelmän mallintaminen ja simulointi
4. valumallin ja -muotin valmistus
5. metallin sulatus ja sulankäsittely: seostaminen sekä sulan puhdistus- ja modifiointikäsittely (kaasunpoisto, ymppäys, tiivistys, grafiitin polttaminen jne.)
6. valaminen ja sulan jähmettyminen sekä muotin purku
7. valumuottien jälkikäsittely (viimeistely): valukkeiden, syöttökupujen poisto, pinnanpuhallus, pintakäsittely jne.)

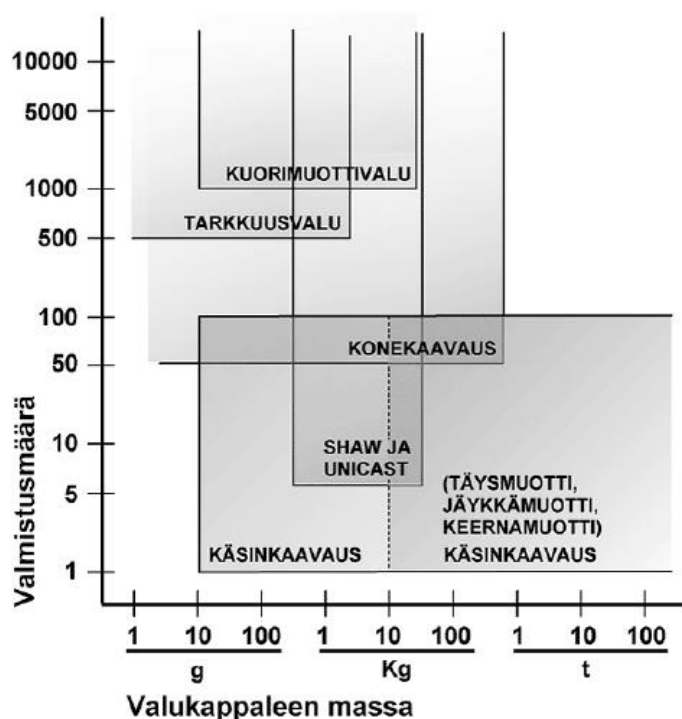
Valumenetelmät jaetaan kerta- ja kestopuottimenetelmiin. Kertamuottimenetelmässä käytetään valun jälkeen hajotettavaa kertamuottia ja kestopuottimenetel-

mässä muottia voidaan käyttää jopa tuhansiin valukappaleisiin. (Meskanen & Höök, 2013, 1)

5.1.1 Kertamuottimenetelmä

Kertamuotin valmistus vaatii aina mallin, joka yleisimmin tehdään puusta, hartsista, muovista, vahasta tai metallista. Materiaalin valinta vaikuttaa valmistuskustannuksiin ja kestävyYTEEN. Metallimalli on kallis, mutta se voi kestää yli 50 000 kaavausta. Epoksihartsimalleilla voidaan päästä yli 10 000 kappaleen sarjoihin. Tarvittaessa malli on helppo monistaa ja uusia, mikäli mallinegatiivit säilytetään. Puusta valmistetut mallit ovat edullisia, mutta niillä päästään vain noin tuhanteen kaavauskertaan. Vahamallit ovat kertakäyttöisiä. Kuvassa 7 esitellään kertamuottien käyttöalueet. (Meskanen & Höök, 2013, 1-3)

Hiekkavalua käytetään pienissä sarjoissa valmistettaviin suurehkoihin valukappaleisiin. Menetelmän vaatimat valumallikustannukset ovat suhteellisen alhaiset, joten sitä voidaan käyttää myös prototyyppien valmistamiseen. Pinnan laatu ja mittatarkkuus soveltuvat moniin käyttötarkoituksiin. Valuteräiset ja pronssiseokset valetaan yleensä hiekkamuotteihin.



Kuva 7. Kertamuottien käyttöalueet. (Meskanen & Höök 2013, 1)

Alteams Oy:n Ruoveden yksikkö toimittaa Alamarin-Jet Oy:lle hiekkavalumene-
telmällä valmistettavat komponentit.

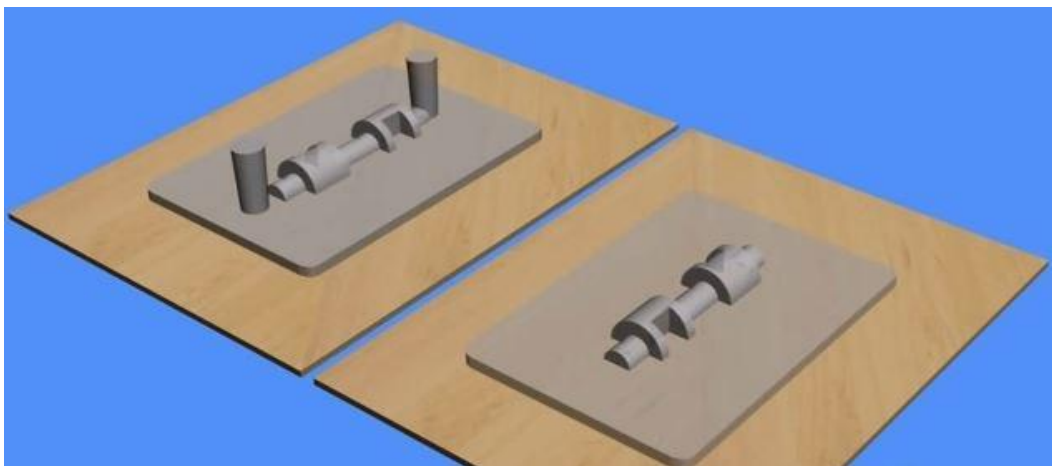
Alteams Oy:n Sami Hautamäen (puhelinkeskustelu 30.11.2015) mukaan yrityksen
toimipiste sijaitsee pohjavesialueella, joten ympäristölupa velvoittaa, että pinta- ja
pohjavesinäytteet tutkitaan 2 kertaa vuodessa. Tämän lisäksi tehtaalla suoritetaan
ympäristöluvan velvoittamat hiukkaspäästömittaukset.

Alteams Oy:n Sami Hautamäen mukaan hiekkavaluprosessissa kaavaushiekkana
Alteams Oy:n Ruoveden yksikössä käytetään furaanihartsihiekkää ja sidosaineena
hartsia sekä kovetetta, jonka toimittaja on Kiilto Oy. Prosessissa kaavaushiekasta
kierrätetään 90 % ja uuteen prosessiin lisätään aina 10 % uutta kaavaushiekkää.
Prosessista yli jäänyt kaavaushiekka hyödynnetään vanhan kaatopaikan kenttära-
kenteissa maanrakennusaineena.

Hiekkavalu on pääasiallinen komponenttien valmistuksessa käytetty valumenetelmä. Valumenetelmänä se on kustannustehokas piensarjojen ja yksittäiskappaleisen valmistukseen, jolla päästään valukappaleen kohtuulliseen mittatarkkuuteen ja pinnanlaatuun. (Valumenetelmät blogi 2016)

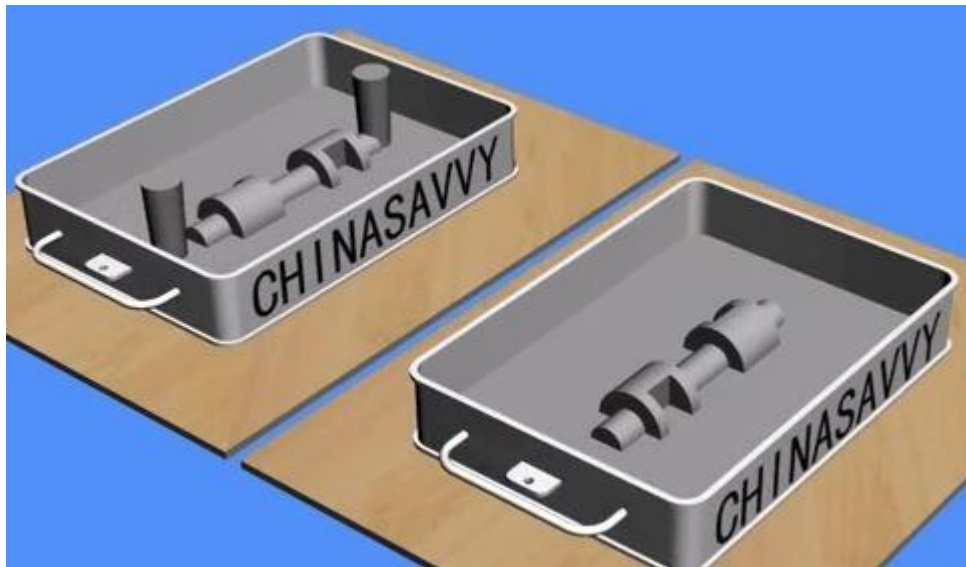
Hiekkavalulla haetaan kappaleen karkeaa muotoa tai aihiota, ja kappale on valun jälkeen vasta puoliksi valmis. Valun jälkeen tarvitaan vielä osaamista, kun kappaleesta poistetaan täyttöaukko- ja kaasukanavapurseet, tehdään puhdistus, viimeistelyhionta ja tarvittavien pintojen koneistus. Kuvissa 8-18 on esitetty hiekkavalumenetelmän työvaiheet China Savvy Sandn mukaan.

Ensin tehdään valukappaleen malli, joka on yleensä kaksiosainen. (Kuva 8) Muotin ylä- ja alapuolisko voidaan valmistaa erikseen esimerkiksi puusta, styroxista tai kevytmetallista kulumiskesto- ja mittatarkkuusvaatimusten perusteella.



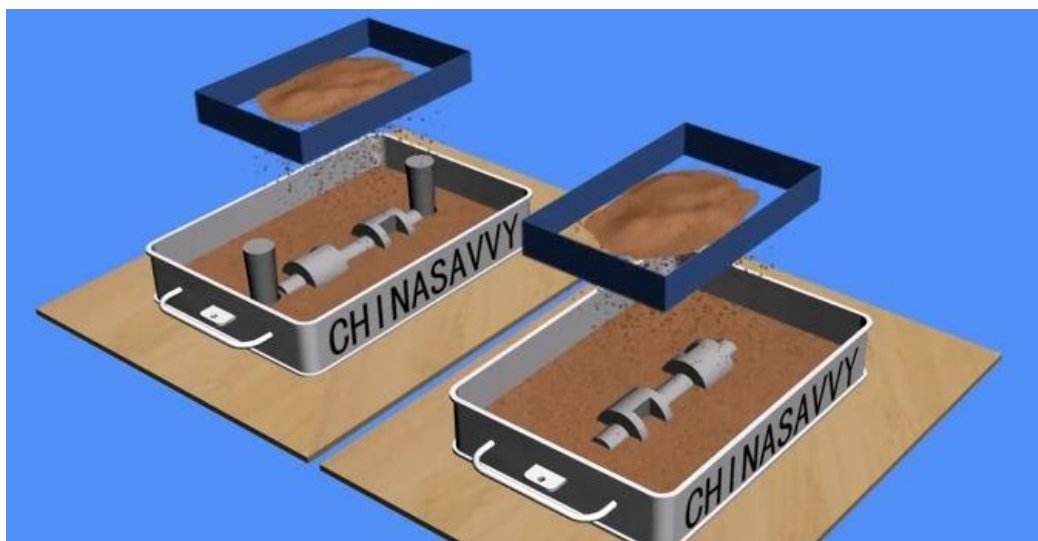
Kuva 8. Valukappaleen malli. (China Savvy Sand 2016)

Mallin on oltava riittävän luja kestääkseen muotinvalmistuksessa. Mallinpuoliskot eli muotin ylä- ja alapuoliskot kiinnitetään huolellisesti valualustaan eli levyyn siten, että ne ovat tarkasti kohdakkain. Valualustojen eli levyjen päälle asetetaan muottikehys. (Kuva 9) Yläpuoliskon muottikehykseen asetetaan ennen hiekan täyttöä valu- ja kaasukanavien mallit.

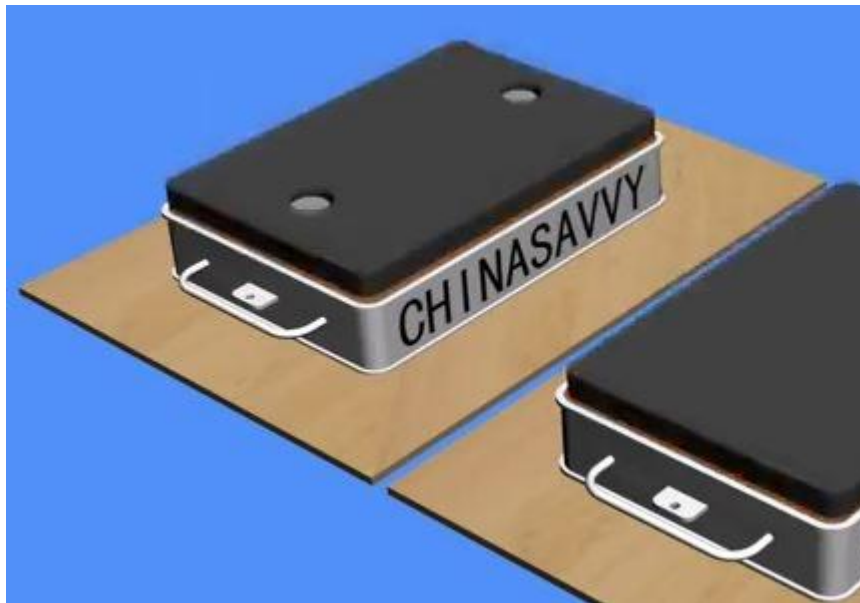


Kuva 9. Valualustaan kiinnitetyt muottikehykset. (China Savvy Sand 2016)

Muottikehys täytetään valuhiekalla (kuva 10) ja tiivistetään huolellisesti (kuva 11).

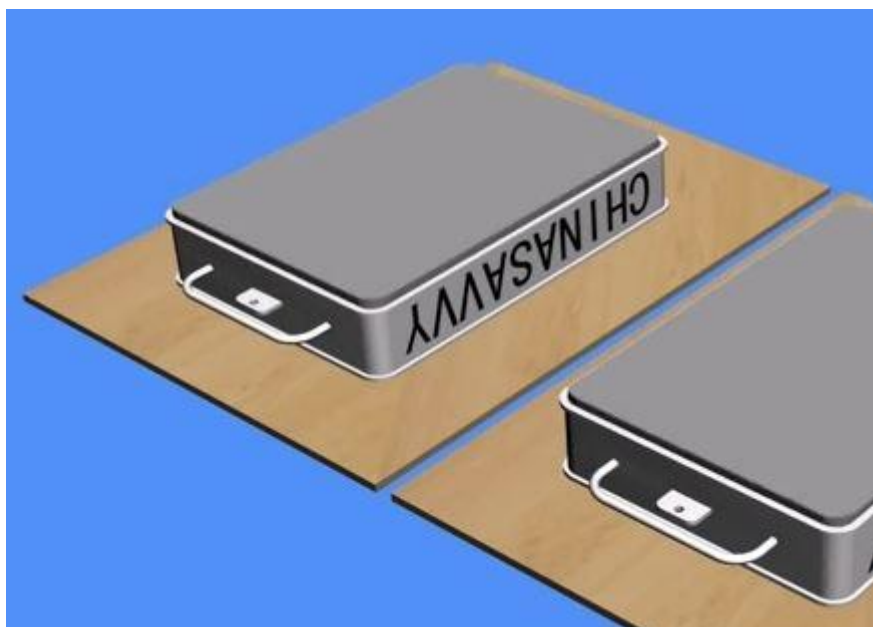


Kuva 10. Muottikehyksen täyttö valuhiekalla. (China Savvy Sand 2016)



Kuva 11. Valuhiekan huolellinen tiivistys. (China Savvy Sand 2016)

Muottikehykset käännetään ylösalaisin. (Kuva 12)

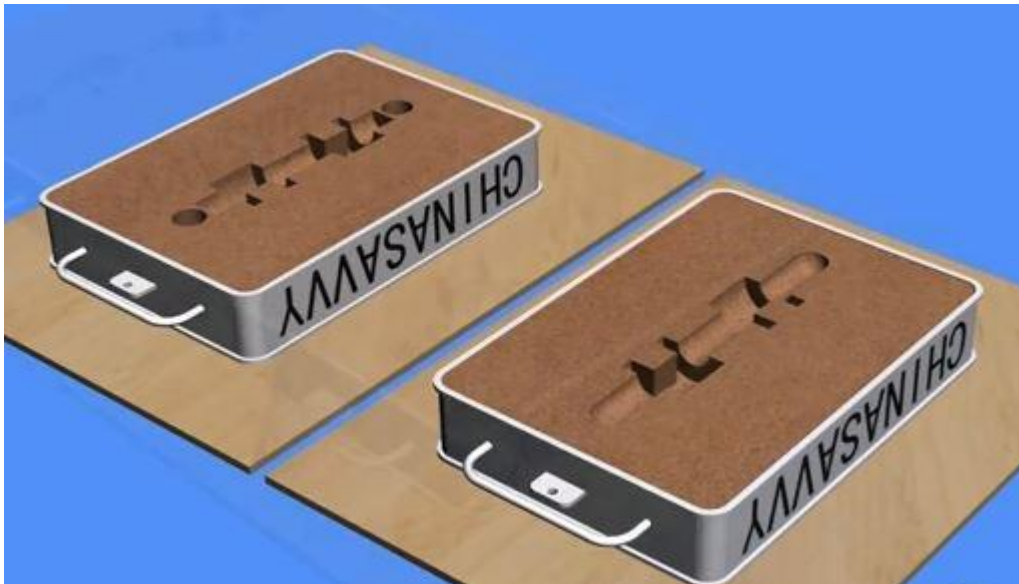


Kuva 12. Muottikehykset ylösalaisin. (China Savvy Sand 2016)

Mallipuoliskot eli muotin ylä- ja alapuolisko irrotetaan (kuva 13), jolloin valuhiekkaan jää kappaleen muoto. (Kuva 14)

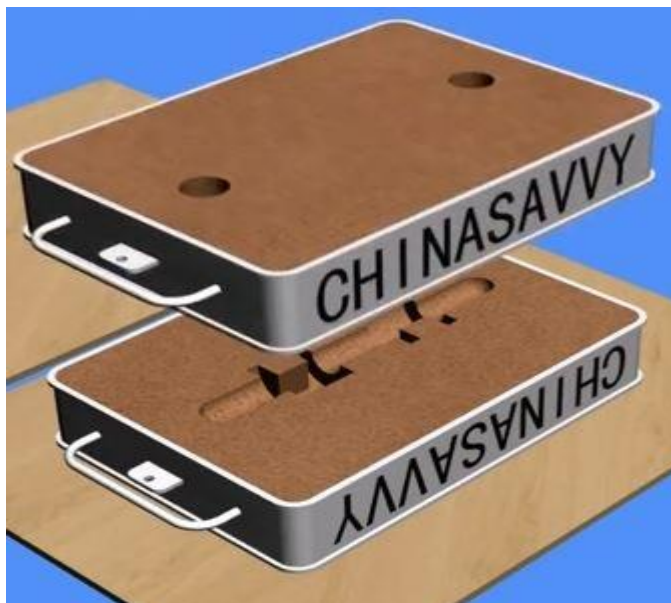


Kuva 13. Mallipuoliskojen irrotus. (China Savvy Sand 2016)



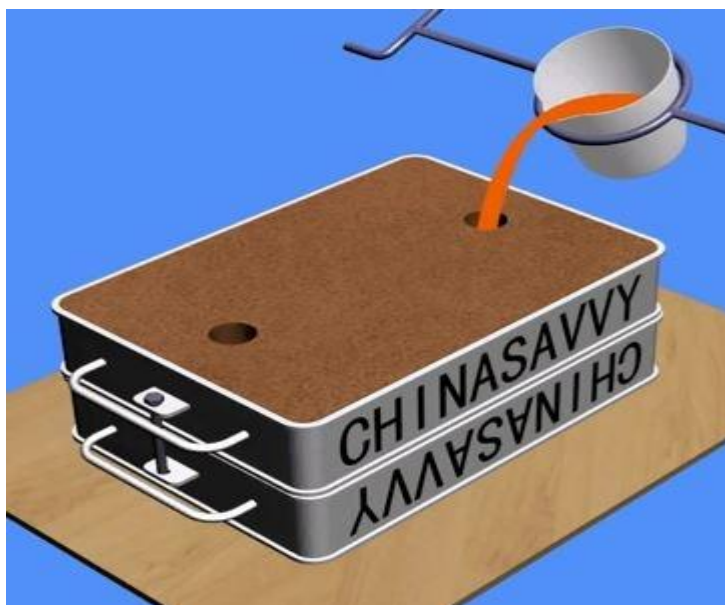
Kuva 14. Kappaleen muoto. (China Savvy Sand 2016)

Mallipuoliskot eli muotin ylä- ja alapuolisko asetetaan vastakkain siten, että täytöaukot ja kaasukanavat ovat ylöspäin. (Kuva 15)



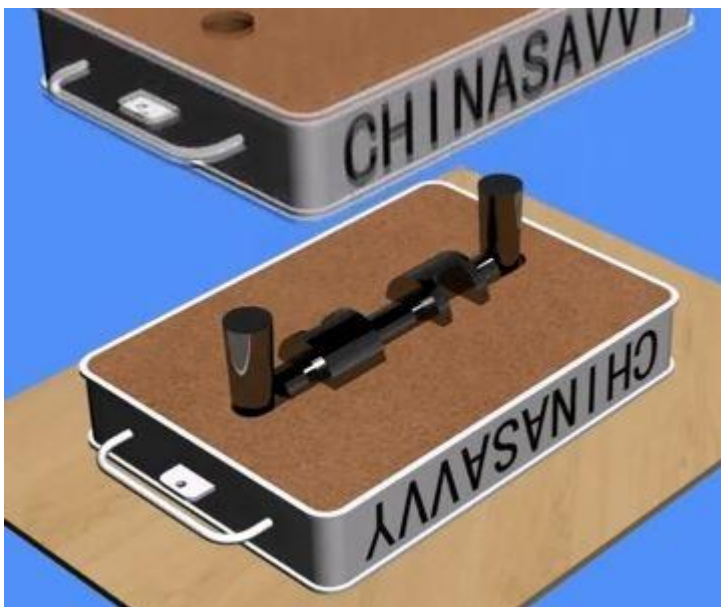
Kuva 15. Mallipuoliskot asetetaan vastakkain. (China Savvy Sand 2016)

Muotit kiinnitetään toisiinsa ja sula metalli kaadetaan täyttöaukosta muottiin. (Kuva 16) Ilma ja kaasu nousevat pois kaasukanavia pitkin, ettei muottiin jää tyhjiä paikkoja. Sula jähmettyy.



Kuva 16. Sula metalli kaadetaan muottiin. (China Savvy Sand 2016)

Muotin yläpuolisko ja valukappale nostetaan pois (kuva 17), jonka jälkeen kappa-
leesta poistetaan täyttöaukko- ja kaasukanavapurseet sahaamalla. (Kuva 18)



Kuva 17. Valmis valukappale. (China Savvy Sand 2016)

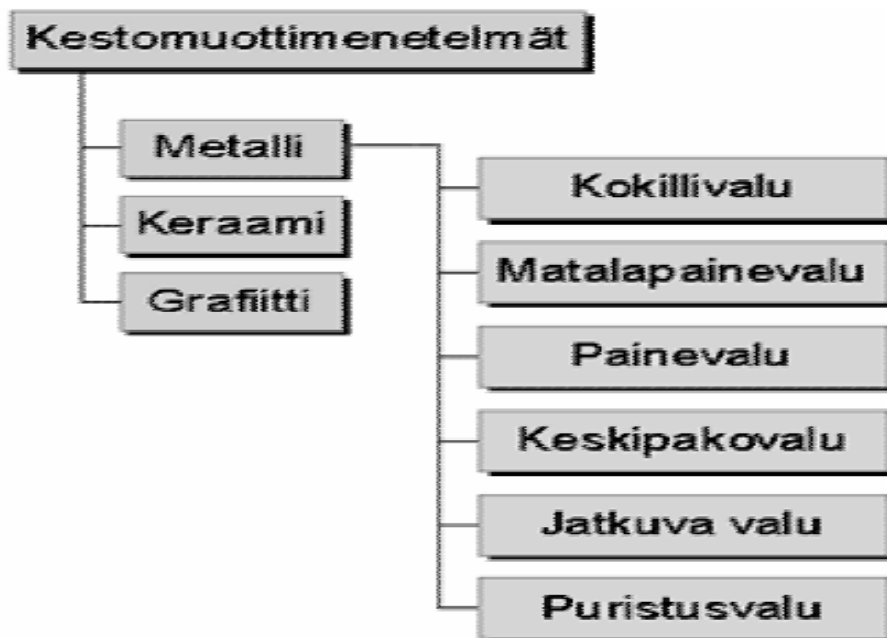


Kuva 18. Valmis viimeistelyhiottu valukappale, josta täyttöaukko- ja kaasu-
kanavapurseet on sahattu pois. (China Savvy Sand 2016)

5.1.2 Kestomuottimenetelmä

Kestomuottimenetelmien kustannustehokas käyttö edellyttää sarjatuotantoa. Va-
lumuotti valmistetaan yleensä metallista ja sillä voidaan valaa useita kappaleita.
Valumenetelmä ja valettava metalli vaikuttavat muotin käyttöikänsä. Valulämpöti-

lan kohoaminen lyhentää muotin käyttöikä. Kuvassa 19 on esitetty kestopuottimenetelmien tarkempi jaottelu. (Meskanen & Höök 2009, 1-2)



Kuva 19. Kestomuottimenetelmien jaottelu (Meskanen 2009, 1)

Valumuotin kestävyys rajoittaa sen käyttöä ainoastaan ei-rautametallien valamiseen, joita ovat messingit, alumiini-, sinkki- ja magnesiumseokset. Metallimuottimenetelmillä valuihin saadaan parempi mittatarkkuus kuin hiekkamuottimenetelmillä. Tämän oletetaan johtuvan nopeammasta jäähtymisajasta, jonka ansiosta mikrorakenne on hienojakoinen ja mekaaniset ominaisuudet ovat paremmat. (Meskanen & Höök 2009, 1-2)



Kuva 20. Primäärialumiiniharkkoja. (Mannila 2015)

Alteams Oy:n Laihian yksikkö toimittaa Alamarin-Jet Oy:lle kokillivalumenetelmällä valmistettavat komponentit.

Alteams Oy:n Esa Sinkkosen (vierailu tehtaalla 10.12.2015) mukaan yrityksen toimipiste sijaitsee alueella, joka on asemakaavassa merkitty teollisuustoiminnalle. Lähin asuinrakennus sijaitsee 40 metrin etäisyydellä tehtaasta, joten ympäristölupa velvoittaa, että tehtaan toiminnasta aiheutuva melutaso ei saa ylittää lähimmissä häiriintyvissä kohteissa ympäristönsuojelulain mukaisia klo 7-22 välisenä aikana säädettyä ekvivalenttitason arvoa 55 dB, eikä klo 22-7 välisenä aikana arvoa 50 dB. Tämän lisäksi kemikaalit, jätteet ja ongelmajätteet on varastoitava niin, ettei niistä aiheudu pilaantumisvaaraa maaperälle tai vesistölle, koska läheinen oja yhtyy 1,5 km:n päässä Laihianjokeen. Tehtaan hiukkaspäästömittauksissa ei ole ollut huomautettavaa mutta tehtaan tuotantotilojen ilman epäpuhtauksien puhdistusta tulisi kehittää.

Alteams Oy:n Esa Sinkkosen mukaan kokillivaluprosessissa alumiinin sulatus tapahtuu upokasuuneissa, joista käytetään myös nimitystä vastusuuni. (Kuva 19) Uunit toimivat sähköllä ja käyttökapasiteetti on 300 kg:aa. Alumiini reagoi erittäin herkästi ilmassa olevan hapen kanssa muodostaen alumiinioksiedeita, jotka aiheuttavat oksidisulkeumia ja muita valuvikoja. Oksidien poistamiseen ja metal-

lien erottamiseen käytetään puhdistus- ja kuonausaineita. Kuonaus tapahtuu anostelemalla kuonassuolaa eli flukseja sulan joukkoon. Tämän jälkeen sulalle tehdään kaasunpostokäsittely typpikaasulla, injektoimalla kantajakaasua (typpi) sulaan lanssilla. Tällöin vety ja muut epäpuhtaudet nousevat kantajakaasun mukana sulan pinnalle.



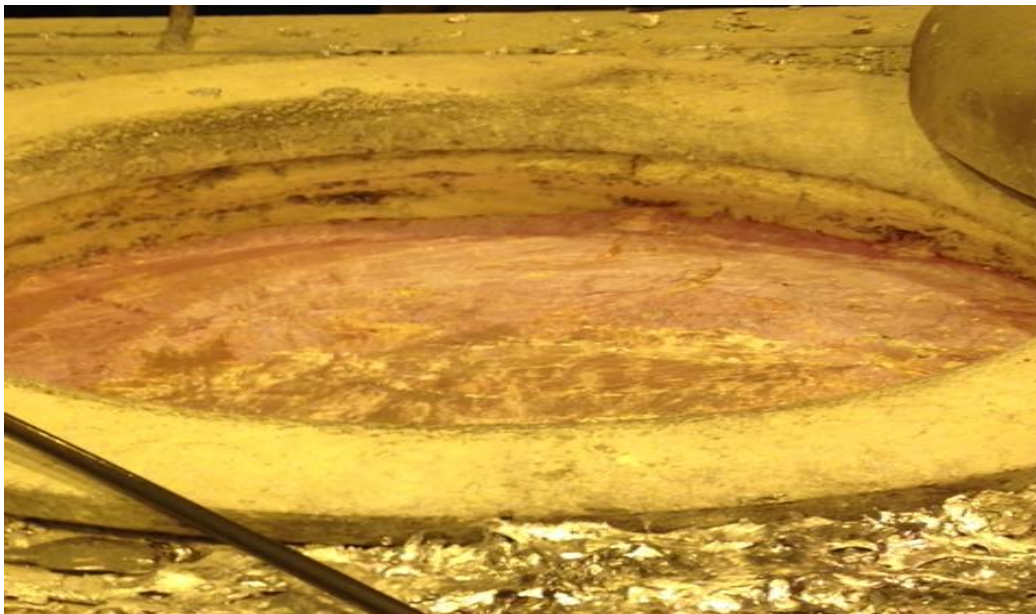
Kuva 21. 300 kg:n vastusuuni. (Mannila 2015)

Kokillivalussa muotti on teräksestä valmistettu kestopuotti. Ennen varsinaista valua, teräsmuotti pinnoitetaan puhaltamalla pintaan vesiliukoisia hiilidioksidirakeita. (Kuva 22) Tällä työmenetelmällä varmistetaan kappaleiden vaivaton irrotettavuus sekä se, että alumiini ja teräs pysyvät valuprosessissa erillään. (Sinkkonen 2015)



Kuva 22. Teräsmuotin pinnoitus hiilidioksidirakeilla. (Mannila 2015)

Kokillivalussa sula alumiini (kuva 23) kaadetaan metalliseen kestopuottiin. (Kuva 24) Alumiinin valulämpötila on noin 750 °C, jolloin alumiini ei vielä höyrysty. Valun jälkeen valukanaviston irrotus tapahtuu sahaamalla ja tämän jälkeen itse kappaleet viimeistellään sekä tarvittaessa pintakäsitellään. (Sinkkonen 2015)



Kuva 23. Sulaa alumiinia. (Mannila 2015)



Kuva 24. Valu kestopuottiin. (Mannila 2015)

Kokillivaluprosessissa uunien ja sulan puhdistuksessa sivutuotteena muodostuva kuona (kuva 25) toimitetaan Kuusakoski Oy:lle. Kuona sulatetaan pyörivässä uunissa ja kuonassa mukana olevasta alumiinista saadaan Kuusakoski Oy:n prosessissa talteen 60-80 % alumiinioksidia. Prosessista jäljelle jäävän muun raskasmetalleja sisältävän kuonan Kuusakoski Oy kierrättää muissa prosesseissaan ympäristölupansa edellyttämällä tavalla. (Sinkkonen 2015)



Kuva 25. Kuona on metallurgisen prosessin sivutuote ts. jäte, joka sisältää lopputuotteen kannalta ei-toivottuja aineita. (Mannila 2015)

6 PINTAKÄSITTELYMENETELMIEN AIHEUTTAMAT YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Tämä luvun aineisto on luottamuksellinen ja siitä syystä, sitä ei ole sisällytetty julkaistavaan materiaaliin.

7 KORROOSIOILMIÖN AIHEUTTAMAT YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Käytännön kannalta haitallinen metallien hapettumistapahtuma on korrosio, jolla tarkoitetaan rakennemateriaalien ympäristön vaikutuksesta tapahtuvaa syöpymistä. Tapahtumana korrosio on hidaskäyttö, eikä sitä tästä syystä oteta riittävän vakavasti huomioon. Korroosiotapahtuman ymmärtäminen ja mahdollinen estäminen vaatii monen alan (sähkökemian, kemian, metallurgian) asiantuntemusta. Korrosiota kuvastaa hyvin nimitys ”käänteinen metallurgia”, joka tarkoittaa metallien pyrkimystä minimienergiiaan. Vain harvoja metalleja esiintyy luonnossa puhtaina, sillä useimmat metallit valmistetaan yhdisteitään pelkistämällä, mikä vaatii paljon energiaa. Puhtaan metallin energiatila on siten korkeampi kuin yhdisteiden, joista ne on valmistettu. Minimienergiapyrkimys ajaa puhtaita metalleja hapettumaan takaisin yhdisteikseen, koska ne pyrkivät palaamaan luonnolliseen muotoonsa. (Korroosiokäsikirja 2004, 17-18, Antila, Karppinen, Leskelä, Mölsä ja Pohjakallio 2010, 201-202)

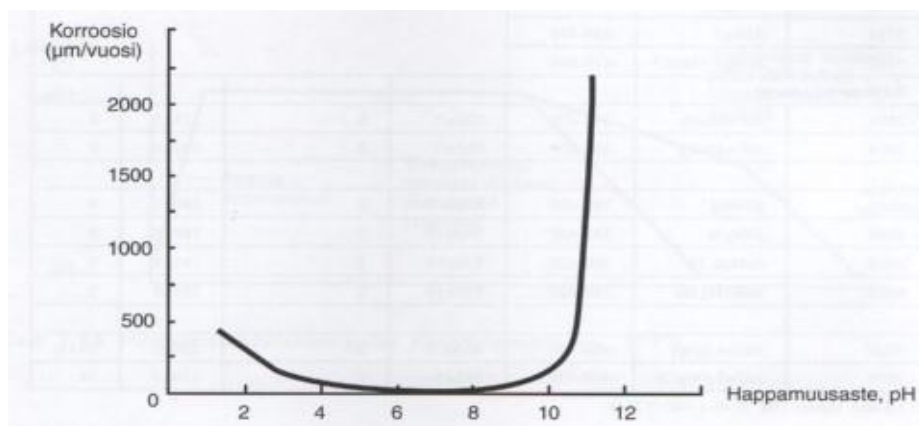
7.1 Korroosionkestävyys meriolosuhteissa

Alumiinin suurimpia ja tärkeimpiä käyttäjiä ovat kuljetusväline-, rakennus-, pakkaus- ja sähkötarviketeollisuus. (Lukkari 2001, 20) Alumiini on erinomainen materiaali meriteollisuudessa, koska se kestää erinomaisesti ilmastollisissa ääriolosuhteissa. Merivedessä käytettävissä laitteissa käytetään usein vielä katodista suojausta tehostamaan korroosionkestävyyttä.

Alumiinin etuja ovat ennen kaikkea keveys, hyvä korroosionkestävyys ja pieni huollon tarve. Korroosionkestävyys perustuu alumiinin pintaan ilmassa muodostuvasta erittäin ohuesta mutta lujasti kiinni olevasta ja tiiviistä oksidikalvosta, jonka paksuus vaihtelee olosuhteiden mukaan 0,001-0,1 µm. Ilmassa syntyneen oksidikalvon paksuus on tyypillisesti 0,01-0,02 µm. Jos oksidikalvo naarmuuntuu tai muuten vahingoittuu, muodostuu uusi suojaava kalvo ilmassa muutamassa sekunnissa. Luonnollinen oksidikalvo muodostuu paksummaksi, kun lämpötila nou-

see tai ilman kosteuspitoisuus kasvaa. Kosteissa tiloissa voi luonnollisen oksidikalvon paksuus olla yli 0,1 μm . (Lukkari 2001, 19)

Alumiini kestää oksidikalvonsa ansiosta monia kemikaaleja. Kalvon pysyvyyteen vaikuttaa liuoksen happamuus eli pH-arvo. Oksidikalvo on pysyvä pH-alueella 4-9. Kuvasta 26 nähdään, että korroosionopeus on suuri hyvin happamissa (pH alle 3) tai hyvin emäksisissä olosuhteissa (pH yli 9), koska näissä olosuhteissa oksidikalvo liukenee. Poikkeuksena on väkevä typpihappo (HNO_3), joka ei aiheuta korroosiota alumiinissa. Tästä syystä puhdasta alumiinia (Al 99,8 %) käytetään väkevöidyn typpihapon kuljetus- ja varastointisäiliönä. (Lukkari 2001, 20-21)



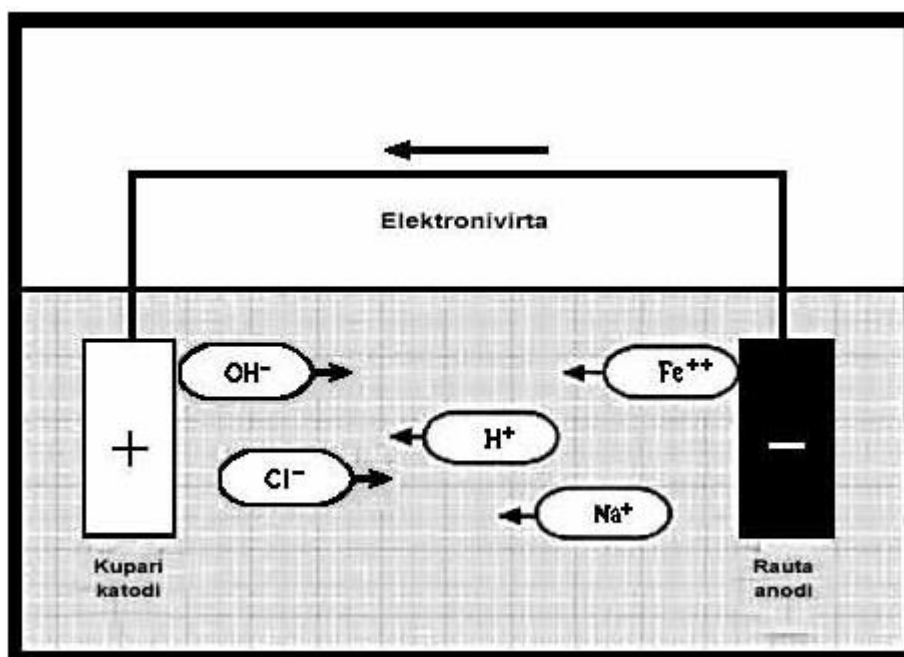
Kuva 26. Alumiinin korroosionopeus eri pH-arvoilla. (Svetskommissionen 1997, Lukkari 2001)

Vesiolosuhteet, kloridit ja raskasmetallit vaikuttavat siis merkittävästi alumiinin kestävyteen vedessä. Mn -seosteinen alumiini soveltuu paremmin käytettäväksi happamissa olosuhteissa, kun vastaavasti Mg-seosteinen alumiini soveltuu paremmin merivesiolosuhteissa käytettäväksi. Merivettä kestävä parhaiten AlMg- ja AlMgMn -seokset, jotka sisältävät magnesiumia yli 2,5 %. (Lukkari 2001, 21-22)

7.2 Galvaaninen korrosio

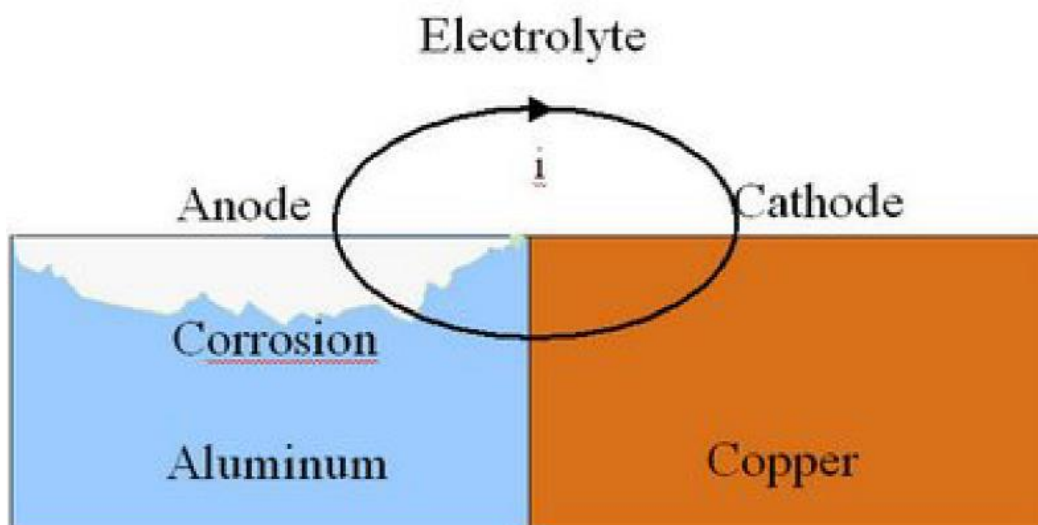
Galvaaninen korrosio on sähkökemiallinen ilmiö. Kun kaksi metallia on kosketuksessa elektrolyytin, kuten veden kanssa, pyrkii epäjalompi metalli syöpymään. Syöpyvä metalli eli anodi hapettuu, luovuttaen elektroneja ympäröivään liuokseen, kun vastaavasti katodi vastaanottaa elektronit ja pelkistyy. Korrosiopari eli galvaaninen pari muodostuu siis kahden eri potentiaalissa olevan metalliosan välille. Korroosionsuojausta pohdittaessa optimaalisin ja hyödyllisin vaihtoehto on valita metallit, jotka ovat toisiaan lähellä sähkökemiallisessa jännitesarjassa. (Korroosioyhdistys 2004, 25-31)

Alumiinin ja sinkityn teräksen liitokset, jotka muodostavat galvaanisen parin, kestävät ulkoilmassa hyvin, niin kauan kuin sinkkiä riittää suojaamaan terästä.



Kuva 27. Esimerkki galvaanisesta parista. (Opetushallitus)

Galvaanisen korrosioilmiöön vaikuttavia tekijöitä ovat metallien potentiaalierot, pinta-alojen suhde, virheellinen hitsauslisäaine ja elektrolyytin luonne sekä johtavuus. (Korroosioyhdistys 2004, 109-110)



Kuva 28. Galvaaninen korrosio. (Riikonen 2014)

Korroosioilmiöitä on tutkittu paljon, sillä ne aiheuttavat merkittäviä työturvallisuusriskejä, ympäristön ja tuotteiden pilaantumista sekä taloudellisia menetyksiä ja tappioita. Korroosioilmiöistä johtuvat vuosittaiset tappiot maailmanlaajuisesti ovat noin 2,2 (trillion 10^{12}) biljoonaa dollaria ja Yhdysvalloissa noin 300 (billion 10^9) miljardia dollaria. Korrosio syö vuositasolla keskimäärin 3 % valtion bruttokansantuotteesta. Korroosion aiheuttamia taloudellisia tappioita voitaisiin arvioiden mukaan vähentää 20 - 25 % panostamalla korroosionsuojaukseen ja korroosionkestäviin materiaaleihin. (ASM International 2005, World Corrosion Organization 2009)

7.3 Katodinen suojaus

Pintakäsittely tai pinnoitus on ensisijainen korroosionestomenetelmä, jota vesirajapinnan alapuolisissa rakenteissa täydennetään katodisella suojauksella. Katodinen suojaus on tarpeen merellisessä ilmastossa ja yhdessä nämä menetelmät ovatkin erinomainen suoja korroosiota vastaan. (Leino 2007, 32)

Katodisen suojauksen tarkoituksena on estää metallien haitallinen hapettumistapahtuma eli sähkökemiallinen korrosio syöttämällä siihen ulkoa elektroneja. Ka-

todinen suojaus on mahdollista toteuttaa kytkemällä metalli ulkoisen virtalähteen miinusnapaan tai muodostamalla niin kutsuttu paikallispari uhrautuvalla anodilla, jolloin metalli saa elektroneja epäjalommalta metallilta. Uhrautuva anodi ja suo-
jattava kappale muodostavat yhdessä siis galvaaninen parin. Tällöin uhrautuva anodi syöpyy suojustavan kappaleen sijaan ja murenee käytön aikana mereen. (Leino 2007, 32)

Alumiinin katodiseen suojaukseen hyvin soveltuvia metalleja ovat sinkki, magne-
sium ja alumiiniseosanodit. Uhrautuvaksi anodiksi valitaan sähkökemiallisessa sarjassa alempana oleva aine. Tällöin sinkki toimii uhrautuvana metallina, jolloin se suojaa itse kappaletta niin kauan kuin sinkkiä riittää. (Carlholt, käänös Höök 2015)

Kuvassa 29 on esitetty galvaaninen jännitesarja merivedessä. Kuvasta käy ilmi, että aktiivi/passiivi-käyttäytymiseen taipumuksen omaavilla metalleilla on kaksi potentiaalialuetta. Alla esitetyssä kuvassa tummempi potentiaalialue kuvaa metal-
lin aktiivitilaa.

8 KÄYTÖN AIKAISET YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Avaintekijöitä päästöjen vähentämisessä ovat polttoprosessin tehokkuus, tuotteen käyttämän polttoaineen määrä ja laatu sekä savukaasujen puhdistus. Selvää on, että mitä enemmän polttoainetta kuluu, sen suuremmat päästöt. (Virtanen, Miittinen & Junttila 1995, 186)

Alamarin-Jet Oy:n merkittävin ympäristötavoite on vesisuihkupropulsion hyötysuhteen ja polttoainetalouden parantaminen. Polttoaineen kulutusta ja päästöjen vähentämistä käsitellään tarkemmin luvussa 8.1.

8.1 Polttoaineen kulutus ja päästöjen vähentäminen

Tämä luvun aineisto on luottamuksellinen ja siitä syystä, sitä ei ole sisällytetty julkaistavaan materiaaliin.

8.2 Voiteluaineen kulutus ja niiden päästöjen minimoiminen

Alamarin-Jet Oy:n valmistamissa vesisuihkupropulsiossa laakeroinnin ratkaisu poikkeaa kilpailijoista siten, että yrityksen valmistamassa tuotteessa takalaakeri on rasvavoideltu. Voiteluaineen tärkein tehtävä on muodostaa öljykalvo liikkuvien metalliosien välille, jolloin kitka pienenee ja osat kuluvat mahdollisimman vähän. Tämän lisäksi voiteluaineet tiivistävät, jäähdyttävät, puhdistavat ja suojaavat korroosiolta. (Antila jne. 2010) Tämä ratkaisu pidentää tuotteen käyttöikää merkittävästi.

Kohde	Päästö	Määrä	Käyttöiän aikainen päästö (5000h)
Etulaakeri	Voiteluöljy ATF	3l/500h	30l
Takalaakeri	Voiteluvaseeliini	0,1l/100h	5l

Kuva 30. Voiteluaineen kulutus. (Alamarin-Jet Oy 2012)

Yhdysvalloissa joulukuussa 2013 voimaan tullut vesirajapintaa koskeva VGP (Vessel General Permit) asetus, velvoittaa 79 jalkaa pitkiä ja sitä pidempiä aluksia, korvaamaan nykyiset mineraaliöljypohjaiset voiteluaineet uuden standardin mukaisilla, EAL -hyväksytyillä (Environmentally Acceptable Lubrication) voiteluaineilla. Tämän lisäksi asetus velvoittaa varmistamaan, että tiivistepinnoilta ei pääse vuotamaan voiteluainetta vesistöihin.

Terminä EAL tarkoittaa, että voiteluaineet ovat biohajoavia ja -kertyviä sekä mahdollisimman myrkyttömiä.

Asetus koskee erityisesti aluksen vesirajapinnan alapuolella olevia laitteita mutta suosituksena on käyttää EAL -hyväksytyä voiteluainetta myös kaikissa aluksen kannen yläpuolella olevissa laitteissa. Asetuksen tarkoituksena on ennaltaehkäistä

merien saastumista sekä vähentää kemikaalien kuormitusta vesiympäristössä. (Wollenhaupt 2014)

US EPAn (United States Environmental Protection Agency) mukaan seuraavilla etiketeillä ja kansallisilla standardeilla, kuten Blue Angel, the Swedish Standards SS 155434 ja SS 155470 sekä kansainvälisillä standardeilla, kuten Nordic Swan, European Eco-Label ja OSPAR -merkityt voiteluaineet ovat EAL -hyväksytyjä tietyin kriteerein. Tällaisia kriteerejä on asetettu mm. materiaalivalinnoille siten, että ne eivät saa sisältää terveydelle haitallisia aineita. Alla olevassa kuvassa 32 on esitetty EAL -hyväksytyjen voiteluaineiden standardien vertailu.

EAL Labeling Program	Biodegradability	Aquatic Toxicity	Bioaccumulation	Other Criteria
Blue Angel (Germany)	OECD 301B-F (ultimate biodeg.) or CEC L-33-A-934 (primary biodeg.)	OECD 201-203	OECD 305 A-E or K_{ow}	Dangerous materials; Technical performance
Swedish Standard	ISO 9439	NA	None	Renewable content; Sensitizing properties
Nordic Swan	NA	OECD 201-202	None	Renewable content; Technical performance
European Eco-label	OECD 301 A-F (ultimate biodeg.), OECD 302C or ISO 14593	OECD 201 and 202 (acute) & OECD 210 or 211 (chronic)	OECD 107, 117 or 123 (K_{ow} for organic compounds) or OECD 305	Dangerous materials; Restricted substances; Renewable content; Technical performance
OSPAR	OECD 306 (degradation under marine conditions)	Marine toxicity to 4 species	OECD 117 or 107 (K_{ow})	

Kuva 31. EAL -hyväksytyjen voiteluaineiden standardien vertailu. (US EPA 2016)

Näihin asioihin on mielestäni syytä kiinnittää huomiota, sillä vesisuihkupropulsioita myydään ja markkinoidaan laajalti Yhdysvaltoihin.

9 KUNNOSSAPIDON AIKAISET YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Yritys järjestää säännöllisesti ns. hands-on-training koulutustilaisuuksia. Koulutus tapahtuu useimmiten asiakkaan luona ja se on yksilöllisesti räätälöity asiakkaan tarpeen mukaan. Koulutus on merkittävässä roolissa oikeanlaisen huoltotiedon jalkauttamisessa käyttäjille ja mekaniikoille. Koulutuksen ja informaation kautta pystytään merkittävästi edistämään käyttäjien päivittäiseen työturvallisuuteen liittyviä tekijöitä, minimoimaan käytön aikaisia haittoja ja riskejä ympäröivälle luonnolle sekä pidentämään tuotteen elinkaarta.

Asiakkaiden koulutus on avoimen tiedottamisen lisäksi hyvä tapa hoitaa asiakassuhteita ja lisätä asiakastyytyvää. Tämän lisäksi se tukee varaosakauppaa ja liiketoimintaa, kun asiakkaiden tietoisuus saatavana olevista varaosista ja palveluista kasvaa.

9.1 Huollot

Koulutus on merkittävässä roolissa oikeanlaisen huoltotiedon jalkauttamisessa käyttäjille ja mekaniikoille. Oikeanlaisilla huoltotoimenpiteillä voidaan merkittävästi pidentää tuotteen käyttöikä ja elinkaarta, joka samanaikaisesti edistää kestävää kehitystä ja kestävä kehityksen mukaista tuottavuutta.

Yritys tarjoaa asiakkailleen erittäin kattavan huolto-ohjelman, sillä jokaiselle yrityksen valmistamalle vesisuihkupropulsiotyypille on huoltosuositukset sekä käyttötuntien että sesongin mukaan. Näiden lisäksi, on vielä saatavilla valmiit varaosapaketit kahden ja viiden vuoden välein tehtäviin vuosihuoltoihin.

Vesisuihkupropulsion rakenne on yksinkertainen ja dokumentaatio ajantasaista. Huollettavuus ei vaadi erityistyökaluja ja huolto-ohjelmasta löytyy kaikki asiakkaan tarvitsema tieto: osakokoonpano, mitä artikkeleita kyseinen osakokoonpano sisältää, artikkeleiden tuotekoodit ja määrät sekä huoltotoimenpiteeseen keskimääräisesti käytettävä aika tunteina.

SPARE PARTS FOR SEASONAL AND HOURLY BASED MAINTENANCE
ALAMARIN JET 230

Standard spare parts based on seasonal maintenance and operating hours

Subassembly	Code	Name	Qty	Seasonal maintenance	after every 500 operating hours	after every 1000 operating hours	after every 2000 operating hours	after every 3000 operating hours
***	K9910	Zinc anode set Jet-230 (tube type)	1	x				
Stator***	10160	Rear end bearing 230	1			x		
	H0401	Plastic bearing	1				x	
Impeller shaft	10362	Shaft sleeve	1				x	
	10419	Shaft sleeve	1				x	
	T0000025	O-ring	3				x	
Jet frame***	10410	Steering shaft bearing	1				x	
	T9900022	Shaft seal	2				x	
Steering nozzle	R01100402	Hexagonal socket-head screw M10	2			x		
	H0301	Plastic washer	1			x		
	RF105EJR316	Eye joint	2			x		
	R31100002	Nyloc M10	1			x		
	R30100002	Nut M10	2			x		
	R05100702	Screw M10	1			x		
Inspection hatch	R04120352	Hexagonal head screw M12	1			x		
	T0000122	Seal	1			x		
Reverse bucket***	H0403	Plastic bearing	2				x	
	H0102	Plastic bearing	1				x	
Front bearing	T456810A	Shaft seal	1			x		
	L0101	Bearing	1					x
	L0122	Bearing	1					x
	T9900041	Shaft seal	2					x
Others	10560	Oil filter	1		x			
	S717	Drive belt	1			x		
	KEM0109	Grease	1		x			
H3 Cylinder	KEM0116	AUTOMATIC GEAR OIL	1	x				
	P9904	Seal kit of H3 cylinder	1				x	
EWI (hours)					2h	1h	4h	8h
								3h

Depending on the operating conditions you may need to change following wearing parts: e.g. sandy and shallow waters

	Sarake1	Sarake2
Impellers	5204-0	Impeller 230 9" 0
	5204-00A+	Impeller 230 9" 00A+
	5204-00B	Impeller 230 9" 00B
	5204-00BC	Impeller 230 9" BC
	5204-00C	Impeller 230 9" 00C
	5212	Impeller 230-10"
	5211	Impeller 230-11.5"

* Depending on the water conditions either zinc or aluminium anodes

** Sold only for personnel authorized by Alamarin-jet

*** Depends on the bucket type 230GT, 230GT2 or 230GK

Kuva 32. Huoltosuositus ja varaosat AJ 230. (Alamarin-Jet Oy 2015)

9.2 Varaosien saatavuus ja toimitusvarmuus

Alamarin-Jet Oy:n Tuula Kakkurin (puhelinkeskustelu 17.11.2015) mukaan yrityksessä on panostettu vesisuihkupropulsioiden käyttötukeen. Käyttötuen ja varaosien saatavuus on helposti yli 10 vuotta ja varaosakauppa muodostaa merkittävän osan yrityksen liiketoiminnasta. Oikeanaikaisilla ja oikeanlaisilla huolto- ja korjaustoimenpiteillä voidaan olennaisesti lisätä tuotteen käyttöturvallisuutta ja pidentää tuotteen elinkaarta.

Aluksen moottorityyppi pystytään jäljittämään sarjanumeron perusteella ja impellerin tyyppi on kirjattu ID -kortille. Kuluvat osat kuten impelleri, laakerit, hydraulisyylinteri (ei myydä yksittäisiä osia, mutta huoltoasetin ostamalla, sen vaihto on mahdollinen), sinkit, hydraulipumpun hihnat (syylinteriä varten), kauha (saattaa peruuttaessa rikkoutua) ja staattorin siivet (saattavat murtua hiekan tai kivien iskuista) muodostavat merkittävän osan yrityksen varaosakaupasta.

Varaosat lähtevät asiakkaalle vuorokauden sisällä asiakkaan yhteydenotosta. Runkojen osalta toimitusaika on 2-3 vuorokautta, mikäli sellaista ei löydy valmiiksi kasattuna. Asiakkaina ovat monet eri viranomaisahot, joten varaosakaupassa on panostettu erityisesti siihen, että vesisuihkupropulsion seisokki asiakaskyselyiden ja huoltotoimenpiteiden aikana olisi mahdollisimman lyhyt.

9.3 Käytön aikainen kuluminen

Vesisuihkupropulsio on suunniteltu jatkuvaan käyttöön. Öljynporauslauttojen yhteysalukset ja viranomaiskäytössä oleva kalusto ovat jatkuvassa käytössä, kun taas risteilyaluksilla nopeiden pelastusveneiden käyttö on vähäistä.

SOLAS -määräykset velvoittavat tehtävään nimettyä miehistöä, testaamaan nopeiden pelastusveneiden toimivuutta risteilyaluksilla viikoittain. Tämä tapahtuu ns. kuivakäyttönä eli pelastusveneitä ei testauksen aikana lasketa veteen. Tämän lisäksi SOLAS -määräykset velvoittavat tehtävään nimettyä miehistöä, testaamaan nopeiden pelastusveneiden toimivuutta risteilyaluksilla vesisolosuhteissa kerran kuukaudessa. Koekäyttö tapahtuu käytännöllisesti siten, että pelastusvene laskeaan veteen. (Rosslund 2016)

Olosuhdetekijöistä kuten ilman kloridipitoisuudesta ja kosteudesta johtuen, korroosion aiheuttama kuluminen on merkittävämpää kuin mekaaninen kuluminen. Tästä syystä koekäytön tai testauksen jälkeen, on erittäin tärkeää kiinnittää huomiota laitteen huuhtelemiseen ja asianmukaiseen puhdistamiseen makealla vedellä.

10 KÄYTÖN JÄLKEINEN KÄSITTELY / END-OF-LIFE

Tuotteen rakenne ja materiaalivalinnat vaikuttavat ensisijaisesti sen kierrätettävyyteen. Tuotteen käyttöpaikka voi olla yhteiskunnaltaan, luonnonympäristöltään ja muilta olosuhteiltaan olennaisesti erilainen ja siksi tuotesuunnittelussa onkin tärkeää huolellisesti huomioida tilanteet, joissa voi syntyä odottamattomia ympäristövaikutuksia eri maissa.

10.1 Tehdaskunnostus

Tehdaskunnostus tai muualla yleisimmin käytetty termi uudelleenvalmistus on noussut viime aikoina esille erityisesti kiertotalouden, materiaalitehokkuuden ja kestäväen kilpailukyvyn edistämiseksi. Tästä syystä, eräät meriteollisuuden yritykset ovat sisällyttäneet palvelukonseptiinsa mahdollisuuden tuotteen tehdaskunnostukseen, joka pidentää tuotteen elinkaarta usealla vuodella.

Vesisuihkupropulsion tehdaskunnostusmahdollisuutta tutkittiin ja mietittiin yhdessä laatupäällikkö Jouni Möttösen ja jälkimarkkinointijohtaja Jukka Mattilan kanssa. Pohdinnoissamme päädyimme siihen lopputulokseen, ettei se vielä tällä hetkellä ole kannattavaa liiketoimintaa ja että siihen sisältyy liian suuria turvallisuuskysymyksiä ja -riskejä huomioiden käyttöolosuhteet sekä luonnonympäristön olennaiset eroavuudet käyttäjä- ja aluskohtaisesti.

10.2 Käytöstä poisto

Tuotteen rakenne, materiaalivalinnat ja pintakäsittelymenetelmät vaikuttavat ensisijaisesti sen kierrätettävyyteen ja hävittämisprosessiin. Tuotteen käyttöpaikka voi olla yhteiskunnaltaan, luonnonympäristöltään ja muilta olosuhteiltaan olennaisesti erilainen ja siksi tuotesuunnittelussa onkin tärkeää huolellisesti huomioida tilanteet, joissa voi syntyä odottamattomia vaikutuksia eri maissa.

Kuvassa 34 on esitetty vesisuihkupropulsion materiaalijakauma. Kaikki alumiini-, teräs- ja muoviosat ovat 97 %:ti kierrätettäviä. Ainoastaan kumiosat, kuten akseli-

tiivisteet, o-renkaat, ja hydraulikkaletkut on hävitettäessä lajiteltava kaatopaikka-jätteeseen, koska näissä osissa on usein sisäänvalettuja teräs- ja kangaskudosvahvikkeita. (Alamarin-Jet Oy 2012)

Kokonaisuus	Materiaali	Pintakäsittely	Määrä (paino-%)
Alumiinivalut	AlSi7Mg	Viherkromatointi	48,2 %
Koneistetut alumiiniosat	AlSi1MgMn, AlMg4,5	Anodisointi	4 %
Muoviosat	POM	Ei mitään	1,5 %
Teräsosat	SS355	Mustanitraus/ei mitään	4 %
Kumiosat	CR, NBR	Ei mitään	3 %
Haponkestävät teräsosat	1.4432, 1.4462	Ei mitään	39,3 %

Kuva 33. Vesisuihkupropulsioon materiaalijakauma. (Alamarin-Jet Oy 2012)

11 YHTEENVETO

Tässä insinööriyössä tutkittiin Alamarin-Jet Oy:n vesisuihkupropulsiolaitteen elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia yksinkertaistettua elinkaariarviointimenetelmää käyttäen. Painopiste ja ympäristötavoite asetettiin polttoaineen kulutuksen pienentämiseen ja päästöjen minimoimiseen.

Jokainen tuote käy läpi vaiheita, joiden kokonaisuudesta koostuu elinkaari. Lähes kaikkien elinkaari-pohdintojen taustalla on jatkuva muutos, sillä jokainen elinkaari-päättös kytkeytyy osaksi laajempaa kokonaisuutta.

Alihankkijoiden ohjaaminen ja kontrollointi on sisällytetty osaksi uutta ISO 2015-revision ympäristö- ja laatusertifiointia. Siitä syystä tässä insinööriyössä perheydyttiin myös alihankkijoiden prosesseihin ja heidän prosessiensa aiheuttamiin ympäristövaikutuksiin valu- ja pintakäsittelymenetelmien osalta.

Vesisuihkupropulsiolaitteen komponenttien valmistus tapahtuu valamalla ja merkittävimmät negatiiviset ympäristövaikutukset alihankkijoiden prosesseissa aiheutuvat uunien energiankulutuksesta. Tehtailla suoritetaan heidän ympäristölupansa velvoittamat hiukkaspäästömittaukset, jonka lisäksi pinta- ja pohjavesinäytteet analysoidaan. Laihian Alteams Oy:n yksiköstä ei saatu niin yksityiskohtaista tietoa prosessivesistä ja niiden aiheuttamista ympäristövaikutuksista kuin Ruovedeltä, jossa prosessivesiä ei muodostu lainkaan.

Alumiinista valamalla valmistetut kappaleet ovat huokosia, joten oikeanlaisen pinnoitusmateriaalin valinnalla on suuri merkitys tuotteen elinkaaren pidentämisessä. Pintakäsittelyn eli pinnoituksen tarttuvuus ja paksuus suojattavaan metalliin sekä sen säilyminen ehjänä, ovat korroosionsuojauksen toimivuuden perusehto.

Käytettyjä pintakäsittelymenetelmiä on useita ja ne vaikuttavat eri tavalla tuotteen ominaisuuksiin. Kiteytetysti voidaan kuitenkin todeta, että pintakäsittely lisää tuotteen korroosion- ja kulutuksenkestävyyttä, helpottaa puhtaanapitoa, vähentää

huollon ja varaosien tarvetta. Kovan pinnan ansiosta liukuominaisuudet, kulutuskestävyys ja väsymislujuus paranevat ja kitka pienenee.

Viherkromatointi on yleisesti käytetty alumiinikappaleiden metallipinnan passiivoiva esikäsitelymenetelmä, joka sopii kappaleille, jotka märkä- tai jauhemaalataan ja joilta vaaditaan hyvää korroosionkestävyyttä. Kromaateissa ja dikromaateissa, kromi esiintyy hapetusluvulla +6, mutta niiden liukoisuus vaihtelee ja lopulta ne pelkistyvät ympäristössä kolmenarvoisiksi kromiyhdisteiksi.

Viherkromatoinnilla (märkämaalaus) saavutettuja positiivisia hyötyjä ovat tuotteen parempi korroosionkestävyys ja prosessin vähäinen energiankulutus, koska kappaleet voidaan kuivattaa huoneenlämmössä.

Viherkromatoinnin aiheuttamista negatiivisista ympäristövaikutuksista merkittävimpiä ovat erilaisten liuottimien ja happojen käytöstä aiheutuva kemikaalikuormitus, joka lisää myös palovaaran riskiä sekä VOC -päästöt (Volatile Organic Compound). Lisäksi liuottimet ja hapot sisältävät karsinogeeniä, joiden on todettu olevan terveydelle haitallisia. Työvaiheiden aikana kappale huuhdellaan useaan kertaan, jolloin muodostuu haitallisia kemikaaleja sisältäviä prosessivesiä. Huojentavaa ja positiivista on se, että alihankkija vastuunsa velvoittamalla tavalla kiertää nämä prosessivedet omassa suljetussa järjestelmässä.

Jauhemaalauksella saavutettuja positiivisia hyötyjä on kappaleen parempi mekaaninen rasituskestävyys, joka vaikuttaa myös vesisuihkupropulsioilaitteiden käyttäjien työturvallisuuteen. Jauhemaalauksessa ei käytetä liuottimia, eikä VOC -päästöjä muodostu, joten palovaaran riski on pieni.

Jauhemaalauksen aiheuttamista negatiivisista ympäristövaikutuksista merkittävin on uunin suuri energiankulutus.

Eliönestomaalauksella saavutettuja positiivisia hyötyjä, vesisuihkupropulsioilaitteiden käyttäjien kannalta ovat suorituskykyyn, polttoainetalouteen, huoltovapauteen ja käyttöikään liittyvät seikat.

Eliönestomaalaus, kuten muutkin edellä esiteltyt pintakäsittelymenetelmät aiheuttavat negatiivisia ympäristövaikutuksia niiden sisältämistä, vesiliöille haitallisista kemikaaleista johtuen, sillä osa maalien sisältämistä tehoaineista liukenee veteen. Eliönestomaalien aiheuttamaa kemikaalikuormitusta vesiympäristössä voidaan kuitenkin merkittävästi vähentää käyttämällä ultraäänen vaikutukseen perustuvia eliönestolaitteita mutta parhaan suojauksen saa yhdistämällä nämä molemmat.

Mustanitrous on ympäristöystävällinen pintakäsittelymenetelmä, koska prosessissa ei synny jätteitä eikä ilmapäästöjä.

Korroosioilmiö on käytännön kannalta haitallinen metallien hapettumistapahtuma, jonka aiheuttamat ympäristövaikutukset ja taloudelliset tappiot ovat merkittäviä maailmanlaajuisesti. Vesistöissä ja kloridipitoisessa meri-ilmastossa siihen sisältyy myös työturvallisuuskäsitteitä ja -riskejä, sillä korroosioilmiö aiheuttaa tuotteessa rakennemateriaalien syöpymistä.

Pinnoituksen antamaa korroosionsuojaa täydennetään katodisella suojauksella, polarisoimalla korroosioikennon anodia negatiiviseen suuntaan. Vesisuihkupropulsiolaitteessa se on toteutettu uhrautuvalla anodilla, jolloin se suojaa epäjalompaa metallia ja syöpyy suojattavan kappaleen sijaan. Tämän seurauksena sinkkiä murenee mereen.

Suurin vesisuihkupropulsion elinkaaren aikainen ympäristökuormitus aiheutuu käytön aikaisesta polttoaineenkulutuksesta ja päästöistä ilmaan sekä veteen. Polttoaineen sisältämä hiili (C) muuntuu polttoprosessissa yleisesti hiilidioksidiksi (CO_2) tai hiilimonoksidiksi (CO), jos polttoprosessi ei ole puhdas. Vastaavasti rikki (S) muuttuu rikkidioksidiksi (SO_2). Typen oksidien (NO_x), kuten typpi-monoksidin (NO) ja typpidioksidin (NO_2) päästöt riippuvat käytetystä polttoaineesta sekä polttoprosessista. Edellä mainittujen päästöjen lisäksi polttoprosessissa saattaa muodostua pienhiukkasia, erilaisia partikkeleja, metaania (CH_4) ja di-

typpimonoksidia (N₂O), josta yleisesti kansankielessä käytetty termi on typpioksiduuli.

Useimmat edellä mainitut kemialliset yhdisteet liukenevat hyvin veteen ja aiheuttavat negatiivisia ympäristövaikutuksia vesiympäristössä ja ilmassa.

Merkittävimpiä ilmastomuutosta aiheuttavia kasvihuonekaasuja ovat CO₂, CO, CH₄, NO_x ja N₂O.

Merkittävimpiä vesistöjen happamoitumista aiheuttavia kaasuja ovat SO₂ ja NO_x.

Merkittävimpiä otsonikerrosta ja alailmakehän otsonia tuhoavia kaasuja ovat NO_x ja N₂O.

Näiden lisäksi partikkelit ja erilaiset pienhiukkaset tarttuvat helposti keuhkojen sisäpinnoille ja keuhkorakkuloihin. Ne aiheuttavat hengitysvaikeuksia ja lisäävät hengitystiesairauksia.

Testiveneellä, johon oli asennettu AJ 288-tyypin vesisuihkupropulsio, mitattiin polttoaineenkulutusta ja hyötysuhdetta eri nopeuksilla. Mittaustulokset ja laskelmat osoittavat, että AJ 288 -tyypin vesisuihkupropulsiolaitteen koko elinkaaren aikainen dieselpolttoaineen kulutuksen säästö on erittäin merkittävät 33767 litraa 10 000 käyttötunnin aikana, kun laitteen hyötysuhdetta parannettiin 2 %:a.

Tämä vähentää merkittävästi laitteen käytön aikaisia päästöjä ja fossiilisten polttoaineiden aiheuttamaa ympäristökuormitusta.

Voiteluaineen käyttö vesisuihkupropulsiolaitteen laakerointiratkaisuissa pidentää tuotteen käyttöikää merkittävästi, sillä voiteluaine muodostaa öljykalvon liikkuvien osien välille, jolloin kitka pienenee ja osat kuluvat mahdollisimman vähän. Lisäksi se antaa hyvän suojan korroosiota vastaan. Voiteluaineen kulutuksen määrä ei ole niin suuri, että se aiheuttaisi merkittäviä negatiivisia ympäristövaikutuksia.

Lähitulevaisuutta ajatellen, suositeltavaa on tutkia mahdollisuutta siirtyä käyttämään ympäristöystävällisempiä voiteluaineita.

Vesisuihkupropulsiolaitteen huolto-ohjelma on erittäin kattava. Oikeanlaisilla ja -aikaisilla huoltotoimenpiteillä sekä koulutuksella on suuri merkitys tuotteen elinkaaren pidentämisessä.

Vesisuihkupropulsiolaitteen rakenne, materiaalivalinnat ja pintakäsittelymenetelmät vaikuttavat osien kierrätettävyyteen ja käytöstä poistoon. Kaikki alumiini-, teräs- ja muoviosat ovat 97 %:ti kierrätettäviä. Tulevaisuutta ajatellen, kappaleiden ja komponenttien materiaalimerkinnot (Al jne.) helpottaisivat kierrätettävyyttä.

LÄHTEET

- Academy for Spatial Research and Planning (ARL). 2015. Tuotteen elinkaaren vaiheiden tunnistaminen. Viitattu 3.12.2015.
<http://toolkit.balticclimate.org/fi/elinkeinoelaman-toimijat/swot-analyysityokalu/ilmast-swot-analyysin-laatiminen/tuotteen-elinkaaren-vaiheiden-tunnistaminen>
- Alamarin-Jet Oy. 2015. Yritys. Viitattu 11.11.2015.
<http://alamarinjet.com/index.php/fi/yritys>
- Antila, A-M., Karppinen M., Leskelä M., Mölsä, H., Pohjakallio, M. 2010. Tekniikan kemia. Helsinki. Edita Publishing Oy.
- Auvinen, T. 2009. Viitattu 29.11.2015. <http://slideplayer.biz/slide/2010810/>
- ASM International. The Effects and Economic Impacts of Corrosion. Viitattu 29.11.2015.
http://www.asminternational.org/documents/10192/1849770/06691G_Chapter_1.pdf
- ASTM. 2002. Annual Book of ASTM Standards. Volume 03.02.
- Autere, E., Collan, K., Heinänen K. 1981. Valukappaleet: rakennesuunnittelu, valumetallit ja valamismenetelmät. Helsinki. Metalliteollisuuden Kustannus Oy.
- Bodycote Oy. 2015. Typpihiiletys. Viitattu 8.12.2015. www.bodycote.fi
- Brundtland, G.H. 1987. Ympäristön ja kehityksen maailmankomissio. Yhdistyneet kansakunnat. Viitattu 14.9.2015.
http://www.equalclimate.org/fi/taustaa/lyhenteita_ ja_maaritelmia/
- Carlholt, E. 2015. Käännös: Höök, T. 2015. Painevaluseokset. Swecast AB. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Viitattu 27.11.2015
http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/metals_aluminum_FL.pdf
- China Savvy Sand. 2016. Sand Casting 2 – You Tube. Viitattu 8.3.2016
<http://www.chinasavvy.com/industrial/sandcasting.php#proces>
<https://www.youtube.com/watch?v=K8SYhISGxN4>
- Elo, M., Saurama, A. 2013. Elinkaariajattelu ja -liiketoiminta Suomen meriteollisuudessa. Turun kauppakorkeakoulu. CRE Tutkimus- ja koulutuskeskus. (luettu 17.9.2015) <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-249-316-3>
- Ghanbari, H. 2014. Sustainable Steelmaking by Process Integration. Turku. Painosalama Oy.

- Grieves, M. 2006. Product Lifecycle Management: Driving the Next Generation of Lean Thinking. The University of Virginia. McGraw-Hill Education. Viitattu 4.4.2016
<http://www.egr.msu.edu/classes/ece480/capstone/GrievesPresnApr06.pdf>
- Harmaala, M-M. & Jallinoja N. 2012. Yritysvastuu ja menestyvä liiketoiminta. Helsinki. Sanoma Pro Oy.
- Hautamäki, S. 2015. Alteams Oy. Puhelinhaastattelu 30.11.2015
- Heimovirta, P. 2016. Värihärmä Oy. Puhelinhaastattelu 7.3.2016
- Hilamet Oy. 2015. Nitraus. Viitattu 8.12.2015. www.hilamet.fi
- International Organization for Standards ISO. 2015. Standards: Management system standards: ISO 14000 – Environmental management. Viitattu 19.9.2015.
<http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso14000.htm>
- Jokinen, I. 2016. Opetushallitus. Jauhemaalauk. Viitattu 6.1.2016.
<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/metallituotemaalauk/osa5.pdf>
- Kaarinan karkaisutyö Oy. 2015. Typytys. Viitattu 8.12.2015. www.karkaisu.fi
- Kakkuri, T. 2015. Alamarin-Jet Oy. Puhelinhaastattelu 17.11.2015.
- Korroosiokäsikirja. 2004. Rajamäki. KP-Media Oy. Suomen korroosioyhdistys ry.
- Landgrén, B. 2016. Alamarin-Jet Oy. Palaverit 26.2.2016 ja 9.3.2016.
- Lukkari, J. 2001. Alumiinit ja niiden hitsaus. Tampere. Metalliteollisuuden Kustannus Oy.
- Mattila, J. 2015. Alamarin-Jet Oy. Palaveri 12.11.2015.
- Meskanen, S. 2009 a. Valimotekniikan perusteet: Johdanto. Viitattu 3.12.2015.
<http://www.valuatlas.fi/tietomat/koosteet/valimotekniikanperusteet/index.html>
- Meskanen, S. 2009 a. Valimotekniikan perusteet: Kestomuottimenetelmät. Viitattu 7.12.2015.
<http://www.valuatlas.fi/tietomat/koosteet/valimotekniikanperusteet/index.html>
- Meskanen, S. & Höök, T. 2013. Valimotekniikan perusteet: Kertamuottimenetelmät. Viitattu 3.12.2015.
<http://www.valuatlas.fi/tietomat/koosteet/valimotekniikanperusteet/index.html>
- Möttönen, J. 2015. Alamarin-Jet Oy. Palaveri. 12.11.2015.

- Opetushallitus. 2015. Kunnossapito: Korroosionestosta. Viitattu 6.1.2016.
<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka.html>
- Rantala, H. 2015., 2016. Alamarin-Jet Oy. Palaverit 12.11.2015, 10.12.2015, 26.2.2016 ja 9.3.2016.
- Reed, D.L. 2012. Life-Cycle Assessment in Government Policy in the United States. USA. The University of Tennessee. Viitattu 21.9.2015.
http://trace.tennessee.edu/utk_graddiss/1394/
- Riikonen, J-A. 2014. Esikäsittelyiden vaikutus korroosionestomaalien tartuntaan alumiinipinnoilla. Metropolia ammattikorkeakoulu. Viitattu 29.11.2015.
http://3.bp.blogspot.com/_yY4uYhynwG4/SffdvrPsRI/AAAAAAAAAVY/9G3PTKovZXQ/s400/galvanic+corrosion.jpg
- Rogers, P.P., Jalal, K.F., Boyd J.A. 2008. An Introduction to Sustainable Development. USA. Glen Educational Foundation, Inc.
- Rosslund, M. 2016. Norsafe Academy. SOLAS regulations. Sähköposti 20.4.2016
- Saaksvuori A, Immonen A. 2008. Product Lifecycle Management. Berlin. Springer-Verlag.
- Sinkkonen, E. 2015. Alteams Oy. Henkilökohtainen haastattelu 10.12.2015.
- Snock, G., Kuukkanen, T. 2012. Levättömäksi värinällä. Helsinki. Dominova Oy.
- Suomen ympäristöopisto SYKLI. 2015. Auton elinkaari. Viitattu 20.9.2015.
<http://draivi.sykli.fi/sivu/115>
- Sten & Co Oy. 2015. Lämpökäsittely. Viitattu 9.12.2015. www.sten.fi
- Tukes. 2016. Kemikaalit, biosidit ja kasvinsuojeluaineet. Viitattu 18.11.2015.
<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-biosidit-ja-kasvinsuojeluaineet/Kemikaalit-ja-ymparisto/Kiinnittymisenestovalmisteet-ja-vesiymparisto/Kiinnittymisenestovalmisteiden-ymparistovaikutukset/>
- Teknologiateollisuus ry. 2011. Ympäristöosaaminen kilpailukyvyksi. Viitattu 22.9.2015. <http://tech.teknologiateollisuus.fi/ymparistosaaminen/>
- Työterveyslaitos. 2014. Biomonotorointi. Viitattu 31.3.2016.
www.ttl.fi/biomonotorointi

US EPA. 2011. Environmentally Acceptable Lubricants. Viitattu 30.3.2016.
<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P100DCJI.txt?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=2011%20Thru%202015&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5CZYFILES%5CINDEX%20DATA%5C11THRU15%5CTXT%5C00000003%5CP100DCJI.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=p%7Cf&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=23>

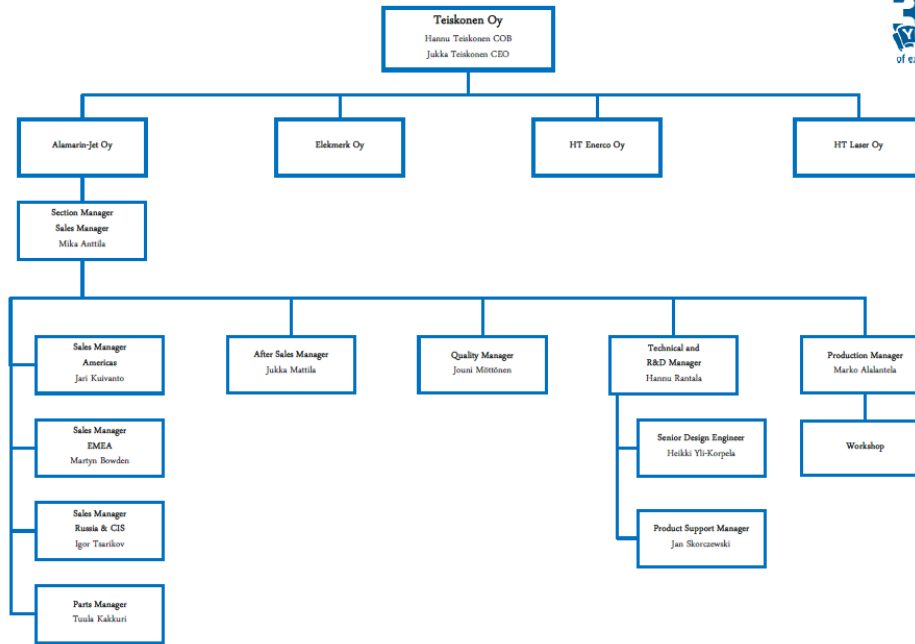
Valumenetelmät blogi. Hiekkavalu. Viitattu 8.3.2016.
<https://valumenetelmat.wordpress.com/hiekkavalu-3/>

Virtanen, Y., Miettinen, P., Juntila, V. 1995. Energy Issues in Life Cycle Assessment. Technical Research Center of Finland VTT.

Wollenhaupt, G. 2014. Vessel operators make the switch to environmentally acceptable lubricants. Viitattu 14.12.2015.
<http://www.professionalmariner.com/April-2014/environmentally-acceptable-lubricants/>

World Corrosion Organization. Now is the Time. Viitattu 29.11.2015.
http://www.corrosion.org/wco_media/nowisthetime.pdf

Österlund, H. 2010. Motiva Oy. Tuotelähtöinen ympäristöjohtaminen Suomessa. Viitattu 19.11.2015.
http://www.motiva.fi/files/3670/Motiva_2010_Tuotelahtoinen_ymparistojohtaminen_Suomessa.pdf



LIITE 2

SWOT – analyysi (ympäristön kannalta)

Vahvuudet (Strengths):

- Tuotesuunnittelu ja korkean teknologian tuotteet (BAT)
- Päätökset voidaan tehdä lokaalisti
- Ylimmän johdon ja henkilöstön sitoutuminen ympäristötavoitteisiin
- Henkilöstön korkea ympäristömoraali
- Huolto-organisaatio
- Osien helppo erotettavuus ja eroteltavuus
- Kierrätys
- Testimonttu lähellä tehdasta
- Asiantuntijaorganisaatio
- Polttoainetaloudellisuus
- Asiakastyytyväisyys ja asiakkaiden sitoutuminen
- Laatu
- Tavoitettavuus
- Jatkuva parantaminen

Heikkoudet (Weaknesses):

- Voiteluaineen kulutus
- Logistiikka ja kuljetukset
- Ympäristöpolitiikka ja -normit maailmanlaajuisesti
- Materiaalimerkinnot (alumiini, haponkestävä teräs, duplex-teräs)

LIITE 2

Mahdollisuudet (Opportunities):

- Kilpailukyvyyn ja -edun parantaminen
- Huolto ja varaosat (merkittävä vaikutus tuotteen elinkaaren pidentämiseen)
- Osien irrotettavuus, kierrätettävyys ja erottelutekniikoiden kehittäminen (tuote helposti purettava, yhtenäiset materiaaliratkaisut)
- Koulutus (asiakkaiden tuote- ja huoltokoulutuksella on merkittävä vaikutus tuotteen elinkaaren pidentämiseen)
- Kannustavat ohjaukset (mahdollinen julkinen rahoitus tuotesuunnittelua tukevaan tuotekehitystoimintaan lainsäädännön ohjauksen sijaan)
- Testataan ja tutkitaan entistä lujempien materiaalien soveltuvuutta (mahdollistavat entistä keveämmät rakenteet ja polttoainetaloudellisemmat vesisuihkupropulsiot)

Uhat (Threats):

- Polttoaine- ja energiakustannukset
- Lainsäädännön muutokset (liiketoiminnan sopeuttaminen muuttuneisiin vaatimuksiin ja normeihin määräajassa)
- Lainsäädännön muutoksista aiheutuneet lisäkustannukset ja niiden seuranta
- Materiaalitehokkuutta koskevan lainsäädännön valmistelussa viranomaisen tulisi ymmärtää yrityksessä jo tehtyjen toimenpiteiden merkitys ja otettava ne huomioon päätöksenteossa – onko näin?
- Jätehuollon kustannukset ja jätteiden sisältämien haitallisten materiaalien tunnistamislajittelu (kemikaalit)
- Pätevän ja ammattitaitoisen henkilöstön saatavuus
- Monimutkaiset hankintaketjut (tavarantoimittajan tai alihankkijan virhe ja viivytys)
- Asiakkaiden omat vaatimukset
- Muut mahdolliset velvoitteet

LIITE 3

Keskeiset sidosryhmät

Alamarin-Jet Oy

Tämä liitteen aineisto on luottamuksellinen ja siitä syystä, sitä ei ole sisällytetty julkaistavaan materiaaliin.

LIITE 3

Tämä liitteen aineisto on luottamuksellinen ja siitä syystä, sitä ei ole sisällytetty julkaistavaan materiaaliin.

LIITE 4

