

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Laiva- ja venetekniikka

2010

Jaakko Laaksonen

PAINOLASTIVEDEN KÄSITTELY RISTEILYLAIVOISSA



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Laiva- ja venetekniikka

Huhtikuu 2010 | Sivumäärä 33

Pentti Häkkinen Matti Englund Jukka Nurmi

Jaakko Laaksonen

PAINOLASTIVEDEN KÄSITTELY RISTEILYLAIVOISSA

Vieraseliöiden kulkeutuminen satamista toisiin laivojen painolastiveden mukana on muodostunut suureksi maailmanlaajuiseksi ekologis-taloudelliseksi ongelmaksi. Ongelmaa rajoittaviin toimiin on kuitenkin ryhdytty. Kansainvälisen merenkulkujärjestö IMO:n asetuksen mukaan viimeistään vuonna 2016 kaikkien laivojen - riippumatta painolastivesikapasiteetistaan- tulee olla varustetut eliöt tuhoavilla painolastiveden käsittelylaitteistoilla. Erilaisia laitteistoja onkin kehitetty jo kymmeniä.

Tämä insinööritö tilattiin STX Finland Cruise Oy:n Turun telakan koneistosuunnitteluosastolta ja sen tavoitteena oli selvittää, minkälaisia vaikutuksia ongelma on aiheuttanut ja miten tulevat asetukset sitä rajoittavat. Työssä pyrittiin selvittämään myös, mikä nykyisistä painolastiveden käsittelylaitteistoista on sopivin risteilylaivaan. Päähuomio vertailtavissa laitteistoissa kohdistui kansainvälisen merenkulkujärjestö IMO:n sekä luokituslaitosten hyväksymiin laitteistoihin.

Työ tehtiin ottamalla yhteyttä laitevalmistajiin ja tutkimalla yritysten internetaineistoa.

Työn tutkimusosion perusteella voitiin muodostaa vertailutaulukko, josta voidaan valita sopivin laitteisto risteilylaivaan.

ASIASANAT:(Painolastivesi, vieraseliö, laitteisto)

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical Engineering | Naval Architecture

March 2010 | Total number of pages 33

Pentti Häkkinen Matti Englund Jukka Nurmi

Jaakko Laaksonen

BALLAST WATER TREATMENT IN CRUISE SHIPS

Ships carry globally 3-10 billion tonnes of ballast in their ballast tanks every year. They also carry thousands of marine species, like bacteria and other microbes, small invertebrates and the eggs, cysts and larvae of various species. It is estimated that at least 4000 species are being carried in ships' ballast tanks around the world.

The vast majority of marine species carried in ballast water do not survive the journey, as the ballasting and deballasting cycle and the environment inside ballast tanks can be quite hostile to organism survival. But some do survive when all factors are favourable, and then an introduced species by survive to establish a reproductive population in the host environment, it may even become invasive, out-competing native species and multiplying into pest proportions.

This has become a serious, global problem. For example the European Zebra Mussel has infested over 40% of internal waterways in the USA causing damages worth hundreds of millions of dollars.

Solutions to the problem has been investigated internationally, and every ship with ballast tanks has to be supplied with ballast water treatment system until the year 2016.

Now there are almost 50 different ballast water systems in the markets and new will still appear. The purpose of this Bachelor's thesis is to find out the most suitable system for a cruise ship. All the compared systems have either the Final Approvall from IMO, or the Type Approval by their flag state administration, or both, so there are 11 systems to be compared.

This Bachelor's thesis has been made for the Machinery Desing department of STX Finland Cruise Ltd Turku Ship yard.

KEYWORDS:

(Ballast water, alien species, treatment)

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 PAINOLASTIVESI	8
3 LAIT JA SÄÄNNÖT	11
4 PAINOLASTIVEDEN KÄSITTELY	14
4.1 Menetelmät	14
4.1.1 Otsonointi (Ozone treatment)	14
4.1.2 UV- ja UÄ- käsittely (Ultraviolet-, ultrasound treatment)	15
4.1.3 Lämpökäsittely (High temperature thermal treatment, HTTT)	16
4.1.4 Oksidointi (Advanced oxidation technology, AOT)	16
4.1.5 Biologinen hapenpoisto (De- Oxygenation, DEOX)	17
4.1.6 Tekniikoiden yhdistely (Hurdle technologies)	17
4.2 Sertifikaatit ja vertailulaitteistot	18
4.2.1 PureBallast System, Alfa Laval/ Wallenius Water AB, Norway	19
4.2.2 SEDNA® Ballast Water Management System, Hamann AG, Germany	21
4.2.3 Electro- Clean™ System, Techcross Ltd. & KORDI, the Republic of Korea	22
4.2.4 OceanSaver® Ballast Water Management System, Metafil AS, Norway	23
4.2.6 CleanBallast, RWO GmbH Marine Water Technology, Germany	24
4.2.7 NO-03 BlueBallast System (Ozone), NK Company Ltd. the Republic of Korea	26
4.2.8 Hitachi Ballast Water Purification System (ClearBallast), Hitachi Ltd. Japan	26
4.2.9 Greenship Sedinox Ballast Water Management System, Hamworthy Greenship Ltd. the Neatherlands	26
4.2.10 Hyde Guardian Ballast Water Treatment System, Hyde Marine Inc. USA	27
4.2.11 NEI Treatment System LCC, NEI-Marine, US	28
4.3 Vertailu	29
5 TULOS	30
6 YHTEENVETO	31
LÄHTEET	32
KUVAT	
Kuva 1. Painolastiveden kierto (GloBallast)	8
Kuva 2. Vaeltajasimpukka (wikipedia).	10
Kuva 3. Amerikankampamaneetti (wikipedia).	10
Kuva 4. Laitteiston hyväksyttämispolku (Lloyd´s Register BWT current status 02_2010)	18

Kuva 5. PureBallast System, painolastiveden otto ja poisto (Alfalaval)	20
Kuva 6. Eletro-Cleen™ System, toimintaperiaate, (Techcross Ltd.)	22
Kuva 7. CleanBallast, Painolastiveden otto ja poisto (RWO)	24

KUVIOT

Kuvio 1. Löydettyjä lajeja/ vuosikymmen.	9
Kuvio 2. Standardien voimaantulo, säännös B-3 (IMO)	13
Taulukko 1. Laitteistojen hyväksynät 02/2010, Lloyds Register, LloydsReport BWT current status 02/2010	19
Kuva 8. NK-03, painolastiveden käsittely sisään pumpattaessa	25
Kuva 9. Hyde Guardian, painolastiveden otto ja poisto. (Hydemarine)	27

TAULUKOT

Taulukko 1. Laitteistojen hyväksynät 02/2010, Lloyds Register, LloydsReport BWT current status 02/2010	19
Taulukko 2. PureBallast, vertailtavat tiedot	21
Taulukko 3. Electro-Cleen™ System, vertailtavat tiedot	22
Taulukko 4. OBS, vertailtavat tiedot	23
Taulukko 5. CleanBallast, vertailtavat tiedot	24
Taulukko 6. NK-03, vertailtavat tiedot	25
Taulukko 7. Sedinox, vertailtavat tiedot	27
Taulukko 8. Hyde Guardian, vertailtavat tiedot	28
Taulukko 9. Laitteistojen vertailu	29

1 Johdanto

Painolastiveden mukana liikkuvista vieraseliöistä on tullut suuri uhka kaikkien vesistöjen ekosysteemeille. Jopa toiselta puolelta maapalloa matkanneet eliöt aiheuttavat vuosittain ekologisen haittansa lisäksi miljardien eurojen tappiot eri tahoille, kuten kalastajille, vesilaitoksille ja -voimaloille. Pelkästään Yhdysvallat torjuu ongelmaa jopa neljällä miljardilla eurolla vuodessa.

Ratkaisua ongelmaan haetaan erilaisin painolastiveden käsittelyjärjestelmin. Niiden odotetaan estävän elävien organismien leviäminen lähes 100-prosenttisesti ja näin estävän uusien ekokatastrofien syntyminen.

Painolastiveden käsittelyjärjestelmiä on kehitetty ympäri maailmaa suuren kysynnän vuoksi todella monin erilaisin vaihtoehdoin ja menetelmin toimiviksi. Kuitenkin vain pieni osa järjestelmistä on saanut virallisen hyväksynnän laitteiston riittävästä toimivuudesta. Saavuttaakseen virallisen sertifikaatin aktiivisia aineita - aineita tai mikro-organismeja, jotka vaikuttavat suoraan tuhottaviin eliöihin - käyttävän laitteiston on saatava sekä IMO:n että jonkin toisen arvostetun viraston, esimerkiksi luokituslaitoksen, lopullisen hyväksynnän. Ilman aktiivisia aineita toimiva laitteisto ei tarvitse IMO:n hyväksyntää.

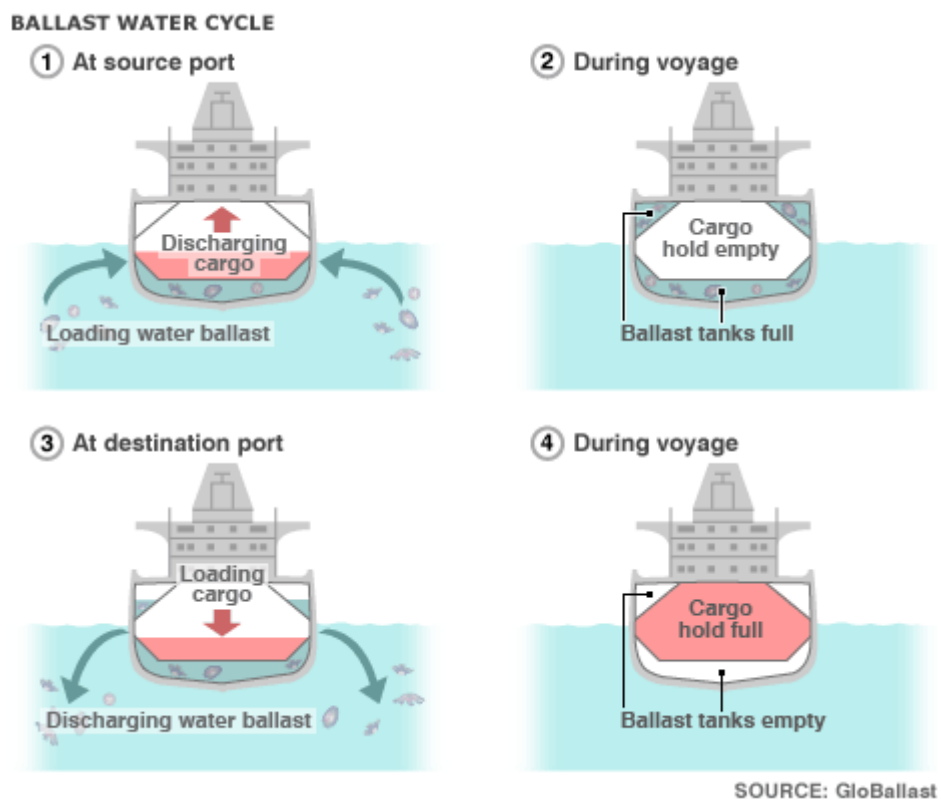
Risteilyaluksissa ongelma on huomattavasti vähäpätöisempi kuin esimerkiksi tankkereilla pienempien painolastikapasiteettien ja tasaisen kuormansa vuoksi. Uusissa - ja etenkin tulevana vuosina rakennettavissa - risteilylaivoissa koko painolastivesisysteemi on mahdollista korvata muilla järjestelmillä, kuten mm. erilaisella polttoaine- ja makeavesitankkien sijoittelulla.

Tämä insinööriyö on tilattu STX Finland Oy. :n Turun telakan koneistosuunnitteluosastolta, ja sen tarkoitus on selvittää, mikä jo olemassa olevista joko lopullisen tai osittaisen sertifikaatin saaneista painolastiveden käsittelylaitteistoista sopisi parhaiten risteilylaivoihin. Laitteistoja vertaillaan niiden teknisten ominaisuuksien ja hinnan perusteella.

Tämä selvitys on tehty suureksi osaksi laitevalmistajien esitteitä hyväksikäyttäen sekä erilaisin lisäselvityspyynnöin suoraan valmistajien edustajilta.

2 Painolastivesi

Laivat ovat aina tarvinneet tietyn määrän painolastia eli lisäkuormaa pysyäkseen vakaina ja merikelpoisina, sekä saavuttaakseen kulun kannalta edullisen syväyksen ja trimmin. Painolastina on käytetty vuosien saatossa mm. hiekkaa, kiviä ja rautaa, mutta nykyään käytetään lähes poikkeuksetta merivettä. Varsinkin tankkilaivoille painolastiveden merkitys on hyvin suuri, koska ilman rahtia niiden kulku ei vastaa suunniteltua, ja tätä korjaamaan siihen lastataan esim. puretun lastin verran painolastivettä. Tankkereissa onkin tätä varten valtavat painolastitankit ja hätätilanteessa siihen voidaan käyttää myös varsinaisia lastiruumia.

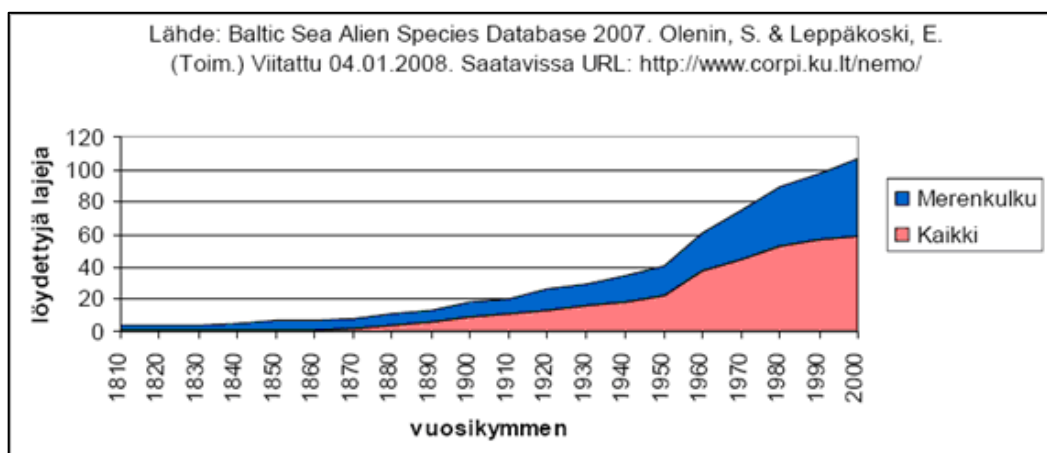


Kuva 1. Painolastiveden kierto (GloBallast)

Vuositain painolastivettä siirtyy valtavia määriä joka puolella maailman meriä, arvioiden mukaan jopa kolmesta kymmeneen miljardiin tonniin vuodessa. Tästä suurin osa pumpataan kohdesatamassa mereen, ja näin painolastiveden mukana matkustaneet organismit, levät, bakteerit ja eläinplanktonit pääsevät

levittymään yhä uusille alueille, joilta usein puuttuvat niille luontaiset viholliset. Tämä on noussut erittäin suureksi uhaksi kaikelle merien alkuperäiseläöstölle, ja kansainvälinen luonnonsuojelujärjestö WWF onkin lisännyt sen neljän suurimman meriä koskevan uhkatekijän joukkoon.

Ongelma havaittiin ensi kerran 1980-luvulla, josta lähtien tulokaslajien levinneisyyttä onkin tutkittu varsin paljon. On mm. arvioitu, että pelkästään Itämeren altaaseen on kulkeutunut 1900-luvulla yli sata tulokaslajia (ks. Kuvio 1). Näistä noin 60 - 70 on asettunut pysyvästi johonkin osaan Itämerä.



Kuvio 1. Löydetyjä lajeja/ vuosikymmen.

On arvioitu myös, että joka päivä 3000 - 4000 lajia, esimerkiksi planktonlajeja, kaloja ja niiden munia, viruksia, selkärangattomia ja bakteereja, on matkalla satamasta toiseen. Näistä 5 - 10 % sopeutuu uuteen elinympäristöönsä. Tunnettu esimerkki tulokaslajin aiheuttamista tuhoista on vaeltajasimpukan kotiutuminen Yhdysvaltain Suurille järville, jossa se aiheutti todellisen mullistuksen paikalliseen ekosysteemiin syödessään suuren osan ravinteista ja kiinnittymällä voimaloiden ja vedenottamoiden putkistoihin ja jäähdytysjärjestelmiin ja tukkien ne.



Kuva 2. Vaeltajasimpukka (wikipedia).

Vaeltajasimpukka kasvaa 15 - 30 mm mittaiseksi, ja sen kuoren muoto on ympyrän sektorin kaltainen.

Toinen tunnettu tapaus on amerikankampamaneetin leviäminen 1980-luvulla erityisesti Mustallemerelle, jossa se syöden sardellien ja kilohailien mätiä ja poikasia romahdutti kalakannat vuosiksi ajaen näin paikallisen kalastuselinkeinon tuhon partaalle. Laji on levinnyt Mustaltamereltä edelleen Kaspianmerelle ja Välimerelle, ja se luutaankin nykyään yhdeksi maailman sadasta pahimmasta tulokaslajista. Amerikankampamaneetti voi kasvaa jopa 10 cm pituiseksi ja on enimmäkseen väritön ja läpikuultava.



Kuva 3. Amerikankampamaneetti (wikipedia).

3 Lait ja säännöt

Uhan vakavuuden tunnustaminen johti ensi kertaa konkreettisiin toimiin, kun kansainvälisessä merenkulkujärjestö IMO:ssa (International Maritime Organization) ja sen ympäristöasioita käsittelevässä merisuojelukomiteassa Marine Environmental Protection Committee (MEPC) hyväksyttiin vuonna 2004 alusten painolastivesiä koskeva sopimus (Convention on the Control and Management of Ship's Ballast Water and Sediments), jonka tarkoituksena on estää haitallisten tulokaslajien kulkeutuminen uusiin elinympäristöihin. Sopimus astuu voimaan vaiheittain (ks. Kuvio 2) sen jälkeen, kun se on saanut ratifiointin 30 valtiolta, jotka edustavat 35 % maailman kauppalaivatonnistosta. Tällä hetkellä (23.3.2010) sopimuksen on ratifioinut 22 valtiota (22,65 %).

Vuoden 2004 sopimuksen ensimmäinen kiinteä päivämäärä on 1.1.2009. Tämän jälkeen rakennettujen alusten, joiden painolastitilavuus on alle 5000 m³, on käsiteltävä painolastivetensä eliöt ja kasvit hävittävin laittein. Vuodesta 2012 alkaen myös yli 5000 m³ painolastikapasiteetin omaavat ja samana vuonna rakennetut alukset tulee varustaa käsittelylaitteistolla. Viimeinen aikamäärä täyttyy vuonna 2016, jolloin kaikki laivat riippumatta painolastivesikapasiteetistaan tulee olla varustettu säännöt täyttävällä käsittelylaitteistolla. Tätä sopimuksen kohtaa tai säännöstä kutsutaan *D-2-standardiksi*.

Tyyppihyväksytyjä painolastiveden käsittelylaitteita ei kuitenkaan ollut vielä riittävästi saatavilla, joten yleissopimus ei voinut astua voimaan vielä vuoden 2009 alusta. Sopimuksen allekirjoittajavaltioita pyydettiin sallimaan toistaiseksi alueillaan myös vuoden 2009 jälkeen rakennetut alukset, joissa ei ole sopimuksen mukaisia käsittelylaitteita. Tällöin tulee korvaavana menetelmänä käyttää painolastiveden vaihtoa, *D-1-standardi*, jossa 95 % painolastivedestä vaihdetaan avomerellä, ja tällöin etäisyyden rannikolta tulisi olla 200, vähintään 50, merimailia ja veden syvyyden vähintään 200 m. Painolastiveden vaihtoa pidetään kuitenkin aikaa vievänä ja lisäkuluja

synnyttävänä sekä jopa vaarallisena, koska se saattaa hetkellisesti uhata laivan vakautta ja lujuutta

D-2-painolastiveden käsittelystandardi rajoittaa eliöstölajeja mereen lasketussa vedessä seuraavasti:

- alle 10 elävää yli 50 µm:n organismia/m³
- alle 10 elävää alle 50 µm:n organismia/ml
- *Vibrio cholerae* alle 1 cfu/100 ml (colony-forming unit)
- *Escherichia coli* alle 250 cfu/100 ml
- suoliston Enterococci alle 100 cfu/100 ml.

IMO: n säännöksessä ("IMO GUIDELINES FOR APPROVAL OF BALLAST WATER MANAGEMENT SYSTEMS" (G8) lukee näytteenotosta seuraavaa:

"Installation requirements sampling facilities

The BWMS should be provided with sampling facilities so arranged in order to collect representative samples of the ship's ballast water. Sampling facilities should in any case be located on the BWMS intake, before the discharging points, and any other points necessary for sampling to ascertain the proper functioning of the equipment as may be determined by the Administration.

2) Customer to include three sample point connections, each DN 50 PN 10 flanges, one before the system, one between the filter and UV reactor(s) and one after the system – see flow-chart. The flanges should be equipped with blinds. The sampling assembly will not be fitted during normal operation, but should be available on request by authorities (one for each ship)." (imo.org)

Säännös kertoo mm., että painolastiveden käsittelylaitteistossa tulee olla säännöksen mukaan vähintään kolme näytteenottopistettä: yksi ennen käsittelyä, yksi suodatuksen jälkeen mutta ennen käsittelyä ja yksi ennen takaisin mereen laskemista. Näiden lisäksi muuallakin, jos laitteen toimivuuden luotettava todentaminen sitä vaatii.

Näytteenottopisteen tulee olla helposti saatavilla viranomaisten tarkastuksia varten.

Built	BW m ³	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
< 2009	1500-5000	D1/D2									D2		
< 2009	<1500 >5000	D1/D2										D2	
≥2009	<5000					D2			D2				
≥2009 < 2012	>5000					D1/D2					D2		
≥2012	>5000									D2			

Kuvio 2. Standardien voimaantulo, säännös B-3 ([IMO](#))

Painolastiveden mukana tankkeihin kulkeutuu myös runsaasti meren pohjasedimenttiä, mutaa ja muita erinäisiä partikkeleita. Lähes kaikissa painolastiveden käsittelylaitteistoissa on esikäsittelynä veden suodatus, joka poistaa tehokkaasti veden mukana tulevan kiinteän aineksen. Osa siitä päätyy suoraan takaisin mereen ja osa aina painolastitankkeihin asti. Yleissopimuksen mukaan satamavaltioiden tulee myös huolehtia riittävästä resursseista sedimentin vastaanottamiseksi maihin.

4 Painolastiveden käsittely

4.1 Menetelmät

Kansainvälinen yhteisö vastasi painolastivesien puhdistamisen tarpeisiin käynnistämällä vuoden 2001 toukokuussa EU:n rahoittaman tutkimusprojekti MARTOBin, (Onboard Treatment of Ballast Water Technologies Development and Applications and Application of Low-Sulphur Marine Fuel), jonka tehtävänä oli kehittää erilaisia laivalla tapahtuvia puhdistustekniikoita.

Hankkeeseen liittyi heti alusta myös matalarikkisiä polttoaineita koskeva tutkimusosio.

Tutkimukseen osallistui 25 yhteistyötahoa 8 EU-maasta, Suomesta mukana oli mm. VTT, Åbo Akademi, Fortum Shipping Oy, Acomarin Engineering Oy ja Merenkululaitos.

Tämän kolmivuotisen hankkeen päähuomio kohdistui laivalla tapahtuvan painolastiveden puhdistuksen tekniikoiden testaamiseen. Testauksessa keskityttiin eri tekniikoiden tehokkuuden parantamisen lisäksi käsittelytapojen turvallisuuteen, ympäristönäkökohtiin, taloudellisuuteen sekä hyötykustannusseikkoihin. Laitteiden testauksen ohella selvitettiin myös vaatimuksia laitteistojen käytön koulutukseen, huoltotarpeisiin ja etsittiin menetelmiä todentaa eri laitteiden tehokkuutta.

Hanke koostui kirjallisten selvitysten lisäksi laboratorio- ja täysmittakaavakokeista.

Seuraavassa esitellään MARTOB-projektissa tutkittuja menetelmiä ja niiden toimintaperiaatteita pääpiirteissään.

4.1.1 Otsonointi (Ozone treatment)

Otsonointi on varsin tunnettu ja paljon käytetty menetelmä myös raakaveden puhdistuksessa, jätevesitekniikassa ja elintarviketeollisuudessa. Laitteisto

käsittää yleensä otsonaattorin, eli otsonia tuottavan yksikön, sekoitusilman kehittimen erilliseen vedellä täytettyyn kontaktikammioon ja säätöjärjestelmät näihin sekä virtalähteen.

Koska otsoni on varsin epästabiili ja lyhytaikainen kaasu, ja se hajoaa hajoamistuotteiksi muutamassa sekunnissa, tulee otsonointikäsittelyn perustua riittävään kontaktiin sekoituskammiossa otsonin kanssa.

Otsoni on erittäin voimakas hapetin ja hapettaa orgaaniset yhdisteet mukaan lukien solujen elintärkeät osat ja näin tappaa organismin. Sen on todettu olevan erittäin tehokas ja jopa tehokkaampi hävite kuin yleisemmin käytetty kloori.

Vaikka otsoni on myrkyllistä ja sitä tulee käsitellä varoen, siitä ei koidu ongelmaa sillä puhdistettua painolastivettä mereen laskettaessa.

Otsonoinnilla päästään haluttuun lopputulokseen, ja se onkin yleisesti käytetty käsittelyvaihtoehto.

4.1.2 UV- ja UÄ- käsittely (Ultraviolet-, ultrasound treatment)

UV- valo sijoittuu aallonpituudeltaan näkyvän valon ja röntgensäteiden väliin. UV- käsittely on myös paljon käytetty raakaveden puhdistus- ja desinfiointimenetelmä elintarvike- ja lääketeollisuudessa. UV- valoa käytetään vedessä olevien organismien säteilytykseen, jolloin se aiheuttaa niissä valokemiallisia muutoksia ja se pilkkoo niiden DNA- ketjun sidoksia estäen DNA:n kahdentumisen ja solun lisääntymisen.

Desinfioimisessa käytettävät UV- lamput koostuvat yleensä kvartsilasiputkesta, joka on täytetty reagoimattomalla kaasulla, yleensä argonilla, ja pienellä määrällä elohopeaa. Elohopeahöyry ionisoidaan sähkövirralla, jolloin saadaan aikaan lampulle ominainen säteily.

UV- käsittely vaatii lähes aina tuekseen esipuhdistuksen sisään otettavan painolastiveden osalta, jotta suuremmat organismit ja kiintoaines saadaan poistettua. Esisuodatus tapahtuu yleensä erilaisilla centrifugeilla eli lingoilla. Linko ei kuitenkaan yksin riitä vaaditun tuloksen saavuttamiseen.

UV- tekniikkaa on jo käytössä alustyypeissä, joissa painolastiveden vaihtomäärät ovat pieniä.

UÄ- käsittely on niin ikään jo vanha puhdistusmenetelmä mm. prosessiteollisuudesta. UÄ- tekniikassa neste saadaan kavitoimaan muuntamalla mekaaninen tai sähköinen energia korkeataajuisiksi värähtelyiksi. Tämä puolestaan aiheuttaa organismin solujen äkillisen hajoamisen.

Sekä UV- että UÄ- käsittelyt ovat todettu erittäin tehokkaiksi bakteerien, planktonin ja muiden organismien tuhoamisessa ja ovatkin varsin yleisiä vaihtoehtoja painolastiveden puhdistustekniikoiksi.

4.1.3 Lämpökäsittely (High temperature thermal treatment, HTTT)

Painolastiveden lämpökäsittelyllä pyritään lamauttamaan ja eliminoimaan siinä olevat organismit nostamalla veden lämpötila korkeaksi muutamaksi sekunniksi, alueelle 55-80 °C. Jotta menetelmä olisi taloudellinen, laivassa tulisi käyttää hyväksi esimerkiksi pakokaasukattilan hukkalämpöä. Jos tätä ei ole mahdollista käyttää esimerkiksi lämmön muun hyötykäytön takia, on menetelmä kallis, vaikkakin tutkitusti tehokas ja nopea.

Tiettävästi yksi laitevalmistaja, Hi Tech Marine Pty Ltd, käyttää painolastiveden käsittelylaitteistossaan lämpökäsittelyä ja onkin saanut sille alustavan hyväksynnän. Yhtään laitetta ei ole kuitenkaan asennettu laivakäyttöön.

4.1.4 Oksidointi (Advanced oxidation technology, AOT)

Tämä edistynyt oksidointimenetelmä on oikeastaan usean eri käsittelymenetelmän yhdistelmä koostuen niin otsonaattorista, eri aallonpituusalueiden UV- säteilylähteistä ja eri katalyyteistä.

Vesi pumpataan ensin suodattimen läpi. UV-valo ja katalyyttinä toimiva titaanioksidi tuottavat hydroksyyliiradikaaleja. Hydroksyyliiradikaalit ovat erittäin voimakkaasti hapettavia vapaita radikaaleja. Radikaalit kohtaavat organismeja ja sieppaavat niiden pinnan solun orgaanisista molekyyleistä vetyatomien. Näin eliölle elintärkeä yhdiste tuhoutuu ja solu kuolee.

Vastaavalla periaatteella toimivia laitteita käytetään mm. pilvenpiirtäjien itsestään puhdistuvissa ikkunoissa.

Oksidointi on yleisesti käytetty menetelmä hyväksytyissä painolastiveden käsittelylaitteistoissa.

4.1.5 Biologinen hapenpoisto (De- Oxygenation, DEOX)

Menetelmän ideana on lisätä painolastiveteen ravinteita, n. 1l/ 10m³, joka aiheuttaa nopean ja voimakkaan pienorganismien kasvun. Tämä puolestaan kuluttaa nopeasti vedessä olevan hapen, joka eliminoi suurimman osan vedessä olevista eliöistä. Menetelmä on yksinkertainen, mutta ei vaikuta kaikkiin eliöihin, kuten anaerobisesti eli hapettomasti kasvaviin bakteereihin ja lepotilassa oleviin itiöihin.

Hapettoman tilan saavuttamiseen tarvittu aika riippuu veden lämpötilasta, ja vaihtelee näin alle päivästä yli kolmeen päivään. Kun tila on saavutettu, sitä täytyy ylläpitää 3- 5 päivää korkean eliminoimisasteen saavuttamiseksi.

Biologinen hapenpoisto on osoittautunut tehokkaaksi, vaikkakin hitaaksi menetelmäksi, joten sen käyttö on mahdollista pitemmän matkan käsittelymenetelmänä.

4.1.6 Tekniikoiden yhdistely (Hurdle technologies)

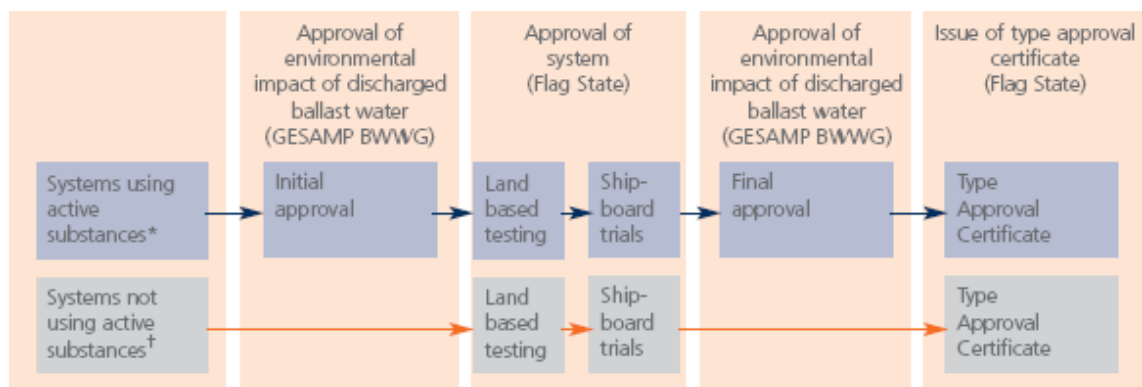
Mahdollisimman tehokkaan puhdistustuloksen saavuttamiseksi on tutkittu myös eri menetelmien yhdistämistä. UV- ja UÄ-tekniikoiden yhdistäminen sekä suodatuksella että ilman, sekä UV- ja vetyperoksidi- (H₂O₂)tekniikoiden yhdistäminen.

Tekniikoiden yhdistelyn on todettu parantavan lopputulosta jonkin verran, mutta merkittävää parannusta sillä ei ole saatu aikaan.

4.2 Sertifikaatit ja vertailulaitteistot

Saadakseen lopullisen sertifikaatin on valmistajan osoitettava laitteiston toimivan D2- standardin mukaisesti. Tämä vaatii laitteiston testaamista ja toimivuuden osoittamista IMO:n ja administraattien asiantuntijoille sekä laboratorio- että täysmittakaavaolosuhteissa.

IMO:n hyväksyttämisen ensimmäisessä vaiheessa laitteistolle, joka käyttää aktiivisia ainesosia tai kemikaaleja, myönnetään Basic Approval, sen jälkeen Final Approval. Administraatti myöntää suoraan Type Approvalin.



Kuva 4. Laitteiston hyväksyttämispolku (Lloyd's Register BWT current status 02_2010)

Helmikuussa 2010 Lloyd's Registerin julkaiseman "BWT Current Status" – tutkimuksen mukaan painolastiveden käsittelylaitteistoja valmistavia yrityksiä, ja sitä kautta erilaisia laitteistoja on jo lähes 50. Vaihtoehtojen paljous pakottaa karsimaan monista potentiaalisista laitevaihtoehdoista niihin muutamiin, jotka ovat hyväksynnän jo saaneet.

IMO:n uusimman, syyskuussa 2009 päivitetyn listan mukaan kahdeksan painolastiveden käsittelylaitteistoa on saanut IMO:n "Final Approval":in. Näistä neljä on saanut lisäksi lopulliseen sertifikaattiin oikeuttavan "Type Approval Certification by their respective Administration" -hyväksynnän. Näitä administraatteja ovat mm. norjalainen Det Norske Veritas, saksalainen Federal Maritime and Hydrographic Agency ja korealainen Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs.

Tämän listan laitteistojen lisäksi kolme laitteistoa on saanut pelkän administraatin Type Approvalin. Kyseessä on siis ei-aktiivisia aineita käyttävät laitteistot.

Taulukko 1. Laitteistojen hyväksynät 02/2010, Lloyds Register, LloydsReport
BWT current status 02/2010

Manufacturer	IMO Approval		System testing		Test site	Type Approval Certificate	Commercially available	Units installed
	Basic	Final	Shipboard	Landbased				
Alfa Laval AB	heinä.07	heinä.07	huhti.08	huhti.08	NIVA	kesä.08	2006	5
Greenship	loka.08	heinä.09	kesä.08	loka.07	Harlingen		2006	4
Hamann AG	maalis.06	huhti.08	kesä.07	kesä.07	NIOZ	kesä.08	2006	2
Hitachi	huhti.08	heinä.09	heinä.08	kesä.08			2009	0
Hyde Marine Inc	NR	NR	huhti.09	huhti.09	NIOZ	huhti.09	2000	7
NEI Treatment Sys.	NR	NR	*	*	NOAA	loka.07	2006	6
NK Co., Ltd	heinä.07	heinä.09	2008	2008	KOMERI	marras.09	2008	4
OceanSaver AS	huhti.08	loka.08	syys.08	marras.07	NIVA	huhti.09	2008	6
OptiMarin AS	NR	NR	tammi.09	touko.08	NIVA	huhti.09	yes	11
RWO	loka.06	heinä.09	tammi.10	09/2007-11/2008	Bremer NIVA	maalis.10	2008	16
Techcross Ltd	maalis.06	loka.08	elo.07	elo.07	KORDI	joulu.08	2007	13
	* tests comparable to IMO 'G8' ballast water management systems testing protocol stated to have been completed prior to introduction of 'G8' protocol							
NR:	Not Required							

Seuraavassa esitellään neljä lopullisen sertifiointin saavuttanutta laitteistoa. Sen jälkeen esitellään laitteistot, jotka ovat toistaiseksi saavuttaneet vain toisen hyväksynnän. Vertailuun valittiin laitevalmistajien listasta kapasiteetiltaan 250 m³/h vettä käsittelevä laite tai lähinnä sitä oleva.

4.2.1 PureBallast System, Alfa Laval/ Wallenius Water AB, Norway

PureBallastin käsittelymenetelmä perustuu oksidointiin (Advanced oxidation technology, AOT), joka on kemikaaliton ja hyvin yleinen puhdistustapa erilaisissa "älytuotteissa", kuten jo kertaalleen mainitut itsepuhdistuvat pilvenpiirtäjän ikkunat.

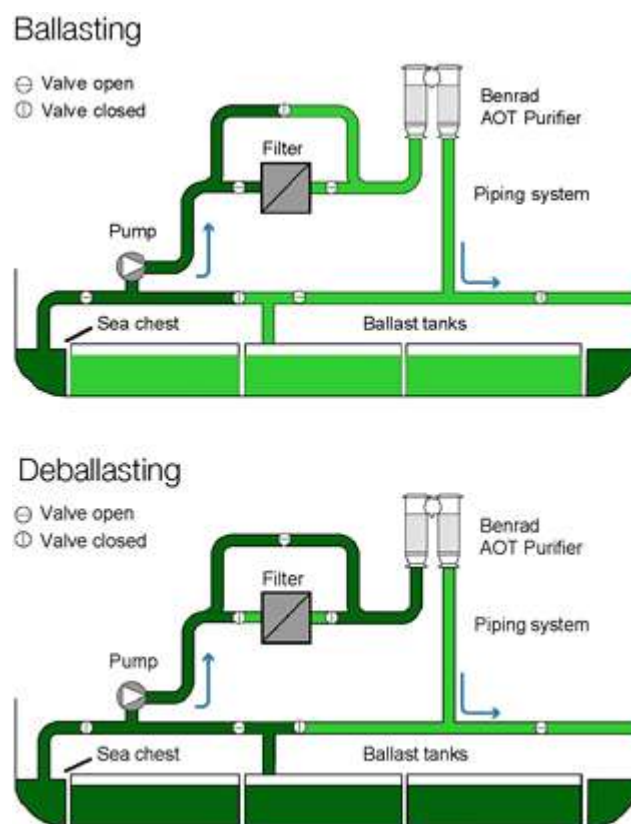
PureBallast on täysin automaattinen ja helppokäyttöinen ja toimii niin kauko-ohjauksella kuin paikallisestikin. Kemikaalittomuuden ansiosta elinkaarikustannukset ovat pienet, eikä laitteisto vaadi mitään erillistä vaarallisten aineiden varastointia.

Painolastivettä otettaessa vesi kulkee 50 µm kokoisen filterin läpi, joka puhdistaa veden suurimmista partikkeleista ja organismeista. Tämä vähentää tehokkaasti sedimentin muodostumista painolastitankkeihin. Seuraavaksi vesi

johdetaan Wallenius AOT -yksikölle, joka tuottaa käsittelyssä käytetyt radikaalit. Nämä radikaalit tuhoavat tehokkaasti filttarin läpäisseet organismit.

Ulos pumpattaessa painolastivesi kulkee uudelleen Wallenius AOT -yksikön läpi varmistaen näin, että kaikki organismit on todella tuhottu. Vesi ohittaa filttarin ja jatkaa kulkuaan takaisin mereen ilman eläviä organismeja.

Painolastiveden käsittelyä koskevan sopimuksen voimaantumisen jälkeen satamat ovat velvollisia ottamaan vastaan laivaan kerääntyneen sedimentin ja partikkelit.



Kuva 5. PureBallast System, painolastiveden otto ja poisto (Alfalaval)

Taulukko 2. PureBallast, vertailtavat tiedot

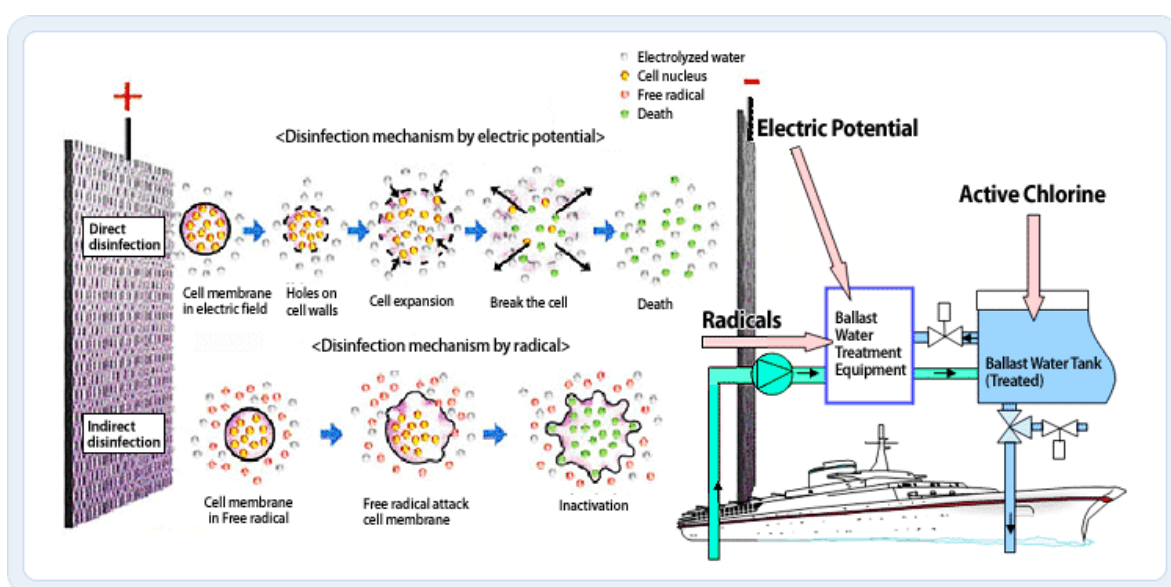
PureBallast	
Hinta €	~200000
Toimintaperiaate	Suodatus, UV+TiO ₂
Tilavaatimus m ² /m ³	2m x 0,8m x 1m
Kapasiteetti m ³ /h	250
Energiankulutus kW	60
Kemikaalit	Ei
Paino kg	430
Huoltotarve	
Lamput: 1500h. Suodatin: vuosihuolto. CIP(Cleaning-in-place)- neste vaihdetaan/lisätään kun pH>3 tai sen taso on taso alhainen.	

4.2.2 SEDNA® Ballast Water Management System, Hamann AG, Germany

Yhteydenotto laitevalmistajaan toi mukanaan yllättävän tiedon yrityksen tilapäisestä vetäytymisestä painolastiveden käsittelylaitteistomarkkinoilta, vaikka oli ensimmäinen Final Approvalin sekä Type Approvalin saavuttanut laitteisto. Laitteistoja on asennettu laivakäyttöön 2 kpl.

4.2.3 Electro- Cleen™ System, Techcross Ltd. & KORDI, the Republic of Korea

Tämä laitteisto käyttää hyväkseen elektrokemikaalista painolastiveden käsittelytekniikkaa. Laite kehittää merivedestä elektrolyysillä hydroksyyli- ja radikaaleja, jotka hajottavat organismien rakenteen.



Kuva 6. Eletro-Cleen™ System, toimintaperiaate, (Techcross Ltd.)

Laitevalmistaja ei toimittanut kaikkia pyydettyjä tietoja määräaikaan mennessä, kuten laitteiston painoa ja hintaa, joten se ei kelpaa lopulliseen vertailuun. Laitteisto on kuitenkin kiinnostava etenkin suurehkon asennettujen laitteistojen määränsä takia (13). Myös energiankulutus on keskitasoa.

Taulukko 3. Electro-Cleen™ System, vertailtavat tiedot

Electro-Cleen™ System	
Hinta €	Ei ilmoitettu
Toimintaperiaate	Suod.+elektrolyysi/-klooraus
Tilavaatimus m ² /m ³	1,84x0,51x0,42
Kapasiteetti m ³ /h	300
Energiankulutus kW	18
Kemikaalit	Ei
Paino kg	Ei ilmoitettu
Huoltotarve	Ei ilmoitettu

4.2.4 OceanSaver® Ballast Water Management System, Metafil AS, Norway

OceanSaver® tutkittiin myös mahdollisena yhtenä vaihtoehtona, mutta lähempi tarkastelu ja yhteydenotto valmistajaan kuitenkin osoitti laitteiston olevan tarkoitettu lähinnä tankkereihin ja muihin suuremman painolastivesimittaluokan aluksiin.

Metafil AS:n edustaja kehotti tutustumaan toisen norjalaisyhtiön, OptiMarin laitteistoon. OptiMarin Ballast System (OBS) on saanut Det Norske Veritasin Type Approval: n 11.12.2009, joten laitteisto kelpaa hyvin vertailuun.

4.2.5 OptiMarin Ballast System (OBS), Optimarin, Norway

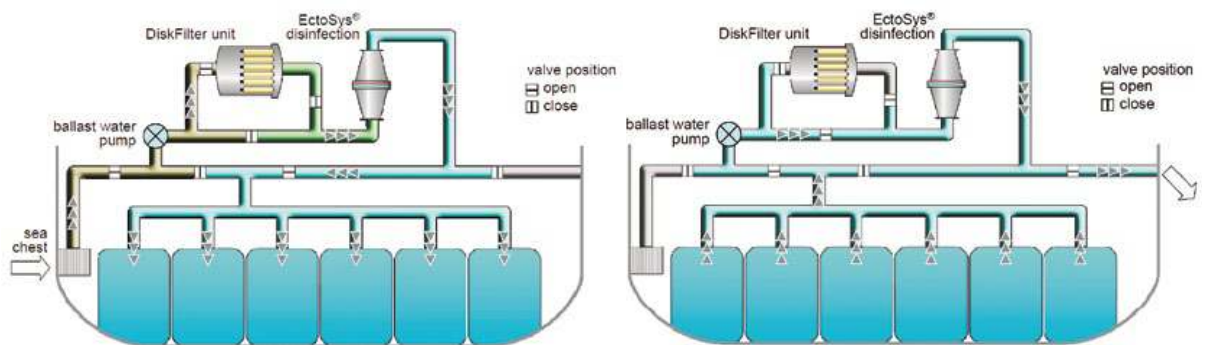
OBS esikäsittelee painolastiveden suodattamalla ja jonka jälkeen vesi säteilytetään suurilla annoksilla UV- valoa, joka tuhoaa eliöt, bakteerit ja virukset vedestä. Sama käsittely toistetaan kaksoisvaikutuksen aikaansaamiseksi painolastivettä ulospumpattaessa, kuitenkin ilman suodatusta.

Taulukko 4. OBS, vertailtavat tiedot

OBS	
Hinta €	200000
Toimintaperiaate	Suodatus+UV
Tilavaatimus m ² /m ³	~1,9mx0,9mx1m
Kapasiteetti m ³ /h	334
Energiankulutus kW	90
Kemikaalit	Ei
Paino kg	1423
Huoltotarve	
Ei päivittäishuoltoa, UV-lamput vaihdettava määräajoin	

4.2.6 CleanBallast, RWO GmbH Marine Water Technology, Germany

Käsittely CleanBallastilla alkaa 50 µm DiskFilter-suodatuksella, joka poistaa painolastivedestä suurimmat partikkelit ja eliöt. Tämän jälkeen vesi ohjataan hydroksoyyliradikaaleja tuottavalle EctoSys®-elektrolyysikennolle, jossa eliöt tuhoutuvat ennen veden kulkeutumista painolastitankkeihin. Koska eliöiden kasvu painolastitankkeissa on mahdollista, vesi käsitellään uudelleen ennen sen laskemista mereen.



Kuva 7. CleanBallast, Painolastiveden otto ja poisto ([RWO](#))

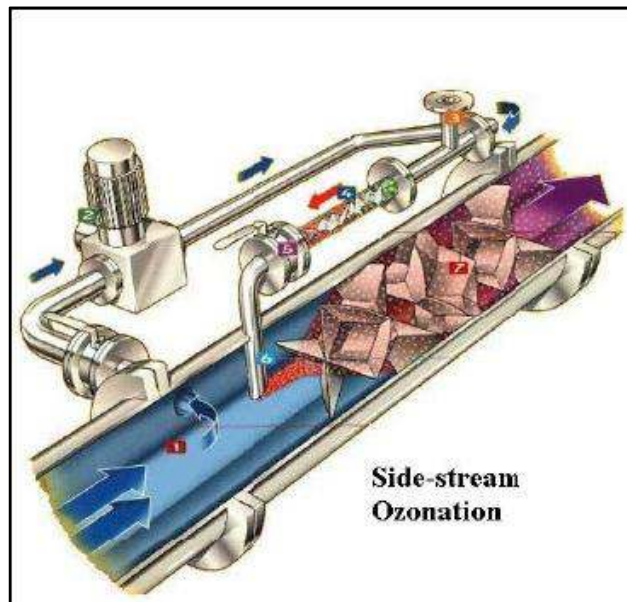
Taulukko 5. CleanBallast, vertailtavat tiedot

CleanBallast	
Hinta €	255000
Toimintaperiaate	Suod.+elektrolyysi/klooraus+AOP
Tilavaatimus m ² /m ³	~4m ²
Kapasiteetti m ³ /h	350
Energiankulutus kW	merivesi:6, makeavesi:45
Kemikaalit	Ei
Paino kg	Ei ilmoitettu
Huoltotarve	Ei ilmoitettu/ vähäinen

4.2.7 NO-03 BlueBallast System (Ozone), NK Company Ltd. the Republic of Korea

Laitteisto koostuu neljästä osasta: happigeneraattorista, otsonigeneraattorista, otsoni-injektorista sekä seuranta- ja ohjausyksiköstä. Näiden lisäksi laitteisto tarvitsee muutamia apulaitteita tuekseen: virtalähde, kompressori, jäähdytysilman kuivaaja sekä otsoniyksikkö, joka muuntaa käyttämättömän otsonin takasin hapeksi ennen sen päästämistä takaisin ilmakehään.

Laitteisto siis tuottaa otsonia, jota lisätään painolastiveden vain sisään pumpattaessa näin otsonoiden ja tuhoten veden sisältämät eliöt.



Kuva 8. NK-03, painolastiveden käsittely sisään pumpattaessa

Taulukko 6. NK-03, vertailtavat tiedot

NK-03	
Hinta €	298 050- 319 860
Toimintaperiaate	Suodatus+otsonointi
Tilavaatimus m ² /m ³	4,2
Kapasiteetti m ³ /h	300
Energiankulutus kW	36,5
Kemikaalit	Ei
Paino kg	2276
Huoltotarve	
Ei ilmoitettu/ vähäinen	

4.2.8 Hitachi Ballast Water Purification System (ClearBallast), Hitachi Ltd. Japan

Laitteiston toiminta perustuu suodatukseen ja kemialliseen saostukseen. Saostuskemikaalit muuttavat poistettavat aineet kiinteiksi partikkeleiksi eli flokeiksi, ja ovat tällöin helpommin poistettavissa selkeyttämällä tai flotaatiolla. Kemiallinen saostus perustuu hiukkasten sähköisten poistovoimien neutraloimiseen. Koska saostettava orgaaninen aines on lähes poikkeuksetta negatiivisesti varautunutta, käytetään saostukseen yleensä kationisia metallisuoloja, kuten alumiini- ja ferrosuolat sekä kalkki.

Laitteiston tarkastelu osoitti sen soveltuvan lähinnä tankkereihin ja muihin vastaaviin suuren painolastikapasiteetin omaaviin aluksiin. Niitä ei ole asennettu laivakäyttöön vuoden 2010 helmikuuhun mennessä yhtäkään.

4.2.9 Greenship Sedinox Ballast Water Management System, Hamworthy Greenship Ltd. the Neatherlands

Sedinox koostuu kolmesta pääkomponentista:

1. Sedimentin ja suuremmat partikkelit erottava SEDIMENTOR® - hydrosykloniyksikkö poistaa vedestä lähes 100 % $\geq 20 \mu\text{m}$ kokoiset partikkelit ja 80 % $\geq 10 \mu\text{m}$.

Hydrosykloni on laite, jossa erotetaan nesteestä, tavallisimmin juuri vedestä, kiinteitä hiukkasia tai toisiinsa sekoittumattomia nesteitä. Erotus perustuu tiheyseroon nesteen ja erotettavan aineen välillä ja erottavan voiman aikaansaa voimakkaan pyörimisliikkeen radiaalikiihtyvyyys.

2. TERMANOX® -yksikön elektrolyyttikeno tuhoaa eliöstön painolastivedestä. Kennon elektrolyysissä merivedestä syntyy NaCl:a.

3. Sedinox™-yksikkö toimii ohjaus- ja energiayksikkönä.

Painolastivesi käsitellään vain sisään pumpattaessa.

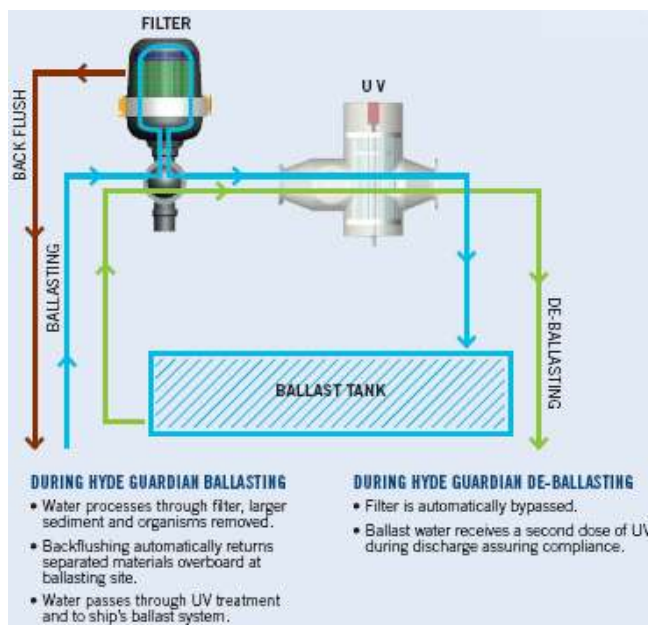
Taulukko 7. Sedinox, vertailtavat tiedot

Sedinox	
Hinta €	2 x 205 000
Toimintaperiaate	Suodatus+elektrolyysi/-klooraus
Tilavaatimus m ² /m ³	2x(1,3mx1,7mx2,3m)
Kapasiteetti m ³ /h	2 x 200
Energiankulutus kW	8
Kemikaalit	Ei
Paino kg	1835
Huoltotarve	
Molempien SEDIMENTOR:en y-suodattimien tarkastus tai/ja puhdistus käytön jälkeen tai paineen laskiessa	

4.2.10 Hyde Guardian Ballast Water Treatment System, Hyde Marine Inc. USA

Hyde Guardian käyttää pääpiirteissään samaa, esittelyosion yleisintä menetelmää, jossa painolastivesi ohjataan ensin sedimentin ja suuret partikkelit poistavaan suodattimeen. Tämän jälkeen varsinainen eliöstön tuhoaminen tapahtuu UV-säteilytyksellä sekä veden otto- että poistotilanteessa. Poiston aikana suodatusvaihe ohitetaan.

Hyde Guardian:n etuna vertailussa on ehdottomasti sen käyttökokemukset risteilijälaivoilta, kuten "Coral Princess" (Hyde Guardian 250 m³/h, toimitettu



toukokuussa 2003) ja "Celebrity Mercury" (Hyde Guardian 210m³/h, tammikuu 2007). Lisäksi British Royal Navyn Queen Elisabeth – luokan lentotukialukset QE1 ja QE2 ovat molemmat varustettuja kolmella 288 m³/h laitteistolla (yht. 864 m³/h, kevät 2008).

Kuva 9. Hyde Guardian, painolastiveden otto ja poisto. (Hydemarine)

Taulukko 8. Hyde Guardian, vertailtavat tiedot

Hyde Guardian	
Hinta €	~160 000(+15000*)
Toimintaperiaate	Suodatus+UV
Tilavaatimus m ² /m ³	2m x 2,8m = 5,6m ²
Kapasiteetti m ³ /h	250
Energiankulutus kW	18 -25
Kemikaalit	Ei
Paino kg	968
Huoltotarve	
UV-lamput, kvartsiholkit ja lamppujen pyyhkimet vaihdetaan 4000h tai 5v. Lampun max.ikä 8000h.	
*Jalusta + testaus	

4.2.11 NEI Treatment System LCC, NEI-Marine, US

Laitteiston korkeapainepoltin tuottaa vähähappista kaasua, jota suihkutetaan painolastivesijärjestelmään pumpattaessa vettä tankkeihin.

Laitteisto altistaa painolastiveden kaasulle, jossa on happea 95 % vähemmän kuin ilmassa. Eliöt eivät selviydy näin vähähappisessa ympäristössä ja kuolevat.

Käsittely toistetaan ulos pumpattaessa; kaasua lisätään tankkeihin niiden hiljalleen tyhjentäessä.

Ruostuminen on rauta-atomin reagoimista hapen ja veden kanssa. Suuri etu vähähappisilla painolastitankkiolosuhteilla on siis myös korroosion väheneminen jopa 85 %. Tämä voidaan katsoa suureksi eduksi suhteessa muihin laitteisiin.

Laitevalmistaja ei toimittanut tarvittavia tietoja eikä vastannut kyselyihin määräaikaan mennessä, joten laite ei sovellu vertailuun.

4.3 Vertailu

Yhteydenottojen ja tarjouspyyntöjen tuloksena voidaan havaita tiettyjen ominaisuuksien toistuvan laitevalmistajien vastauksissa: hinta, toimintaperiaate, tilavaatimus, kapasiteetti, energiankulutus, paino ja huoltovaatimukset. Vertailu on siis järkevää suorittaa näiden ominaisuuksien perusteella.

Asennuskustannukset laivaan ja laitteistojen käyttöönottokulut arvioidaan suunnilleen samanlaisiksi laitteistojen kapasiteettien ollessa melkein samat.

Yhdestätoista tutkitusta laitevaihtoehdosta kuusi laitevalmistajaa toimitti pyydytyt tiedot laitteistoistaan asetettuun aikarajaan mennessä, kaksi laitteistoa osoittautui sopivaksi vain suuremmalle painolastikapasiteetille, yksi ilmoitti vetäytyvänsä toistaiseksi markkinoilta ja kaksi jättivät kokonaan vastaamatta.

Vertailu suoritetaan siis kuuden laitteiston kesken.

Taulukko 9. Laitteistojen vertailu

	PureBallast	CleanBallast	NK-03	Sedinox	Guardian	OBS
Hinta € *	200 000	255 000	298 050-319 860	2 x 205 000	160 000	200 000
Toimintaperiaate	Suod.+UV+TiO2	Suod.+elektrolyysi /-klooraus+AOP	Suod.+otsonointi	Suod.+elektrolyysi/ klooraus	Suod.+UV	Suod.+UV
Tilavaatimus	2mx0,8mx1m	~4m ²	4,2m ²	2x(1,3mx1,7mx2,3m)	2x2,8=5,6m ²	1,9mx0,9mx1m
Kapasiteetti m ³ /h	250	350	300	2 x 200	250	334
Energiankulutus kW	60	sv:6kW, mv:45kW	36,5	8	18-25	90
Kemikaalit	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei
Paino kg	430	Ei ilmoitettu	2276	1835	968	1423
Huoltotarve	Lamput:1500h, suodatin: vuosihuolto, CIP- neste: vaihdetaan tai lisätään kun pH>3 tai taso alhainen	Ei ilmoitettu/ Vähäinen	Ei ilmoitettu/ Vähäinen	Molempien Sedimentor:en y- suodattimien tarkastus tai/ja puhdistus käytön jälkeen tai paineen laskiessa	UV-lamput, kvartsiholkit ja lamppujen pyyhkimet vaihdetaan 4000h tai 5v. Lampun max.ikä 8000h.	UV-lamput vaihdettava määräajoin
* Asennus, käyttöönotto, koulutus, valvonta ei sis.						

5 Tulos

Tarkasteltaessa taulukkoa telakan näkökulmasta nousee merkittäviksi ominaisuuksiksi ainakin hinta, tilavaatimus ja paino. Hyde Guardian on vertailun halvin, toiseksi halvimmat ovat PureBallast ja OBS. Pienimmän tilavaatimuksen ilmoittaa Pureballast, joka on myös vertailun kevein Hyde Guardianin ollessa toiseksi kevein.

Varustamon näkökulmasta huomio kiinnittyyneen energiankulutukseen ja huoltotarpeeseen. Merivedessä CleanBallast ja Sedinox ovat selvästi vertailun vähiten energiaa kuluttavia laitteistoja.

Huoltotarpeen arvioiminen on hieman hankalampaa, koska kahdelta laitteistolta tiedot puuttuvat tai laitevalmistajat ovat ilmoittaneet sen olevan vähäinen ja huollossa vaihdettavien erikoisosien hintoja on vaikeaa arvioida.

Oma painoarvonsa mahdollisten käyttökokemusten tutkimismahdollisuuden ansiosta on myös jo asennettujen laitteistojen määrällä (ks. Taulukko 1). RWO:n CleanBallast-laitteistoja on asennettu eniten, 16 kpl, ja toiseksi eniten OptiMarin OBS-laitteistoja, 11 kpl. Lopullisesta vertailusta puuttuvien tietojen takia pois jätetty Electro-Cleen™System olisi ollut tässä toisena 13 asennetulla laitteella.

Huomataan, että eri laitteistot nousevat parhaiksi katsantokannan mukaan. Sopivinta laitteistoa valittaessa tulee eteen myös kysymys, tuleeko se uudisrakennus- vai konversiolaivaan, jolloin kriteerit vaihtuvat jälleen. Vertailua on kuitenkin nyt helppo tehdä painotuksen päättämisen jälkeen, joten sopivimman laitteiston nostaminen tulee jättää tapauskohtaiseksi.

6 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tavoitteena oli tutustuttaa lukija painolastiveden mukana uusille alueille levittäytyvien eliöiden aiheuttamiin ongelmiin ja sitä rajoittaviin toimiin sekä selvittää sopivin painolastiveden käsittelylaitteisto risteilylaivakäyttöön.

Nyt risteilylaivoja varten tutkitut laitevaihtoehdot olivat kevääseen 2010 mennessä saaneet todistuksen toimivuudestaan ja niiden valmistajat hyväksynnän myydä tuotettaan painolastivedessä matkustavia eliöitä tuhoavina. Vaihtoehtoja oli yhteensä 11, joista 6 ylsi varsinaiseen ominaisuuksien vertailuun. Vertailusta voidaan valita tietyillä painoarvoilla sopivin laitteisto risteilylaivakäyttöön.

Huomioitavaa on myös jo asennettujen laitteistojen suhteellisen pieni määrä. Tästä johtuu varsinaisten käyttökokemusten vähäinen määrä, joka tuo väistämättä omia haasteitaan niin laitteistojä tilaaville telakoille kuin laitteistojen tuleville käyttäjillekin. Käyttökokemukset lisääntyvät vähitellen ja kehittävät osaltaan laitteistojä paremmiksi ja luotettavimmiksi.

Helmikuussa 2010 erilaisia painolastiveden käsittelylaitteistojä oli lähes 50, joista useat olivat saaneet jo alustavia hyväksyntä tai niiden hyväksynnät olivat vielä käsittelyssä. Vuoden kuluttua tämän insinööriyön valmistumisesta hyväksytyjä laitteitä on varmasti vähintään kaksinkertainen määrä nykyiseen verrattuna ja lukuisia uusia laitteitä ja tekniikoita kehitteillä. Tämä johtaa väistämättä nyt muodostetun vertailutaulukon osittaiseen vanhenemiseen muutamassa kuukaudessa. Työ siis jatkuu.

LÄHTEET

Itämeriportaali 2009. Tietoa Itämerestä. [Viitattu 2010] Saatavissa:

http://www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/uhat/tulokaslajit/fi_FI/itameren_tulokaslajit/

WWF Suomi 2010. Ympäristö. [Viitattu 2010] Saatavissa:

http://www.wwf.fi/ymparisto/meret_sisavedet/merenkulku/tulokaslajit.html

VTT 2010. Julkaisuja. [Viitattu 2010] Saatavissa:

http://www.vtt.fi/vtt_search.jsp?target=julk&form=lsf&search=%28cw%3Dballast+water%29

IMO 2009. Lista hyväksytyistä, syyskuu 2009. [Viitattu 2009] Saatavissa:

http://www.imo.org/includes/blastDataOnly.asp/data_id%3D26596/tableupdatedinSeptember2009.pdf

MARTOB 2004. Final report. [Viitattu 2009] Saatavissa:

<http://martob.ncl.ac.uk/Home.htm>

Terveys ja hyvinvoinnin laitos 2002. Kansanterveys-lehti 7/2002. [Viitattu 2010] Saatavissa:

http://www.ktl.fi/portal/suomi/julkaisut/kansanterveyslehti/lehdet_2002/7_2002/otsonointi_vaikuttaa_talousveden_laatuun/

Techcross Ltd. & KORDI 2010. Esite 2010. [Viitattu 2010] Saatavissa:

http://techcross.koreasme.com/en/sub02_prod03.html

Alfa Laval/ Wallenius AB 2010. Esite 2010 [Viitattu 2010] Saatavissa:

<http://www.pureballast.alfalaval.com/>

OptiMarin AS 2010. Esite 2010. [Viitattu 2010] Saatavissa:

<http://www.optimarin.com/>

RWO GmbH 2010. Esite 2010. [Viitattu 2010] Saatavissa:

http://www.rwo.de/en/products_and_Solutions/Ballast_Water_Treatment/

Hamworthy Greenship Ltd. 2010. Esite 2010. [Viitattu 2010] Saatavissa:

[\(http://www.hamworthy.com/en/Products-Systems/Hamworthy-Marine/Water-Systems/ballast_water_management/\)](http://www.hamworthy.com/en/Products-Systems/Hamworthy-Marine/Water-Systems/ballast_water_management/)

Hyde Marine Inc. 2010. Esite 2010. [Viitattu 2010] Saatavissa:

http://www.hydemarine.com/ballast_water/index.htm

Jim Mackey, Sales Director, Hyde Marine, Inc.

NK Company Ltd. 2010. Esite 2010. [Viitattu 2010] Saatavissa:

http://nk-eng.nkcf.com/pro_ballest/ballest.asp

Hitachi Ltd. 2010. Esite 2010. [Viitattu 2010] Saatavissa:

<http://www.hitachi-pt.com/products/es/new/ballast.html>

NEI-Marine 2010. Esite 2010. [Viitattu 2010] Saatavissa:

<http://www.nei-marine.com/index.htm>

Lloyds Register 2010. LloydsReport BWT Current Status 02_2010, [Viitattu 2010]

Matti Englund, Jukka Nurmi, Koneistosuunnitteluosasto, STX Finland Cruise Oy Turku 2010.

[Viitattu 2010]