

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

VARTIOLAIVA TURVAN ÖLJYNTORJUNTATEKNIikka

Kandidaatintutkielma

Kadetti
Santeri Laitanen

Merikadettikurssi 82
Merivartio-opintosuunta

Maaliskuu 2015

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi Merikadettikurssi 82	Linja Merivartio-opintosuunta
Tekijä Kadetti Santeri Laitanen	
Tutkielman nimi VARTIOLAIVA TURVAN ÖLJYNTORJUNTATEKNIikka	
Oppiaine, johon työ liittyy Sotatekniikka	Säilytyspaikka Kurssikirjasto (MPKK:n kirjasto)
Maaliskuu 2015	Tekstisivuja 30 Liitesivuja 4
TIIVISTELMÄ <p>Öljyntorjunta on aiheena aina ajankohtainen ja kasvavissa määrin tärkeä Itämeren meriliikenteen kasvaessa. Arvioiden mukaan öljykuljetusten määrä Suomenlahdella tulee kasvamaan nykyisestä 160 miljoonasta tonnista 170-200 miljoonaan tonniin vuoteen 2020 mennessä. Lisääntyneen meriliikenteen luomaan uhkakuvaan vastaa osaltaan Rajavartiolaitoksen vartiolaiva Turva, jonka yksi tärkeimmistä tehtävistä on öljyntorjunta. Alus on valmistuttuaan parantanut koko Itämeren alueen valmiutta vastata mahdollisiin öljyonnettomuuksiin.</p> <p>Tutkielmassa esitellään Turvan öljyntorjuntatekniikkaa ja järjestelmien käyttöperiaatteita sekä arvioidaan tekniikan soveltuvuutta Suomen olosuhteisiin. Tavoitteena on antaa lukijalle laaja käsitys aluksen öljyntorjunnan suorituskyvystä. Näkökulma aiheeseen on tekninen ja öljyntorjuntajärjestelmät ovat rajattu koskemaan vain vartiolaiva Turvassa käytettäviä järjestelmiä. Tutkimus on laadullinen eli kvalitatiivinen asiakirja-analyysi.</p> <p>Tutkimuksen perusteella vartiolaiva Turva pystyy hyvin öljyn itsenäiseen keräämiseen ja sen leviämisen rajoittamiseen sekä soveltuu hyvin Suomen olosuhteisiin. Öljyntorjuntatehtäviä pystytään suorittamaan sekä johtamaan vaikeissakin näkyvyys- ja sääolosuhteissa. Keräysjärjestelmät ovat toimivia sekä nopeasti käyttövalmiita ja suuret öljynkeräystankit mahdollistavat pitkänkin toiminta-ajan tehtäväalueella. Erikseen alukseen asennettavat jääharjat mahdollistavat öljyntorjunnan myös jäisissä olosuhteissa.</p> <p>Jatkotutkimuksena tulisi selvittää Turvan kemikaalintorjuntatekniikan tehokkuus ja suorituskyky suhteessa toiminta-alueen uhkakuviin. Viitekehystenä voisi olla öljy-/kemikaalitankkerin törmäys matkustaja-aluksen kanssa keskellä Suomenlahtea aiheuttaen tilanteen, jossa vaarassa olisi sekä ihmishenkiä että ympäristö.</p>	
AVAINSANAT UVL10, vartiolaiva, Turva, öljyntorjunta, Rajavartiolaitos, merivartiosto	

VARTIOLAIVA TURVAN ÖLJYNTORJUNTATEKNIikka

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
1.1	AIHEALUEEN ESITTELY	1
1.2	TUTKIMUSTEHTÄVÄ JA -KYSYMYKSET	2
1.3	NÄKÖKULMA JA RAJAUKSET	2
1.4	TUTKIMUSMENETELMÄ, LÄHDEKRITIIKKI JA AIEMMAT TUTKIMUKSET	2
1.5	KÄSITTEET	3
2	ÖLJYNTORJUNTA SUOMESSA	5
2.1	YLEISTÄ	5
2.2	ÖLJYT JA NIIDEN KÄYTTÄYTYMINEN MERESSÄ	7
2.3	ÖLJYNTORJUNTA	9
2.4	SUOMEN ALUEEN ERITYISPIIRTEET JA NIIDEN VAIKUTUS ÖLJYNTORJUNTAAN	10
3	VARTIOLAIVA TURVA.....	12
3.1	YLEISTÄ	12
3.2	TEKNISET TIEDOT	13
3.3	OPERATIIVISET TEHTÄVÄT.....	14
4	VARTIOLAIVA TURVAN ÖLJYNTORJUNTATEKNIikka.....	15
4.1	YLEISTÄ	15
4.2	ÖLJYNKERÄYSLAITTEET	16
4.2.1	<i>FinnSweep® -öljynkeräysjärjestelmä</i>	<i>16</i>
4.2.2	<i>Avomeripuomi</i>	<i>19</i>
4.2.3	<i>Harjakauha</i>	<i>20</i>
4.2.4	<i>Jääharjat</i>	<i>21</i>
4.2.5	<i>Öljyn- ja kemikaalinkeräystankit</i>	<i>22</i>
4.2.6	<i>Kerätynöljyn pumpput.....</i>	<i>23</i>
4.3	ÖLJYNHAVAINNOINTIJÄRJESTELMÄ.....	23
4.4	ÖLJYNTORJUNNAN JOHTAMISJÄRJESTELMÄ.....	25
4.5	ÖLJYNTORJUNNAN APUVENE.....	26
4.6	ÖLJYNTORJUNTAJÄRJESTELMIEN KÄYTTÖPERIAATTEET	27
4.6.1	<i>Avovesijärjestelmä</i>	<i>27</i>
4.6.2	<i>Talvikeräysjärjestelmä</i>	<i>28</i>
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	29

LÄHTEET

LIITTEET

VARTIOLAIVA TURVAN ÖLJYNTORJUNTATEKNIikka

1 JOHDANTO

1.1 Aihealueen esittely

Vartiolaiva Turva on Rajavartiolaitoksen käytössä oleva uuden sukupolven vartiolaiva. Laivaa käytetään rajaturvallisuuden tehtävien ohella meripelastukseen sekä vaativissa olosuhteissa tapahtuvaan ympäristöturvallisuuden tehtäviin. Alus on tärkeä Itämeren turvallisuuden kannalta ja valmistuttuaan se on parantanut Suomen kykyä vastata ympäröiviin merellisiin uhkiin merkittävästi. Turva edustaa öljyntorjuntatekniikan kärkeä maailmassa ja isolla aluksella on myös erinomaiset kyvyt toimia avomerellä sekä kansainvälisissä operaatioissa yhteistyössä muiden valtioiden kanssa. Tutkielmassani keskityn aluksen tekniikkaan, jota käytetään torjumaan öljyä. Esittelen laitteiden toimintaa ja analysoin, miten ne soveltuvat Suomen toimintaympäristöön.

Suomessa tapahtuu vuosittain noin 2000 öljyonnettomuutta, joten aiheena öljyntorjunta on aina ajankohtainen ja kasvamassa määrin tärkeämpi meriliikenteen kasvaessa Itämerellä [47, s. 2]. Keskimäärin puolet Venäjän ulkomaan vientiin laivattavasta öljystä kuljetetaan Suomenlahden kautta [15]. Tutkijoiden tekemien arvioiden mukaan öljykuljetusten määrä tulee Suomenlahdella kasvamaan nykyisestä 160 miljoonasta tonnista 170-200 miljoonaan tonniin vuoteen 2020 mennessä [30, s. 7]. Toistaiseksi Suomenlahdella ei ole tapahtunut suuria öljyonnettomuuksia, mutta niiden varalta Itämeren maiden tulee ylläpitää korkeaa valmiutta ja teknistä osaamista, jotta mahdollisten onnettomuuksien vauriot jäisivät mahdollisimman pieniksi. Vakavin öljyonnettomuus Suomenlahdella on ollut venäläisen säiliöalus MT Antonio Gramscin karille ajo Porvoon edustalla vuonna 1987, jolloin mereen päätyi 570 tonnia öljyä [2]. Nyky päivänä Suomen tavoite Suomenlahdella on torjua 30 000 tonnia öljyä kolmessa päivässä yhdessä naapurivaltojen kanssa. [46]

1.2 Tutkimustehtävä ja -kysymykset

Tutkin minkälaista tekniikkaa Rajavartiolaitoksen vartiolaiva Turva käyttää öljyntorjuntaan sekä miten sen järjestelmät toimivat ja miten ne soveltuvat Itämeren olosuhteisiin.

Aloitan tutkielmani esittelemällä mitä öljyntorjunnalla tarkoitetaan yleisesti, miten öljyt käytäytyvät meressä ja miten niitä torjutaan, jotta lukijalla olisi paremmat valmiudet ymmärtää aluksen järjestelmiä. Keskityn Suomen alueella käytettäviin menetelmiin ja kalustotyyppeihin. Tutkielmani taustaksi annan myös vastaukset seuraaviin kysymyksiin; ”Mikä on vartiolaiva Turva?”, ”Mitkä ovat sen tehtävät?” ja ”Mitkä ovat sen käyttöperiaatteet?”.

Pääkysymys:

- Minkälaista tekniikkaa Rajavartiolaitoksen uusi vartiolaiva Turva käyttää öljyntorjuntaan?

Tarkentavat kysymykset:

- Miten laitteet toimivat ja mitkä ovat niiden käyttöperiaatteet?
- Miten tekniikka soveltuu Itämeren ympäristöön?

Yläpuolella oleviin kysymyksiin vastaan esittelemällä kalustoa ja kuvaamalla niiden toimintaa.

1.3 Näkökulma ja rajaukset

Näkökulma aiheeseeni on tekninen, sillä esittelen laitteiden toimintaa pääosin teknisestä näkökulmasta. Tutkimusaihe on rajattu koskemaan vain vartiolaiva Turvan öljyntorjuntajärjestelmiä. Aivan tarkkoja ja yksityiskohtaisia tietoja ja kaavioita en voi tutkielmassani käyttää, sillä ne ovat aluksen rakentaneen STX Finlandin omaisuutta, jonka lainaaminen on kielletty.

1.4 Tutkimusmenetelmä, lähdekritiikki ja aiemmat tutkimukset

Tutkimus on laadullinen eli kvalitatiivinen asiakirja-analyysi. Aineistonhankinnassa käytettiin kirjallisuutta, internet-sivuja, haastatteluja sekä muiden henkilöiden tutkimuksia.

Tutkimuksessa pyritään erityisesti ulkoiseen validiteettiin. Ulkoinen validiteetti tarkoittaa aineiston sekä siitä tehtyjen tulkintojen ja johtopäätösten välistä pätevyyttä. Tutkimus on ulkoisesti validi, kun se kuvaa tutkimuskohteen täsmälleen sellaisena kun se oikeasti on. [4, s. 213]

Lähdeaineistossa käytettiin vain valideja lähteitä. Kirjallisuus, tutkimukset ja internet-sivut ovat virallisten organisaatioiden julkaisemia. Lisäksi haastatellut henkilöt olivat aiheeseen erittäin perehtyneitä ja alansa ammattilaisia.

Aiheesta ei ole tehty aiempaa tutkimusta, sillä alus on aivan uusi ja otettu käyttöön kesällä vuonna 2014.

1.5 Käsitteet

”**Rajavartiolaitos** on sisäisen turvallisuuden viranomainen, joka toimii sisäasianministerin johdolla. Rajavartiolaitoksen päätehtävät ovat rajavalvonta maarajoilla ja merialueella, henkilöliikenteen rajatarkastukset maarajan ylityspaikoilla, satamissa ja lentoasemilla sekä pelastustoiminta erityisesti merialueella. Rajavartiolaitos johtaa meripelastustoimintaa ja suorittaa valvonta-alueellaan etsintöjä ja sairaankuljetuksia. Merialueella tehdään yhteistyötä Liikenneviraston, liikenteen turvallisuusvirasto Trafín, Puolustusvoimien ja ympäristöviranomaisten kanssa. Rajavartiolaitoksen käytössä on ajanmukainen kalusto öljy- ja kemikaalionnettomuuksien torjuntaan.” [26]

Vartiolaivat (VL) ovat yleiskäyttöisiä ja merikelpoisia valtionaluksia, joiden tehtäväkirjo on laaja aina öljyntorjunnasta meripelastukseen ja maanpuolustukseen. Aluksilla on tarpeen tullen kyky toimia sisäisen turvallisuuden uhkatilanteissa avomerellä ja saaristossa [24].

Öljyntorjunta on työ, joka tehdään onnettomuuden aiheuttamien riskien minimoimiseksi; ihmisten, ympäristön ja omaisuuden suojelemiseksi ja onnettomuutta edeltäneiden normaaliolosuhteiden palauttamiseksi. [14, s. 71]

”**Öljyntorjunta-alus** on öljyntorjuntaan rakennettu tai muutettu vene tai laiva, joka on varustettu öljyntorjuntalaitteistolla. Aluksella voidaan torjua kokonaan tai osittain vesistöissä tapahtuneen öljyonnettomuuden tai pienemmän -päästön vahinkoja.” [49] Osa kalustosta on niin sanottuja monitoimialuksia (vartiolaivat ovat monitoimialuksia), joita käytetään pääsääntöisesti

muuhun kuin öljyntorjuntaan [49]. Esimerkkejä valtion öljyntorjunta-aluksista ovat Merivoimien hallinnoima Louhi, Rajavartiolaitoksen Merikarhu ja Meritaidon Seili.

Öljyntorjuntatekniikalla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa niitä laitteita ja järjestelmiä, joita käytetään suoranaisesti tai epäsuorasti öljyn keräämiseen vedestä.

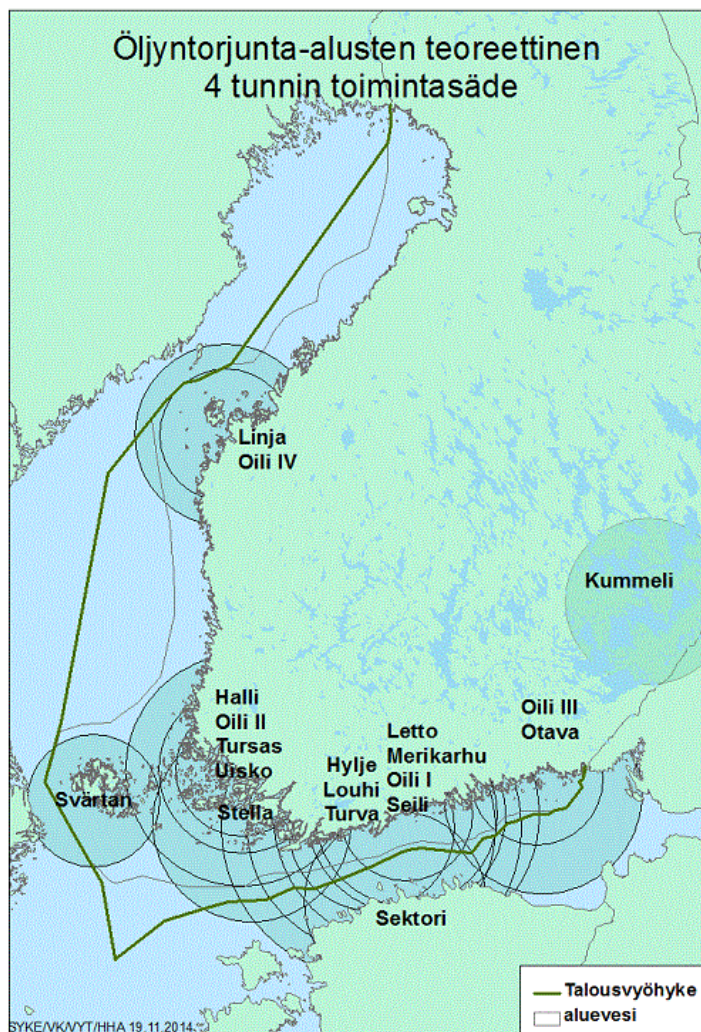
Vaaralliset ja haitalliset aineet (VHA) ovat aineita, jotka luontaisilta ominaisuuksiltaan johtuen saattavat vapaaksi päästyään vaarantaa ihmishenkiä, ympäristöä tai omaisuutta [11, s. 9]. Tässä tutkimuksessa VHA-lyhennettä käytetään synonyymina kemikaaleille.

”**Suomen ympäristökeskus (SYKE)** on valtion tutkimus- ja asiantuntijalaitos, joka tarjoaa yhteiskunnan kestävän kehityksen kannalta tarpeellista tietoa, osaamista ja palvelua. SYKE on osa valtion ympäristöhallintoa, ja se toimii pääosin ympäristöministeriön, mutta vesivaroihin liittyen maa- ja metsätalousministeriön alaisuudessa.” [31] SYKE vastaa öljyntorjunnasta Suomessa.

2 ÖLJYNTORJUNTA SUOMESSA

2.1 Yleistä

Vielä 90-luvun puolessavälissä öljykuljetusten määrä Suomenlahdella oli n. 30 miljoonaa tonnia ja nykyisellään se on n. 160 miljoonaa tonnia. Määrä on yli viisinkertaistunut ja sen enustetaan kasvavan vielä yli 200 miljoonaa tonniin vuoteen 2020 mennessä. Voidaan sanoa, että öljyvahingon uhka kasvaa liikenteen kasvun myötä. [30, s. 7; 46, s. 2] Suomen valtio omistaa tällä hetkellä 18 öljyntorjunta-alusta ja Ahvenanmaan maakuntahallitus yhden. Kaikki alukset ovat öljyä itsenäisesti kerääviä ja niissä on aluksen molemmille puolille rakennettu sisäänkeräävä keräysjärjestelmä. [40] Lisäksi pelastuslaitoksilla on noin sata pientä (pituus n. 10-20 metriä) öljyntorjunta-alusta ympäri Suomea [21]. Alla olevassa kuvassa havainnollistetaan valtion öljyntorjunta-alusten kotisatamat ja niiden teoreettinen 4 tunnin toimintasäde omasta kotisatamastaan.

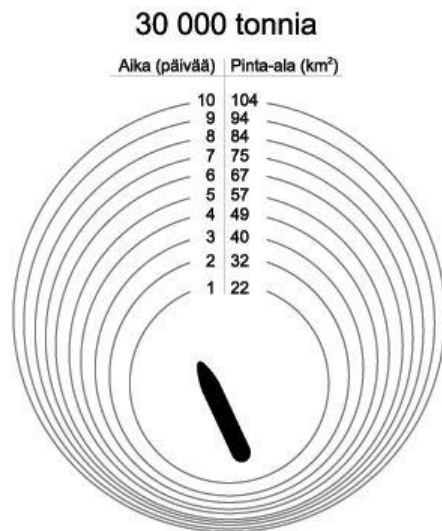


Kuva 1. Öljyntorjunta-alusten teoreettinen 4 tunnin toimintasäde [40]

Öljyonnettomuuksien torjunta on järjestetty öljyvahinkojen torjuntalailla (1673/2009) sekä öljyvahinkoasetuksella. Torjuntalain mukaan pelastustoimi (pelastuslaitos) vastaa alueellaan (saaristo- ja rannikko) öljyntorjunnan järjestämisestä ja vahinkojen torjunnasta. Valtakunnallisesti torjunnan järjestämisestä vastaa Suomen ympäristökeskus. Valtion eri viranomaisten välillä on tehty lukuisia sopimuksia koskien mm. kaluston hankintaa, ylläpitoa, käyttöä ja yhteistoimintaa [45, s. 35]. Pelastustoimen alueella tulee olla öljyvahinkojen torjuntasuunnitelma, jonka Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus vahvistaa. Öljyntorjunnan yleinen ohjaaminen, seuranta ja kehittäminen kuuluvat ympäristöministeriölle. [7, s. 4; 30, s.7] Liitteessä 1 olevassa taulukossa on kuvattu öljyntorjunnan organisaatio Suomessa, VL Turva voi toimia myös taulukossa öljyntorjunta-alusten yläpuolella olevana meritoiminnan johtajana.

Suomen öljyntorjuntavalmius perustuu mekaaniseen keräämiseen ja torjuntaan. Monessa maassa käytetään myös kemikaaleja eli ns. dispersantteja öljyntorjunnassa. Ne vähentävät öljyn pintajännitystä ja hajottavat öljylautat pieniksi pisaroiksi meriveteen. Suomessa näitä kemikaaleja ei kuitenkaan mahdollisen myrkkyyvaikutuksen takia haluta käyttää. [47, s.4]

”Suomen vähimmäistavoite vuonna 2015 on kyetä torjumaan Suomenlahdella 30 000 tonnin, Saaristomerellä 20 000 tonnin ja Pohjanlahdella 5000 tonnin öljyvahinko avovesioloissa kolmessa vuorokaudessa ja jääoloissa kymmenessä vuorokaudessa yhteistyössä naapurivaltioiden kanssa.” [46] Vertailun vuoksi Saksa on asettanut tavoitteekseen 15 000 tonnin, Ruotsi 10 000 tonnin ja Venäjä 5000 tonnin öljyntorjuntakyvyn [23, s. 4]. 40 000 tonnia öljyä vastaa tilavuudeltaan 930 säiliöautoa tai 190 kerrostaloasuntoa ja päästetyllä öljyllä kattaisi 36 000 jalkapallokenttää eli 232 neliökilometriä merenpintaa [20]. Yleisimmin Itämerellä kulkevat tankkerit kuljettavat noin 10 000 tonnista 50 000 tonniin öljyä [35]. Kuitenkin mm. Primorskin (Koiviston) satama Venäjällä pystyy vastaanottamaan 150 000 tonnia öljyä kuljettavia tankkereita [23, s. 7]. Seuraavalla sivulla olevassa kuvassa esitetään kuinka laajalle alalle 30 000 tonnia öljyä (Suomenlahden öljyntorjuntakyvyn tavoite) voi levitä kymmenen päivän aikana neliökilometreissä. Kymmenen päivän jälkeen pinta-ala voi olla siis jopa yli sata neliökilometriä. Vertailukohtana etäisyys Helsingistä Tallinnaan on noin 80 kilometriä.



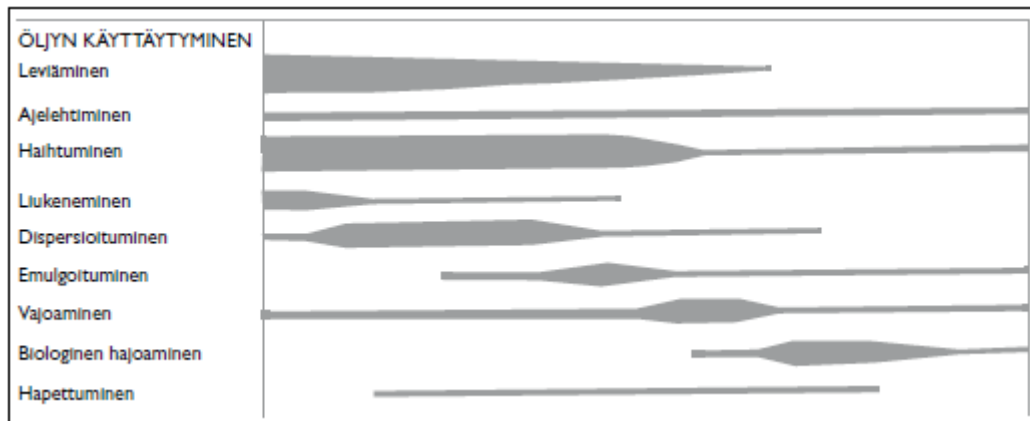
Kuva 2. Kuinka laajalle alalle 30 000 tonnia öljyä voi levitä 10 päivässä. [20]

2.2 Öljyt ja niiden käyttäytyminen meressä

Merellä kuljetettavat öljyt ovat yleensä raakaöljyä ja jalostettuja öljytuotteita. Raakaöljyt koostuvat hiilivetyseoksista ja ne sisältävät hiilen ja vedyn lisäksi myös muita alkuaineita kuten rikkiä, typpeä ja happea sekä jonkin verran metalleja. Ominaisuudet vaihtelevat sen mukaan missä öljyä on tuotettu; se voi olla kevyttä ja helposti haihtuvaa tai toisaalta erittäin raskasta ja bitumimaista. Öljytuotteet jalostetaan raakaöljystä sopivilla jalostusprosesseilla, kuten esimerkiksi tislaamalla, krakkaamalla, reformoimalla ja/tai poistamalla rikki. Jalostuksen jälkeen syntyvät tuotteet voidaan jakaa ryhmiin: nestekaasut, bensiinit, petrolit, dieselöljyt sekä kevyet ja raskaat polttoöljyt. [44]

Öljyn käyttäytyminen meressä riippuu ympäristöolosuhteista ja tietenkin öljyn laadusta. Öljyn käyttäytymisen kannalta tärkeimpiä ympäristön olosuhteita ovat tuuli, aallokko ja ilman lämpötila. Tuuli on suurin vaikuttaja öljyn liikkeisiin Suomen olosuhteissa (Öljylautan nopeus on 3 - 4% tuulen nopeudesta). Useimmat öljyt ovat vettä kevyempiä ja siksi ne nousevat pintaan ja leviävät kalvoiksi. Veteen joutuessaan öljy alkaa säistyä, jonka seurauksena sen koostumus muuttuu. Tärkeimpiä säistymisprosesseja ovat haihtuminen, liukeneminen, dispegoituminen ja emulgoituminen. Öljyt voivat lisäksi hapettua, hajota mikrobiologisesti tai vajota eli sedimentoitua. Jo vuorokauden sisällä päästöstä öljyn koostumus ja ominaisuudet voivat muuttua merkittävästi. Öljyn kevyet komponentit hajoavat ja liukenevat sekä haihtumaton jäännösöljy muodostaa veden kanssa emulsion. Tällä jäljelle jäävällä jäännösöljyllä on huomattavasti suu-

rempi tilavuuspaino kuin alkuperäisellä öljyllä. Näillä öljyn ominaisuuksien muutoksilla voi olla ratkaiseva merkitys torjunnan kannalta. [36; 44]



Kuva 3. Öljyn käyttäytyminen vedessä [45, s. 45]

Öljyn leviäminen voidaan jakaa kolmeen eri vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa öljylautan paksuus on yli 1 cm, jolloin sen leviämiseen vaikuttaa pääosin maan vetovoima. Toisessa vaiheessa öljylautan paksuus on 0,5 – 1 cm. Tässä vaiheessa suuri osa potentiaalienergiasta kuluu viskositeetin vaikutuksen voittamiseen ja vain pieni osa muuttuu liike-energiaksi. Kolmannessa ja viimeisessä vaiheessa öljylautan paksuus on alle 0,5 cm. Tällöin leviäminen hidastuu öljyn pintajännityksen ja öljyn viskositeetin yhteisvaikutuksesta. [41]

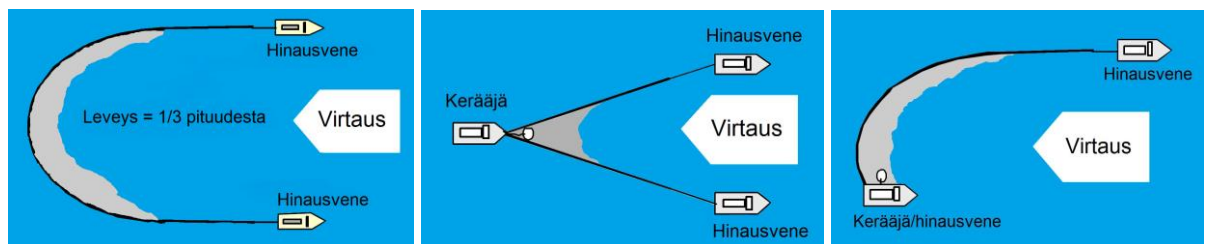
Öljyn käyttäytymistä voidaan kuvata ja laskea matemaattisilla malleilla. SYKE:n ja Suomenlahden pelastuslaitoksien käytössä on venäläisen tohtori Sergey Ovsienkon kehittämä malli nimeltään Spillmod [36, s. 23]. Esimerkiksi voidaan mallintaa, että jos Suomenlahdelle vuotaisi mereen 30 000 tonnia raakaöljyä tai raskasta polttoöljyä (30 000 tn on tavoitetorjuntakyky Suomenlahden alueella), jo kolmen ensimmäisen vuorokauden aikana öljy leviäisi keskimäärin alle 1 mm paksuiseksi ja 30-40 km² laajuiseksi lautaksi. Tämän ajan kuluessa myös yli neljännes alkuperäisestä öljymäärästä olisi dispergoitunut mereen. Raakaöljystä vajaa kolmannes olisi haihtunut, mutta koska raakaöljy muodostaa veden kanssa herkästi vesi-öljyemulsion, olisi veden pinnalla öljyistä ainesta kolmen päivän kuluttua edelleen lähes sama mereen vuotanut raakaöljymäärä eli 30 000 tn. Kymmenen päivää onnettomuuden jälkeen öljylautan koko olisi vähintään 100 km². [36, s. 23]

Kevyet tuotteet kuten benssiinit ja dieselit sekä kevyet polttoöljyt haihtuvat meren pinnalta Suomen olosuhteissa varsin nopeasti, eikä näistä tuotteista ole öljyntorjuntamielessä kovin suurta haittaa. Hankalimpia öljyntorjunnan kannalta ovat ns. pysyvät öljyt: vanhentuneet raakaöljyt, raskaat polttoöljyt, voiteluöljyt ja öljyiset jätteet. [44]

2.3 Öljyntorjunta

Öljyntorjunta Suomessa perustuu mekaaniseen torjuntaan. Ympäristöystävällisyys ja öljyn kerääminen pois luonnosta ovat mekaanisen torjunnan suurimmat edut. Huonoina puolina siinä on kalliiden välineiden tarve, se kuluttaa paljon aikaa, vaatii paljon kalustoa ja aiheuttaa logistisia haasteita kerätyn öljyn suhteen. [17]

Öljyvahingon tapahduttua öljypuomit ovat ensimmäisiä öljyntorjunnassa käytettäviä välineitä [36, s. 83]. Puomeja käytetään öljyn leviämisen rajoittamiseen sekä estämään öljyn pääsy tiettyille alueille, kuten uimarannoille tai kalankasvatuslaitoksiin. Niitä voidaan myös käyttää ohjaamaan öljy alueelle, jossa se voidaan kerätä tehokkaasti. Öljypuomeja voidaan käyttää öljyn nuottaukseen, jonka tarkoituksena on koota öljykalvoa yhteen paksuntaen sen kerrosta. Paksu öljykerros on tehokkaampi kerätä talteen mekaanisia keräimiä käyttäen. Puomien hyviä ominaisuuksia ovat niiden käytön helppous, halpa hinta ja luotettavuus [34]. Alla olevissa kuvissa havainnollistetaan yleisiä nuottaustekniikoita. [41]



Kuva 4. Nuottaustekniikoita: U-nuottaus, V-nuottaus ja J-nuottaus. [8]

Suomessa käytetään nuottauksessa yleensä liitteessä kaksi kuvattua ratkaisua, jossa puomin pohjukassa on aukko, josta purkautuvan öljyn kerää nuotan perässä kulkeva keräysalus, esimerkiksi vartiolaiva. Karilleajon yhteydessä puomeilla voidaan rajoittaa öljyn leviämistä asettamalla öljypuomi vaurioituneen aluksen ympärille. Tällöin öljypuomin pituus tulee olla kolme kertaa aluksen pituinen. [8]

Öljyn keräämiseen vedestä käytetään Suomessa mekaanisia keräimiä eli pintakuorijoita. Mekaaniset keräimet koostuvat kolmesta pääosasta; keräilyosasta, öljynsiirtojärjestelmästä ja varastointilaitteesta. Mekaanisten kerääjien tavoitteena on soveltua mahdollisimman monen öljyalaadun keräämiseen. Eri öljyalaatujen ominaisuudet rajoittavat kuitenkin mekaanisten kerääjien soveltuvuutta kaikkien öljyalaatujen keräämiseen. Öljyä nuotataan kuvan neljän mukaisesti, koska pintakuorijoilla on sitä parempi keräystehokkuus mitä paksumpi öljylautta on. Aallokko, virtaus, jää ja vedessä olevat roskat ovat suurimmat haasteet pintakuorijoiden käy-

tössä. Suomen alueen saaristo antaa kuitenkin tietyissä tapauksissa hieman suojaa aallokolta ja antaa mahdollisuuden keräämiseen kovallakin tuulella. [41]

2.4 Suomen alueen erityispiirteet ja niiden vaikutus öljyntorjuntaan

Suomen merialueeseen kuuluu sekä tiheää saaristoa että avomerta. Näistä kahdesta tiheä ja merenkulullisesti haastava saaristo on koko maapallon mittakaavassa erityinen ja se muodostaa haasteita, mutta myös etuja öljyn torjumiselle. Esimerkiksi saariston suojaisuus mahdollistaa öljyntorjunnan kovallakin tuulella. Saaristo muovaa öljylauttaa pirstaloimalla niitä pienemmiksi öljylautoiksi. Öljylautat jatkavat liikettään saaristossa tuulen ja virtauksien mukana, kunnes ne ajautuvat saarien rannoille. Rantoihin ajautunut öljy voi jatkaa leviämistään tuulen suunnan muuttuessa. Suomenlahti on verrattain kapea ja matala, jolloin mahdolliset öljypäästöt kulkeutuvat nopeasti rantaan ja reaktioaika avomeritorjunnassa on lyhyt. Lisäksi vallitsevat tuulet ovat etelän ja lounaan puolelta, tarkoittaen että öljynpäästön kulkusuunta on yleensä kohti Suomen rannikkoa. Suomenlahden mantereenpuoleinen rantaviiva Hangosta Venäjän rajalle on noin 1700 kilometriä ja Suomenlahden saarten yhteenlaskettu rantaviivan pituus on puolestaan jopa 6 500 kilometriä. Suuressa öljyonnettomuudessa rannoille päässeeseen öljyn puhdistaminen vaatii paljon työvoimaa, kestää pitkään ja aiheuttaa näin ollen suuret kustannukset. [30, s. 41; 41]

Itämerellä ja erityisesti Suomenlahdella on limnologisia (elävä luonto ja sen ympäristön väliset suhteet ja vuorovaikutukset) ja ekologisia erityispiirteitä, jotka tekevät sen herkäksi öljyonnettomuuksien vaikutuksille. Itämeren veden vaihtuvuus on hidasta ja se on niin sanottua murtovettä, jossa veden suolapitoisuus on pienempi kuin valtamerillä, mutta kuitenkin suurempi kuin makealla vedellä. Veden suolapitoisuus vaikuttaa veden tiheyteen, mitä suolaisempi sitä tiheämpi, ja veden tiheys vaikuttaa öljyn kelluvuuteen. Suomen olosuhteissa öljyn uppoamisriski on tämän takia akuutimpi kuin merialueilla, joissa veden suolapitoisuus on suurempi. Alueen eliöt kestävät vähemmän räsitystä kuin valtamerien tai makeiden vesien eliöt, sillä ne ovat alhaisen happi- ja suolapitoisuuden sekä kylmän talven rasittamia. Itämerellä ei myöskään esiinny öljyä syöviä bakteereja, sillä siellä ei esiinny luontaisesti öljyä. Nämä asiat huomioon ottaen kansainvälinen merenkulkujärjestö IMO on myöntänyt Itämerelle erityisen herkän merialueen statuksen. [30, s. 41; 41]

Uponneen öljyn kerrostuminen on mahdollista saaristoalueella, sillä veden syvyys on pääosin matalaa. Öljyn kerrostumisessa öljy sekoittuu merenpohjalla oleviin kerrostumiin ja ainehiuk-

kasiin peittäen kasvillisuutta ja eläimistöä. Tämä on haitallista, sillä uponnut öljy hajoaa hyvin hitaasti ja saattaa peittyä meren pohjalle muodostuvien sedimenttikerrostumien alle. [41]

Suomenlahti myös jäätyy lähes kokonaan alueesta ja vuodesta riippuen 1-6 kuukaudeksi [39]. Kylmyys jäykistää öljyä eli lisää sen viskositeettia [10]. Viskositeetin lisääntyminen hidastaa öljyn leviämistä ja voi lisätä öljyntorjunta-aikaa jopa kolminkertaisesti verrattuna avovesiaikaan [45]. Ongelmallista on kuitenkin se, että jäistä kerääminen on hyvin hidasta sekä öljyisen veden jäätyessä öljy kuorruttaa jääkappaleita ja sitä tunkeutuu jään huokosiin. Öljyn levitessä laajalle alueelle sen pitoisuudet voivat laskevat niin pieniksi, ettei keräys kannata. [30, s. 42]

3 VARTIOLAIVA TURVA

3.1 Yleistä

Vartiolaiva Turvaa hallinnoi Rajavartiolaitos, joka on johtava meripelastusviranomainen, vastaa rajojemme turvallisuudesta ja on monialainen merellinen lainvalvontaviranomainen. Rajavartiolaitos on vastuussa meripelastuksesta silloin, kun onnettomuudessa on vaarassa ihmisiä ja/tai ympäristö. Meripelastusta johdetaan meripelastuskeskuksesta (MRCC Turku) ja meripelastuslohkokeskuksesta (MRSC Helsinki). [23]

Vartiolaiva Turvalla on tarpeen tullen kyky toimia merellä sekä sisäisen turvallisuuden että maanpuolustuksen uhkatilanteissa. Alus on kustannustehokas, koska sillä on mahdollista kattaa useiden eri viranomaisten toiminnan tarpeita. Laiva suunniteltiin tiiviissä yhteistyössä Suomen Ympäristökeskuksen ja usean eri ministeriön kanssa painopisteenä toimintaympäristö Itämeri sekä ympäristö ja turvallisuus. Alus on Suomenlahden öljyntorjuntakyvyn kannalta erittäin tärkeä. [24]

Itämeren suojeleminen edellyttää panostamista ympäristöystävälliseen ja toimintavarmaan kalustoon, joka kykenee tehokkaasti rajoittamaan onnettomuuksien vahinkoja. Aluksen suunnittelussa onkin kiinnitetty erityistä huomiota ympäristöystävälliseen energiantuotantoon. Polttoaineena käytetään nesteytettyä maakaasua (LNG) ja dieselöljyä, jolloin laivan päästöt jäävät pieniksi. Aluksen päästötaso LNG-kaasulla vastaa vuonna 2016 voimaan tulevia vaatimuksia Itämerellä (IMO Marine Engine Regulations, Tier III). Aluksesta ei aiheudu lainkaan jätevesipäästöjä. Vahingoittuneestakaan aluksesta ei koidu esimerkiksi öljypäästöjä, sillä aluksen vaurionsietokyky on korkea. Näin pyritään varmistamaan toimintakyky myös erittäin vaikeissa olosuhteissa. [24]

Aluksen normaali miehitys on 15-18 henkilöä ja operatiivinen minimi toimintamiehitys on 10 henkilöä. Suuria henkilöstömääriä vaativien tehtävien osalta aluksen henkilöstöä voidaan täydentää siten, että henkilöstön kokonaismäärä on suurimmillaan 40 henkeä. [37]

Vartiolaiva Turva rakennettiin noudattaen Valtioneuvoston Kestävien hankintojen periaatepäätöstä (8.4.2009). Päätöksen tavoitteena oli vähentää julkisen sektorin ympäristökuormitusta ja ilmastovaikutuksia. [24]

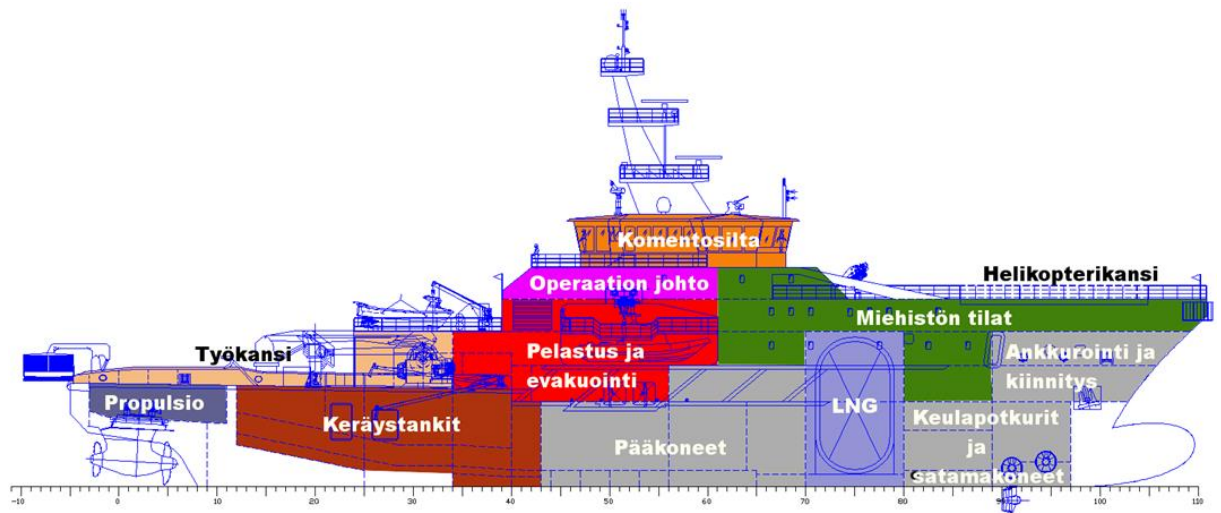


Kuva 5. Vartiolaiva Turva [24]

3.2 Tekniset tiedot

Pituus	95,9 m	Pääkoneiden lkm	3
Leveys	17,4 m	Teho/pääkone	2700/5400 kW
Syväys	5,5 m	Pääkoneiden kokonais-teho	11600 kW
Uppouma	4000 t	Jääluokitus	1A Super
Miehistö	15-18	Nosturin kapasiteetti	15 t
Nopeus	18 sol-mua	Keräystilavuus	1200 m ³
Paaluveto	100 t	Veneiden lkm	4

Kooltaan Turva on Rajavartiolaitoksen suurin vartiolaiva [40]. Seuraavalla sivulla olevassa kuvassa eritellään yleisellä tasolla aluksen tilojen käyttötarkoitukset ja sijainnit.



Kuva 6. Vartiolaiva Turvan tilajako [38]

3.3 Operatiiviset tehtävät

Vartiolaiva Turvaa käytetään rajavalvontaan, meripelastukseen, öljyntorjuntaan avomerellä ja saaristossa, ympäristö- ja luonnonvarojen valvontaan, kansainvälisiin operaatioihin, merentutkimukseen ja viranomaisyhteistyöhön. Normaalioloissa Turva osallistuu myös aluevalvontaan muun muassa täydentämällä ja luomalla merialueen tilannekuvaa. Lisäksi se voi liittyä valvontajärjestelmiin pinta-, ilma- ja vedenalaisen tilanteen osalta. Alus kykenee laajalla sensorikalustollaan valvomaan merialuetta kaikissa näkyvyysolosuhteissa. Aluevalvonnan tehtäviä toteutetaan partioimalla erityisesti avomerialueella. Lisäksi luodaan rajavalvonnan ja muiden Rajavartiolaitoksen tehtäväksi määrättyjen valvontatehtävien painopisteitä laaja-alaisesti kaikilla Suomen merialueilla. Aluevalvontaviranomaisten (erityisesti Puolustusvoimat) kanssa tapahtuvan yhteistoiminnan takia alus on yhteensopiva meripuolustuksen viesti- ja johtamisjärjestelmien kanssa. [24; 37]

Turva on varusteltu rajaturvallisuus- ja meripelastustehtäviä sekä ympäristövahinkojen torjuntaa varten. Aluksella on itsenäinen kyky avomeriöljyntorjuntaan, jota voidaan suorittaa myös jäisissä talviolosuhteissa. Kerätylle öljylle on suuri tankkikapasiteetti pitkän toiminta-ajan saavuttamiseksi. Muita aluksen mahdollisia tehtäviä ovat mm. hätähinaus, merentutkimus, vedenalaiset työt ja viranomaisyhteistyö. Alusta käytetään ensisijaisesti Itämeren alueella kaikissa sää ja näkyvyysolosuhteissa, mutta sillä voidaan ottaa osaa myös kansainvälisiin operaatioihin sekä arktisissa että trooppisissa olosuhteissa. [33; 37]

4 VARTIOLAIVA TURVAN ÖLJYNTORJUNTATEKNIikka

4.1 Yleistä

Vartiolaiva Turva suunniteltiin osaksi öljy- ja kemikaalivahingon torjuntatehtäviä varten. Alus kykenee itsenäiseen öljyntorjuntaan 14 vuorokauden ajan 3000 meripenikulman toimintasäteellä, mikäli keräystankeissa on tilaa. Öljynkeräystä varten aluksen laitekannessa on kiinteät harjatyypiset öljynkeräyslaitteistot ja aluksen ilmastointilaitteiston ansiosta pystytään toimimaan myös olosuhteissa, joissa alusta ympäröivässä ilmassa on haitallisia ja myrkyllisiä kaasuja. Laitetankkien keräysovet ovat suunniteltu niin, että veden ja öljyn sisäänvirtaus on esteetöntä aluksen öljynkeräystoimintaan liittyvistä lastitapauksista huolimatta. Myös öljypuomien käyttöönotto ja purku on mahdollista lastitilanteesta riippumatta. Kerätty öljy johdetaan keräystankkeihin, joita aluksessa on yhteensä seitsemän. Yksi tankeista on tarkoitettu kemikaalilastia varten, se on 200 m³ suuruinen ja valmistettu haponkestävästä teräksestä. Eriyisesti aallokossa tehtävää öljynkeräystä varten aluksessa on sen poikki kulkeva ns. aallonvaimennuskanava ja säänkestävä myrskypuomi. [32, s. 5; 37]

Laivalla on mahdollista käyttää siirrettävää torjuntakalustoa. Tilaa on varattu vähintään yhdeksälle 20-jalan kontille sekä näille tarpeellisille sähkönsyöttö-, vesi-, hydraulikka-, paineilma-, ja höyryliitännöille. Siirrettäviä laitteita ovat esimerkiksi kaksi aluksen perään asennettavaa jääharjakeräintä ja letkukela, jota käytetään erilaisten nesteiden pumppaamiseen vaurioituneesta aluksesta öljytankkeihin. Jääharjakeräimet eivät kuulu aluksen mukana kulkevaan vakiovarustukseen, mutta tarpeen tullen ne voidaan kuljettaa haluttuun noutopaikkaan. Aluksella on yhteensä 800 metriä avomerikäyttöön tarkoitettua öljypuomia, jota säilytetään öljynkeräystankeissa. [12; 28; 32, s. 5-6]

Laivassa on öljynhavainnointilaitteisto, jolla on mahdollista arvioida alusta ympäröivän öljylautan suuruus. Analysoitu mittaustieto (esim. öljylautan ääriviivat) on siirrettävissä aluksen elektroniseen karttaohjelmaan (ECDIS), jossa tietoa voidaan käyttää avuksi aluksen navigoinnissa. Alus on myös varustettu öljyntorjunnan johtamisjärjestelmällä, jonka välityksellä keskustellaan öljyntorjuntaa suorittavien apualusten kanssa. Elektronisten karttojen lisäksi johtamisjärjestelmä on integroitu Dynamic Position (DP) ohjelmiston kanssa. [28; 32, s. 6]

Suurin osa aluksen öljyntorjuntatekniikasta on Turkulaisen Mobimar Oy:n valmistamaa ja toimittamaa. Mobimar Oy suunnittelee ja valmistaa öljyntorjuntajärjestelmien lisäksi mm.

korkealaatuisia veneitä ja turistisukellusveneitä. Esimerkiksi uusimmat Meripelastusseuran PV3-veneet ja Merivoimien komentoveneet ovat Mobimarin valmistamia. Mobimar toimii myös Vikoma International -öljyntorjuntatuotteiden edustajana ja käyttää Vikoman valmistamia tuotteita (mm. puomit) omissa järjestelmissään. British Petroleum (nykyinen BP) perusti Vikoma Internationalin vuonna 1967 ja se on yksi johtavista kansainvälisistä öljyn- ja kemikaalintorjuntajärjestelmien valmistajista. [18; 42]

4.2 Öljynkeräyslaitteet

4.2.1 FinnSweep® -öljynkeräysjärjestelmä

Vartiolaiva Turvassa on käytössä Mobimarin valmistama runkoon integroitu FinnSweep®-öljynkeräysjärjestelmä. Patentoitu FinnSweep® on mekaaninen keräysjärjestelmä ja se on kehitetty erityisesti merellä tapahtuviin öljynkeräystehtäviin. Järjestelmä on todettu toimivaksi jopa 2 metrin aallonkorkeudessa, sillä on mahdollista kerätä kevyttä polttoöljyä lukuun ottamatta kaikenlaatuisia öljyjä ja se saavuttaa kaikki SYKE:n asettamat vaatimukset. FinnSweep®-järjestelmä oli alun perin SYKE:n testaama ja hyväksymä jo vuonna 1989 ja eri versioita siitä on käytössä myös muissa valtion öljyntorjunta-aluksissa, kuten esimerkiksi vartiolaiva Merikarhussa. [5; 18]

FinnSweep®-järjestelmän tärkeimmät ominaisuudet ovat:

- luotettava keräysjärjestelmä jokaiselle öljyalaadulle,
- kerätyssä öljyssä pieni vesipitoisuus (~5%) → säästää tankkitilaa,
- muunnettavuus monenlaisiin olosuhteisiin säädettävän virtauksen takia,
- käsittelee jopa sitkeät ja jäykät öljyt, joissa eri järjestelmillä usein vaikeuksia,
- järjestelmän käyttöönotto ja käytöstä poisto onnistuu erittäin nopeasti. [5]

Järjestelmä koostuu aluksen molemmilla kyljillä olevista FinnSweep®-harjakeräimistä, FinnSweep®-puomivarsista sekä Vikoman HI Sprint levityspuomeista. Vaikeissa säätiloissa keräys voidaan suorittaa FinnSweep®-myrskypuomilla. [33]

4.2.1.1 Harjakeräin

Aluksessa on kaksi 1,7 metriä leveää FinnSweep®-harjakeräintä asennettuna kerätyn öljyn laitetiltaan [32, s. 8]. Harjakeräimet erottavat öljyn lämmitettyyn esikeräystankkiin, josta keräämällä saatu öljy johdetaan etummaisiiin öljynkeräystankkeihin liitteen kolme mukaisesti [32, s. 6]. Erikoisuutena kerääjässä on horisontaaliset harjakset yleisemmin käytettyihin vertikaalisiin harjaksiin nähden, mikä parantaa aallonvaimennusominaisuuksia. [28]



Kuva 7. FinnSweep® -harjakeräin vartiolaiva Turvassa keräämässä vaahtoa öljyntorjuntaharjoituksessa. [33]

4.2.1.2 Levitys- ja loitonnukspuomi

Turvassa on Vikoman valmistamat 14 metriä pitkät HI Sprint™ levityspuomit ja Mobimarin FinnSweep®-loitonnukspuomit. Loitonnukspuomit levittävät levityspuomit aluksen molemmille kyljille ja ne ohjaavat öljyn harjakerääjille liitteen kolme mukaisesti. HI Sprint™ -levityspuomi on yhdestä päästä täytettävä, nopeasti toimintavalmiiksi saatava öljyntorjuntapuomi. Puomi on valmistettu vahvistetusta kaksikerroksisesta neopreenikankaasta, jonka ansiosta puomi toimii ominaisuutensa säilyttäen -40°C - +90°C asteen lämpötiloissa. Materiaali on kestävä ja sillä on valmistajan mukaan luokassaan matalin hinta läpi elinkaaren. Lisäksi puomi on helppo pestä, ylläpitää ja korjata [6; 28]

Levityspuomin sisällä on 3-5 metrin välein itsenäisiä kammioita, joten yhden osan vaurioituessa muu puomi säilyy käyttökuntoisena. Puomi on muotoiltu sylinterimäisesti ja paineistettu alhaisella ilmanpaineistuksella joustavuuden parantamiseksi. Levityspuomin korkea kelluvuuden ja painon suhde takaa hyvän aallonmyötäilemiskyvyn. Lisäksi puomin materiaalilla on korkea erilaisten VHA-aineiden sietokyky. [6]



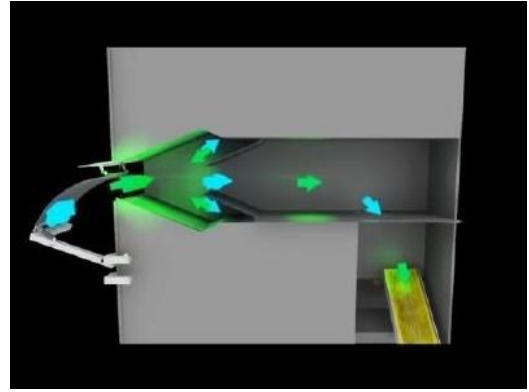
Kuva 8. Mobimarin FinnSweep®-loitonnuosuomi ja Vikoman HI Sprint™ -levityspuomi vartiolaiva Turvan vasemmalla kyljellä. [33]

4.2.1.3 Myrskypuomi ja aallonvaimennuskanava

Aluksessa on FinnSweep® -myrskypuomi, jota käytetään keräyksessä, kun merkitsevä aallonkorkeus on yli metrin. Öljy johdetaan vaimennuskanavaan, jossa aallon energia vaimenee ja öljy johdetaan kanavaa pitkin toisen puolen harjakerääjälle, joka kerää öljyn tankkeihin. Vaimennuskanava vaimentaa aallokon kymmenesosaan, eli metrin korkuinen aalto vaimenee kanavassa 10 senttimetrin korkuiseksi. Tämä mahdollistaa öljynkeräyksen jopa kahden metrin aallokossa. [1; 32, s. 6; 33]



Kuva 9. FinnSweep® -myrskypuomi Turvan oikealla kyljellä. [33]



Kuva 10. Myrskypuomin ja aallonvaimennuskanavan toiminta. [26]

4.2.2 Avomeripuomi

Vartiolaiva Turvalla on yhteensä 800 metriä avomeripuomia. Puomi on Vikoman valmistamaa ja mallinimeltään Bulkhead Boom 1750. Puomit varastoidaan rullattuina perän kerätyn öljyn tankkeihin niille varatuille hydraulikkakäyttöisille öljypuomikeloille, kaksi kappaletta tankkia kohden. Puomien käsittelyä varten tankkien kattoon on asennettu ohjausrullat kansiluukkujen alapuolelle, jotta puomiin päästään käsiksi kannelta. Puomit vedetään ulos aluksen perän kautta joko omilla apualuksilla tai esimerkiksi merivartioasemien partioveneillä ja täytetään erillisellä EX-suojatulla puhaltimella. [3; 28; 32, s. 9]

Puomi on valmistettu samasta vahvistetusta kaksikerroksisesta neopreenikankaasta kuin HI Sprint™ -levityspuomit ja sen korkeus on kaksi metriä. Lämpötilaominaisuudet ovat myös samat, eli puomi säilyttää ominaisuutensa -40°C - $+90^{\circ}\text{C}$ alueella. Kaikki puomin saumat ovat vulkanisoitu neopreenin mekaanisten ominaisuuksien säilyttämiseksi sekä UV- ja hiiliveytysuojan antamiseksi. Puomin sisällä on 3-5 metrin välein itsenäisiä kammioita, joten yhden vahingoituessa muu puomi säilyy toimintakuntoisena. Sylinterimäinen muoto alhaisella ilmanpaineella edistää puomin joustavuutta ja korkea kelluvuuden ja painon suhde tuottaa hyvän aallonmyötäilemiskyvyn. Bulkhead-puomi on suunniteltu käytettäväksi monissa eri olosuhteissa satama-altaista avomerelle. Seuraavalla sivulla olevassa kuvassa avomeripuomia vedetään ulos Turvan peräkannella olevista luukuista. [3]



Kuva 11. Vikoman Bulkhead -avomeripuomia ja vartiolaiva Turvan työvene. [33]

4.2.3 Harjakauha

Aluksella on mahdollisuus käyttää peräkannen nosturilla öljynkeräyskauhaa. Se on hyödyllinen työkalu öljyn keräämiseen ranta-alueilla, soisessa maastossa tai jäisessä vedessä. Öljynkeräyskauhalla kerätään öljyä vedestä tartuttamalla öljy harjarummun harjaksiin. Rumpu pyörii ja öljy irrotetaan harjaksista niistämällä kauhauksen yläpuolella olevalla laitteella, jolloin öljy valuu kauhaan, josta se siirretään keruusäiliöihin. [16; 48]

Harjakauha käytetään pääsääntöisesti aluksen sivuille. Harjakauhalla kerätessä alus on yleensä pysähtynyt ja öljyä kerätään nosturin varren yltämältä alueelta. Harjakauhoja voidaan hyödyntää avovesikaudella erityisesti satama-alueilla keräämällä öljyä puomituksen sisältä. Perusajatuksena on kuitenkin se, että harjakauha tuo lisää mahdollisuuksia ja tehokkuutta jäisissä oloissa keräämiseen. [13]

Tutkimuksen tekohetkellä harjakauhaa ei ole vielä hankittu alukseen eikä sen valmistajaa päätetty. Seuraavalla sivulla olevassa kuvassa on yksi hankintavaihtoehdoista, muun muassa monitoimialus Louhessa käytössä oleva Lamorin valmistama Oil Recovery Bucket (LRB). [28]



Kuva 12. Lamorin valmistama LRB-öljynkeräyskauha. [16]

4.2.4 Jääharjat

Aluksen perään voidaan asettaa kaksi hydraulikkatoimista harjakerääjää talvella jäissä tapahtuvaa öljynkeräystä varten. Harjoilla kerätään öljyä rikkoutuneesta jääkentästä aluksella peruuttaen. Jos öljyä on päässyt jään päälle, harjoja voidaan käyttää myös öljyn keräämiseen jääkentän päältä. Peräharjat tuodaan tarvittaessa alukselle kuorma-autolla ja nostetaan aluksen omalla nosturilla paikoilleen. Harjojen toimintavalmiuteen asettaminen kestää noin kaksi tuntia ja niiden teoreettinen keräyskapasiteetti on noin 20 kuutiometriä öljyä tunnissa. Harjoja voidaan käyttää kauko-ohjauksen avulla yhdessä tai erikseen ja niiden operoimiseen riittää yksi henkilö [12; 13; 28; 32, s. 8]

Tutkielman tekohetkellä jääharjat eivät ole vielä valmistuneet aluksen käyttöön. Ne tulevat olemaan samaa tekniikkaa kun liitteessä neljä esiteltävät monitoimialus Louhen jääharjat, sillä poikkeuksella että Louhen harjat ovat komposiittirakenteisia, kun Turvan vastaavat tulevat olemaan teräksisiä. Lisäksi Louhen harjojen puomien pituuden ollessa kuusi metriä, Turvan harjojen puomin pituus tulee olemaan vähintään kahdeksan metriä korkeamman peräkannen takia. [12; 29]

4.2.5 Öljyn- ja kemikaalinkeräystankit

Aluksessa on kuusi kerätyn öljyn tankkia, jotka ovat tilavuudeltaan yhteensä noin 1 000 m³. Tankit on maalattu kemikaaleja kestäväällä pinnoitemaalilla ja niissä on tikkaat sekä luukut huoltotöitä varten. Aluksen NAPA-ohjelma laskee miten öljy jaetaan tankkien kesken, jotta laivan vakavuus säilyisi parhaana mahdollisena. [32, s. 7; 28]



Kuva 13. Öljyn- ja kemikaalinkeräystankkien sijainti ja tilavuudet. [28]

Öljynkeräystankeissa on tuuletusta varten sääntöjen mukaiset ilmaputket, joissa on paine-/alipaineventtiilit. Tankkien mekaanisesti toimivat tuuletusputket on johdettu kaksi metriä työkanan yläpuolelle, jotta tuuletettu ilma ei päädy miehistön hengitettäväksi. Öljynkeräystankkien huollon aikana tuuletus tapahtuu kansiluukkujen ja miesluukkujen kautta irtopuhaltimien avulla. [32, s. 10; 28]

Aluksen kemikaalinkeräystankki on rakennettu haponkestävästä teräksestä ja se voi toimia myös kerätyn öljyn tankkina. Tankki on varustettu ylärajahälytyksellä ylivuodon estämiseksi. Kemikaalitankki täytetään luovuttavan laivan pumpuilla tai erikseen siirrettävällä pumpulla. Täyttöä varten tankkiin meneville putkilinjoille on tehty liittimet useampia letkukokoja varten. Kemikaaliputkistot ovat haponkestävää terästä, joiden liittokset ovat holkkiliitoksia. Tankissa on myös luukku, josta sinne voidaan nostaa vaarallisia ja haitallisia aineita sisältäviä, mahdollisesti rikkoutuneita sekä vuotavia tynnyreitä tätä varten suunnitelluille telineille. Tynnyrit voidaan siirtää tankkiin nosturin avulla ja ne kiinnitetään paikalleen tankissa monessa kerroksessa sijaitseviin telineisiin, jotka ovat irrotettavissa. [28; 32, s. 11-12]

Tankit lämmitetään niihin asennettujen kuumaöljykierukoiden avulla. Kerätty öljy lämmitetään etummaisissa tankeissa. Muissa tankeissa lämmityksellä taataan vaadittava lämpötila öljyn säilymisen ylläpidolle ja tarvittaessa n. 10 °C lämpötilan nostolle. Aluksessa on lisäksi yksi kuumaöljylämmitin aluksen lastin lämmitystä ja muita öljyn/kemikaalin keräysoperaatioita

varten. Öljyn lämmityskapasiteetti määritellään laskelmilla, jotka ottavat huomioon muun muassa sen, kuinka täynnä tankit ovat ja kuinka alhainen on veden lämpötila. Kuumaöljylämmittimen yhteenlaskettu kapasiteetti on riittävä kaikkiin edellä mainittuihin toimintoihin. Kemikaalinkeräystankkia voidaan myös tarvittaessa jäähdyttää, jos pidetään mahdollisena että kerätyt kemikaalit voivat reagoida keskenään tuottaen lämpöä. Kemikaalitankin jäähdytys otetaan lämmönvaihtimella AC-järjestelmän kylmävesipiiristä. Kiinteä lämmitys-/ jäähdytysputkisto on sijoitettu tankkiin. [28; 32, s. 7]

4.2.6 Kerätynöljyn pumput

Aluksessa on kahdeksan kerätyn öljyn pumppua (115 m³/h, 12 bar). Jokaisen kerätyn öljyn tankissa on yksi uppopumppu. Pumput ovat hydraulikkakäyttöisiä uppopumppuja ja niillä voidaan pumpata kerättyä öljyä ja polttoainelastia maihin ja tankista toiseen. Tällöin kerätyn öljyn lämpötila on +30 °C ja viskositeetti 5000 cSt. Kaikista kerätyn öljyn lastitankeista on järjestetty pumpuilla kiinteä putkisto kannella olevaan liittimeen, jonne on asennettu valumakaukalo. [32, s. 9]

Keräystankissa oleva ruuvipumppu on syvennyksessä, jolloin saadaan kerätty öljy kokonaisuudessaan pumpun imuaukolle ja imettyä tankki mahdollisimman tyhjäksi. Aluksen käytössä on myös yksi kansivarastossa säilytettävä irrallinen kerätyn öljyn pumppu letkuineen, joka on samaa tyyppiä kuin tankeissa olevat kerätyn öljyn pumput. [28; 32, s. 9]

Pumput tarvitsevat toimiakseen injektiovetä, jonka lämpötila on +90 °C. Injektiovesijärjestelmässä käytetään ensisijaisesti lämmitettyä makeaa vettä tai toissijaisesti merivesikaivosta otettua kylmää merivettä, joka lämmitetään myös 90 asteiseksi. Injektiovetä tarvitaan öljyn viskositeetin pienentämiseksi kerätyn öljyn ulospumppauksessa. [28; 32, s. 8]

4.3 Öljynhavainnointijärjestelmä

Vartiolaiva Turvassa on Norjassa kehitetty automaattinen öljynhavainnointijärjestelmä MIROS OSD (Oil Spill Detection), jonka päätehtävänä on havaita öljyvuodot meressä sekä seurata öljylautan liikkumista ja kehittymistä. Järjestelmä on tärkeä työkalu öljyntorjunta-aluksen mekaanisen keräyksen apuna, erityisesti kun näkyvyys on huono. Vuotojen havaitseminen on automaattista asetuksista riippuen jopa seitsemän kilometrin säteellä ja järjestelmä antaa sel-

keää ja jatkuvaa tietoa aluksen henkilöstölle koko keräysoperaation ajan. Järjestelmää voidaan hyödyntää myös talvella jäissä ajettaessa, jolloin se pystyy näyttämään railoja jääkentässä [13]. [19]

Miros OSD hyödyntää Turvan X-alueen Consilium-merenkulkututkajärjestelmää, sekaantumatta sen merenkulullisiin toimintoihin tai vaikuttamatta sen normaaliin käyttöön. Järjestelmä käyttää hyväkseen tutkan havaitsemaa aaltovälkettä. Öljyinen vesi vähentää veden pintajännitystä vähentäen aaltovälkettä öljylautan alueella. Jo pieni määrä öljyä vähentää aaltovälkettä tarpeeksi tehden havainnoinnin mahdolliseksi. Järjestelmä analysoi siihen asetettujen algoritmien avulla tutkan antamaa tietoa rajaten lautan laajuuden ja liikkeen. Lautan havainnointiin tarvitaan kuitenkin vähintään 2 m/s tuulta, jotta tarpeeksi aaltovälkettä muodostuisi tehden öljylautan näkyväksi tutkalle. Alla olevassa kuvassa esitetään järjestelmän käyttöliittymän tarjoamaa kuvaa öljyn havainnoinnissa. [19]



Kuva 14. Miros OSD- järjestelmän kuvapäätte; öljyn etsintä, löytäminen ja seuranta. [19]

Tutka ei itsessään pysty erottamaan öljylautan paksuutta. Siksi Miros OSD -järjestelmä sisältää infrapunasensorin. Infrapunaspektrissä öljy säteilee vähemmän energiaa kuin saman lämpötilan vesi sen ympärillä. Infrapunasensorilla pystytään hyödyntämään tätä öljy-vesi kontrastia öljyn liikkeiden tarkkailuun, myös ilman tuulta. Samaan aikaan öljy imee enemmän energiaa näkyvässä spektrissä kuin vesi, aiheuttaen korkeamman lämpötilan siellä missä öljykerros on paksumpi. Infrapunasensorilla öljyn paksuus pystytään siis määrittelemään ja keräysoperaatiota suunnittelemaan ja toteuttamaan sen mukaan. Kyky määrittää öljylautan paksuus on tärkeä, sillä yleensä 90 % öljylautan öljystä sijaitsee alueella, joka on vain noin 10 % koko lautan pinta-alasta [47]. [19]

Öljyhavainnointijärjestelmän päätoiminnot ovat:

- automaattinen öljyvudon havaitseminen,
- öljylautan liikkeiden seuraaminen,

- öljylautan paksuuden määrittäminen,
- historiatietojen tallennus (palaute, oppiminen),
- öljynkeräämisen ja sen johtamisen huonoissa näkyvyysolosuhteissa mahdollistaminen,
- kuvan siirtäminen elektroniseen karttajärjestelmään. [19]

Öljynhavainnointijärjestelmä sisältää myös Miroksen Wavex-aallonvalvontajärjestelmän, joka öljytietojen lisäksi tarjoaa tietoja merenpinnan liikkeistä, kuten aalloista ja virroista. Nämä tiedot ovat arvokkaita öljynkeräystilanteessa ja hyödyllisiä myös aluksen muissa jokapäiväisissä toiminnoissa. [19]

4.4 Öljyntorjunnan johtamisjärjestelmä

Vartiolaiva Turvalla on EIVA NaviPac -niminen öljyntorjunnan johtamisjärjestelmä. Sama järjestelmä löytyy myös muilta Rajavartiolaitoksen vartiolaivoilta. Järjestelmä koostuu laivalle sijoitetusta pääasemasta ja kahdesta apuveneisiin jaettavasta GPS-vastaanottimen sisältävästä kannettavasta asemasta. [22]

EIVA-järjestelmällä suunnitellaan kolme kappaletta ajolinjoja, joita pitkin apuveneet vetävät puomia ja laiva kerää öljyä. Linjoista kaksi on suunniteltu veneille ja yksi keräävälle laivalle. Yleisesti käytetty nuottausmuoto on U-muoto aukolla keräävän aluksen seurattessa perässä keräten öljyä. [22]

Keräyslinjat lähetetään apuveneille radiomodeemin kautta. Kaikilla kolmella päätteellä näkyvät samat ajolinjat sekä kaikkien kolmen aluksen paikat. Linjojen pituudet suunnitellaan keräystehtävään sopivaksi ja niiden päihin aluksille sopivat käännökset. Keräyslinjat voidaan siirtää laivan omaan navigointijärjestelmään ja niitä voidaan ajaa myös DP-järjestelmällä, joka on hyödyllistä keräykseen vaadittavilla hitailla nopeuksilla. Viestiliikenteessä käytetään Turvan omaa TETRA-verkon tukiasemaa. [22] Seuraavalla sivulla olevassa kuvassa esitetään kuva järjestelmän käyttöliittymästä.



Kuva 15. EIVA NaviPac -järjestelmän kuvapäite. [9]

4.5 Öljyntorjunnan apuvene

Vartiolaiva Turva kuljettaa mukanaan neljää venettä: partiovenettä, RIB-venettä, pelastusvenettä ja pääasiassa öljyntorjuntatehtävissä käytettävää Weedo-työvenettä. Tämä vene on yhdistetty hinaaja ja työvene, joka on alun perin suunniteltu toimimaan öljyteollisuudessa avomerellä. Vene on erityisen sopiva öljypuomien vetämiseen mutta sitä voidaan tarpeen tullen käyttää myös muissa tehtävissä kuten meripelastuksessa ja sukeltajien tukialuksena. Venettä voidaan ohjata sekä sisä- että ulkopuolelta. [43]



Pituus	9,1 m
Leveys	2,8 m
Syväys	1,15 m
Uppouma	4590 kg

Kuva 16. Weedo 910 Tug ja tekniset tiedot, Turvan vene on väriltään sininen. [43]

Venessä on yksi kiinteä 330 hevosvoimainen John Deere 6068 AFM 75 dieselmoottori. Tämä moottori valittiin yleensä veneeseen asennettavan Volvon moottorin sijasta paremman vääntöalueen takia, joka optimoi veneessä olevan säätölapapotkurin käytön. Navigoinnin apuna veneessä on Raymarinen tutkajärjestelmä. Turva pystyy nostamaan veneen aluksen kyytiin

teräksestä valmistetusta kourusta veneen keskiosassa. Venettä säilytetään Turvan peräkannen yläpuolella. [28; 43]

4.6 Öljyntorjuntajärjestelmien käyttöperiaatteet

4.6.1 Avovesijärjestelmä

Öljynkeräyksen aikana aluksella on EX-tila, jolloin vain kipinäsuojatut sähkölaitteet ovat toiminnassa. Öljynkeräyslaitteisto on suunniteltu toimimaan 1-2 solmun keräämisnopeudella. Teoreettinen keruuteho yhden solmun nopeudella on noin 60-100 kuutiometriä tunnissa, kun öljykerroksen keskipaksuus on yhden millimetrin [28]. Yli metrin aallonkorkeudessa käytetään lyhyempää erikoispuomia ja öljy johdetaan vaimennuskanavaa pitkin toisen puolen kerääjälle. Veden (öljyn) virtausnopeuden on oltava keräilytilassa ennen harjoja maksimissaan 2 m/s ja se on säädettävissä portaattomasti ainakin alueella 0,5-2,0 m/s. [32, s. 6]

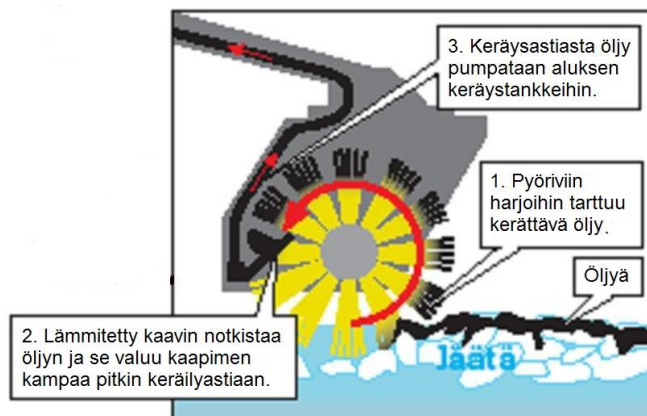
Ennen keräystä suunnitellaan keräyslinjat öljyntorjunnan johtamisjärjestelmällä (EIVA Navipac), käyttäen apuna havainnointijärjestelmän (Miros OSD) antamaa tietoa. Rajavartiolaitoksen Dornier-valvontalentokoneen mahdollisesti kuvaama tieto öljylautasta on myös tärkeä keräyslinjoja suunnitellessa. Näiden lisäksi keräystilanteessa mukana olevat SYKE:n asiantuntijat auttavat keräyksen suunnitteluvaiheessa. Keräystilanteessa voidaan käyttää luvussa 2.3 mainittua Suomessa yleisesti käytettyä ratkaisua. Tässä ratkaisussa kaksi venettä hinaa kahta puomia, joiden välissä on aukko, josta öljy pääsee virtaamaan keräystä suorittavalle alukselle. Veneiden ja laivan linjat ovat valmiiksi suunniteltu ja niillä pyritään ajamaan öljylautan paksummista kohdista parhaimman keräyksen aikaansaamiseksi. [22; 28]

Alle yhden metrin aallokossa levityspuomeilla kerätessä öljynkeräysleveys on noin 44 metriä ja 1-2 metrin aallokossa myrskypuomilla kerätessä vähintään 25 metriä. Öljyn saavuttua harjakeräimille ne erottavat öljyn vedestä lämmitettyyn esikeräystankkiin, josta öljy johdetaan etummaisiiin öljynkeräystankkeihin. Kerätty öljy siirretään hydraulisesti toimivilla pumpuilla etummaisista tankeista muihin tankkeihin sekä tarvittaessa kemikaalitankkiin. Pumpattavan öljyn lämpötilan pitää olla +30 °C parhaan viskositeetin saavuttamiseksi. Tankkien pumppuja hyödynnetään myös kerätyn öljyn tyhjentämiseen tankeista. Tarvittava ilmanpaine otetaan aluksen työilmajärjestelmästä. [32, s. 6, 8]

Aluksen siirtyminen paikasta toiseen tulee olla öljynkeräystilanteessa mahdollisimman nopea. Tämän takia aluksessa on järjestelmä puomien nopeaa nostoa varten. Öljynkeräyslaitteet tulee saada toimintakuntoon ja keräyksen jälkeen purettua siirtymistä varten noin 10 minuutissa. Aluksen miehistö on harjoituksissaan kuitenkin suoriutunut tässä jopa viidessä minuutissa [27]. [32, s. 7]

4.6.2 Talvikeräysjärjestelmä

Jäissä tapahtuvaan keräykseen käytetään perän jääharjoja. Keräystilanteessa alus peruuttaa noin yhden solmun nopeutta avatussa uomassa. Jos öljyä on rikkoutumattoman jään alla, täytyy jää ensin murtaa ja odottaa, että öljy hakeutuu rikotulle alueelle. Öljyä voidaan tarvittaessa puhaltaa pumpuilla kohti rikottua aluetta. Harjat keräävät öljyä, joista se poistetaan laitteisiin kiinteästi asennetuilla lämmitetyillä kammoilla. Poiston jälkeen öljy valuu keräyskaukaloon ja siitä pumpun avulla purkuputkea pitkin keräystankkeihin. Purkuputkeen syötetään höyryä öljyn jämähtämisen estämiseksi. [13; 28; 32, s. 7]



Kuva 17. Öljyntorjunta jääolosuhteissa perän jääharjoilla.

Harjakauhalla voidaan samanaikaisesti suorittaa öljynkeräystä aluksen sivuilla joko kiinteään jään päältä tai rikotun jään seasta. Keräystoiminta vaatii tarkkuutta harjakauhaa operoivalta henkilöltä, ettei kauha rikkoudu kiinteään jähän tai jäälohkareisiin. Sama asia täytyy huomioida myös peräharjojen käytössä. [13]

Öljynkeräyksessä tarvittavaa höyryä varten aluksessa on höyrynkeitin 500 kg/h. Höyryn kehitys on toteutettu kuumaöljyjärjestelmän avulla. Höyryn ulosotot on järjestelty peräkannen molemmille puolille sekä keulaan kiinnitys- ja helikopterikansille. Keräyksessä syntyvää lauhdetta ei palauteta höyrynkiertoon. [28; 32, s. 7]

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Vartiolaiva Turvassa on maailman kärkeä edustava öljyntorjuntalaitteisto joka pystyy itsenäiseen keräykseen ja öljyn leviämisen rajoittamiseen. Järjestelmissä korostuu pyrkimys nopeaan toimintaan ja tarvittaessa alus saadaan öljynkeräysvalmiuteen muutamissa minuuteissa. Lisäksi Turvan ollessa merivartioston operatiivinen alus, se on lähes aina miehitettynä ja nopeasti valmiina vastaamaan erilaisiin tilanteisiin. Toinen tärkeä asia, johon tekniikalla on pyritty, on jokaisen sään ja näkyvyysolosuhteen öljynkeräysoikeus. Laiva on erittäin vaurionkestävä ja myrskypuomin sekä aallonvaimennuskanavan avulla öljyä pystytään keräämään myös isossa aallokossa. Öljynhavainnointilaitteiston avulla pimeys tai sumu ei ole ongelma sensorien pystyessä havaitsemaan meressä kelluvan öljyn pitäen aluksen miehistön ajan tasalla ennen keräystä ja sen aikana. Turva on myös erinomaisesti varustettu johtamaan öljynkeräystehtävää, sen pystyessä jakamaan tilannekuvaa muille keräystä suorittaville aluksille. Näin muut torjuntaa suorittavat alukset hyötyvät Turvan laitteistoista ja pystyvät toimimaan tehokkaammin. Turvan kanssa öljyntorjuntaa suorittaessa muiden aluksien antama hyöty on näin suurempi kuin niiden summa olisi ilman sitä.

Itämeren toimintaympäristöön alus sopii erinomaisesti. Turva pystyy operoimaan Suomen talvisissa ja kylmissä oloissa hyvin, sillä sen 1A Super- jääluokitus on korkein mahdollinen suomalais-ruotsalaisella asteikolla ja sen öljynkeräysjärjestelmissä on kiinnitetty erityistä huomiota kylmän veden kangistaman öljyn keräämiseen. Aluksen perään saadaan erikseen asennettua SYKE:n suunnittelemat jääharjat jäissä tapahtuvaa öljynkeräystä varten. Alukseen vielä hankkimaton harjakauha tuo mukanaan suorituskykyä erityisesti jäissä tapahtuvaan keräämiseen ja se on toimiva järjestelmä myös jäiden päältä keräämiseen. Turva kunnioittaa Itämeren erittäin herkän merialueen statusta käyttämällä pääasiassa LNG-kaasua liikkumiseen ja pitäen nollatoleranssin mereen laskettavissa aineissa.

Turva pystyy operoimaan tarkkojen paikannus ja ohjauslaitteidensa avulla myös erittäin kapeilla väylillä saaristoalueella. Sen leveys öljynkeräyksessä on 44 metriä (myrskypuomin kanssa 25 metriä), joten kokonsa puolesta se pystyy keräämään öljyä lähes koko toiminta-alueellaan. Avomerellä tapahtuvassa öljyntorjuntatilanteessa Turva voi tyhjentää pienempien keräystä suorittavien aluksien keräystankkeja omiinsa, jos matka rannikolla sijaitseviin tyhjennyspaikkoihin veisi liikaa aikaa tehokkaan keräyksen kannalta. Turvan mukanaan kuljettamaa 800 metriä avomeripuomia voidaan käyttää keräyksen apuna nuottauksessa tai sillä

voidaan suojata öljylle herkkiä alueita. Alus voi myös tarpeen tullen hakea maavarastoilta lisäpuomeja ja kuljettaa niitä mukanaan onnettomuusalueelle ja/tai öljyntorjunnan kannalta taktisesti tärkeisiin paikkoihin. Turvan veneitä voidaan hyödyntää näiden puomien levityksessä.

Aluksen suuren paaluedon ansiosta se voi ottaa isojakin ohjailukyvyttömiä aluksia hätähinaukseen ennen kuin ne todennäköisesti ajautuisivat karikolle aiheuttaen mahdollisen öljyonnettomuuden. Valtion aluksissa ainutlaatuinen helikopterikansi mahdollistaa henkilökunnan ja asiantuntijoiden nopean siirtymisen alukselle ja pois operaatioiden aikana, ilman että alus joutuu keskeyttämään tehtäväänsä. Myös erilaisissa tehtävissä avustavat helikopterit ja veneet pystyvät tankkaamaan aluksella pidentäen niiden toiminta-aikaa operaatioalueella. Erilaisissa onnettomuustilanteissa alukselle saapuvan lisähenkilöstön majoitus sujuu ongelmitta laivan pystyessä majoittamaan monikertaisen määrän henkilöstöä kuin mikä on sen miehistön vahvuus.



Kuva 18. Helikopterikansi luo uusia ulottuvuuksia merelliseen toimintaan.

Turva on vielä sisäänajovaiheessa ja sen päästessä tulevaisuudessa erilaisiin harjoituksiin sen operatiivinen suorituskyky paranee varmasti suoraan verrannollisesti jokaisella osa-alueella miehistön kokemuksen ja tietotaidon kehittyessä. Alus on nostanut Rajavartiolaitoksen merellisen suorituskyvyn uudelle tasolle ja se avaa ovia uudentilaisille toimintamahdollisuuksille. Tutkimuksen perusteella ainakin aluksen öljyntorjunnallinen suorituskyky on huippuluokkaa ja jokaisen sään toimintakyky lähes vertaansa vailla.

LÄHTEET

- [1] Aheristo Marko. Komentajakapteeni, päällikkö, VL Turva. Kadetti Samu Halmetniemen tekemä haastattelu 17.3.2015.
- [2] Antonio Gramscin jälkien siivoaminen oli toivotonta työtä. [verkkajulkaisu]. Loviisan sanomat. [viitattu 25.3.2015]. Saatavissa: <http://www.loviisansanomat.net/lue.php?id=241>
- [3] Bulkhead Boom [verkkajulkaisu]. Vikoma International. [viitattu 13.1.2015]. Saatavissa: <http://www.vikoma.com/marine-products/containment-booms/bulkhead-boom>
- [4] Eskola Jari & Suoranta Juha. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 2005. ISBN 9789517680356
- [5] Finnsweep oil recovery system [verkkajulkaisu]. Mobimar Oy. [viitattu 12.1.2015]. Saatavissa: http://www.mobimar.com/oil_recovery_systems-finsweep_system
- [6] HI Sprint [verkkajulkaisu]. Vikoma International. [viitattu 12.1.2015]. Saatavissa: <http://www.vikoma.com/marine-products/containment-booms/hisprint>
- [7] Hietala Meri. Öljyvahinkojen torjunnan kalusto-ohje. Suomen ympäristökeskus, 2011. Luonnos SYKE/MK/YVT/Mhi
- [8] Hietala Meri. Öljyvahinkojen torjuntakalusto. Suomen ympäristökeskus, 2011. Luonnos SYKE/MK/YVT
- [9] Hydrographic surveys [verkkajulkaisu]. EIVA. [viitattu 15.3.2015]. Saatavissa: <http://www.eiva.com/products/eiva-software/navisuite/applications/hydrographic-surveys>
- [10] Hänninen Saara, Sassi Jukka. Acute Oil Spills in Arctic Waters – Oil Combating in Ice. Espoo, 2010. VTT-R-03638-09.

[11] Jolma Kalervo (toim.). Kemikaalivahinkojen torjunta merellä, Kansainvälisen merenkulkujärjestön IMO:n opas osa I: Ongelman määrittely ja torjunnan järjestäminen (suomennos). Iso-Britannia: IMO, 1999. ISBN 92-801-6096-6

[12] Jolma Kalervo. Yli-insinööri, SYKE. Helsinki. Haastattelu 13.3.2015.

[13] Karppinen Marko. Komentajakapteeni, päällikkö, monitoimialus Louhi. Sähköpostikeskustelu.

[14] Keränen Ossi. Öljyvuomiopas; Öljyntorjuntarajoituspuomien määrittely sisävesi ja rannikkoalueilla. Helsinki. Vesi- ja Ympäristöhallitus, 1993. ISBN 951-47-8226-7.

[15] Kymenlaakson ammattikorkeakoulun julkaisuja, SÖKÖ II- manuaali; Alusöljyvahingon riski Suomenlahden pelastustoimialueella, Kotka, Kymenlaakson ammattikorkeakoulu: SYKE, 2011, ISBN 978-952-5963-05-2 (pdf).

[16] Lamor Oil Recovery Bucket (LRB) –öljynkeräyskauha [verkkajulkaisu]. Lamor. [viitattu 13.1.2015]. Saatavissa: <http://www.lamor.com/fi/tuotteet/kerainjarjestelmat-%E2%80%93suuri/oljynkerayskauha-lrb/>

[17] Lampela Kari. Oil Spill Responce In Ice, Report on the State on the Art, 2011

[18] Mobimar suomeksi [verkkajulkaisu]. Mobimar Oy. [viitattu 12.1.2015]. Saatavissa: <http://www.mobimar.com/suomeksi>

[19] Oil Spill Detection System [verkkajulkaisu]. Miros. [viitattu 15.1.2015]. Saatavissa: <http://www.miros.no/products/oil-spill-detection/>

[20] Paljonko on paljon? –öljymäärien havainnollistaminen [verkkajulkaisu]. Ympäristöhallinto. [viitattu 9.1.2015]. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Oljy_ja_kemikaalivahinkojen_torjunta/Onnettomuus seuranta/Paljonko_on_paljon__oljymaarien_havainnollistaminen

[21] Pelastustoimen öljyntorjuntakalusto [verkkajulkaisu]. Ympäristöhallinto. [viitattu 9.1.2015]. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Oljy_ja_kemikaalivahinkojen

_torjunta/Oljy_ja_kemikaalivahinkojen_torjunta_merialueilla/Pelastustoimen_oljyntorjuntakalusto

[22] Puustinen Ville. Kapteeniluutnantti, I-perämies, VL Turva. Sähköpostikeskustelu.

[23] Pålsson Jonas. Oil spill preparedness in the Baltic Sea countries. World Maritime University, 2013.

[24] Rajavartiolaitoksen uusi ulkovartiolaiva [verkkajulkaisu]. Rajavartiolaitos. [viitattu 10.7.2013]. Saatavissa: www.raja.fi/uvl10

[25] Rajavartiolaitos [verkkajulkaisu]. Rajavartiolaitos. [viitattu 19.9.2014] Saatavissa: www.raja.fi/rajavartiolaitos

[26] Rytönen Jorma. Needs for Oil Recovery Technology in the Arctic. SYKE. Esitelmä 11.2.2014 SYKE HQ, Helsinki.

[27] Saarinen Veli. Insinööriyliluutnantti, konepäällikkö, VL Turva, Suomenlahden merivartiosto. Upinniemi. Haastattelu 16.12.2014.

[28] Saarinen Veli. Insinööriyliluutnantti, konepäällikkö, VL Turva, Suomenlahden merivartiosto. Sähköpostikeskustelu.

[29] Siermala Esa. Pohjois-Pohjanmaan ELY-Keskus. Haastattelu 20.3.2015.

[30] Suomenlahden alusöljyvahinkojen hallinta ja vastuut. Valtiontalouden tarkastusviraston tuloksellisuustarkastuskertomus 2/2014. Edita Prima Oy, 2014. ISBN 978-952-499-256-5 (PDF)

[31] SYKE Info: tietoa organisaatiosta ja osaajista [verkkajulkaisu]. Suomen ympäristökeskus. [viitattu 27.7.2013]. Saatavissa: http://www.syke.fi/fi-FI/SYKE_Info

[32] Tekninen erittely P-70175 Ulkovartiolaiva UVL10, Osa 2: Erikoisvarustelu. STX Finland Oy, 2011.

- [33] The new flagship for the Baltic sea oil recovery [verkkojulkaisu]. Mobimar Oy. [viitattu 12.1.2015]. Saatavissa: http://www.mobimar.com/news-the_new_flagship_for_the_baltic_sea_oil_recovery
- [34] The International Tanker Owners Pollution Federation Limited. Technical information papers. United Kingdom, 2011. Saatavissa: <http://www.itopf.com/information/services/publications/documents/ITOPFTIPS.pdf>
- [35] Today in energy: Oil tanker sizes range from general purpose to ultra-large crude carriers on AFRA scale [verkkojulkaisu]. U.S. Energy Information Administration [viitattu 3.1.2015]. Saatavissa: <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=17991>
- [36] Toiminta isoissa alusöljyvahingoissa: torjunnan järjestäminen, johtaminen ja viestintä. Suomen ympäristökeskus, 2011. Raportti. Edita Prima Oy.
- [37] Uuden monitoimivartiolaivan operatiiviset suorituskykyvaatimukset. Rajavartiolaitoksen esikunta. Työryhmäraportti 640/52/2009. Turvaluokiteltu III, JulkL (621/1999) 24.1 §:n 5 k.
- [38] UVL-10 Aluksen toiminnallinen suorituskyky. Rajavartiolaitos. Käsiohje.
- [39] Vainio Jouni. Jääolot. Helsinki. Ilmatieteenlaitos. Luentomateriaali. Fysikaalinen meri-tiede opintojakso.
- [40] Valtion öljyntorjunta-alukset [verkkojulkaisu]. Ympäristöhallinto. [viitattu 29.7.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=111988>
- [41] Vieriö Toivo. Öljyvahinkojen torjunta II, Lohja: Painorasteri Oy, 1991. ISBN: 951-9219-49-8.
- [42] Vikoma [verkkojulkaisu]. Vikoma International. [viitattu 12.1.2015]. Saatavissa: <http://www.vikoma.com/about-vikoma>
- [43] Weedo 910 Tug [verkkojulkaisu]. Maritime Partner. [viitattu 13.1.2015]. Saatavissa: <http://www.maritime-partner.com/segments/boats/weedo-910-tug>

- [44] Westerholm Henrik. WWF:n öljyntorjuntakoulutus: Öljyt ja niiden käyttäytyminen messissä. Fortum, 2003. Tiivistelmä.
- [45] Ympäristöministeriön raportteja 26/2011, Toiminta isoissa alusöljyvahingoissa, Helsinki: Edita Prima Oy, 2011. 124 s. ISBN 978-952-11-3922-2 (PDF).
- [46] Öljy- ja kemikaalivahingot [verkkojulkaisu]. Ympäristöministeriö. [viitattu 3.1.2015]. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ymparisto/Oljy_ja_kemikaalivahingot
- [47] Öljy- ja kemikaalivahinkojen torjunta Suomessa. Suomen ympäristökeskus.
- [48] Öljyntorjuntakauha [verkkojulkaisu]. Ympäristöhallinto. [viitattu 13.1.2015]. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Meri/Oljy_ja_kemikaalivahinkojen_torjunta/Oljy_ja_kemikaalivahinkojen_torjunta_merialueilla/Oljyntorjuntatekniikka/Oljyntorjuntakauha
- [49] Öljyntorjunta-alus [verkkojulkaisu]. Wikipedia. [viitattu 27.7.2013]. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/%C3%96ljyntorjunta-alus>
- [50] Öljyntorjuntatekniikka [verkkojulkaisu]. Ympäristöhallinto. [viitattu 9.1.2015]. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Meri/Oljy_ja_kemikaalivahinkojen_torjunta/Oljy_ja_kemikaalivahinkojen_torjunta_merialueilla/Oljyntorjuntatekniikka

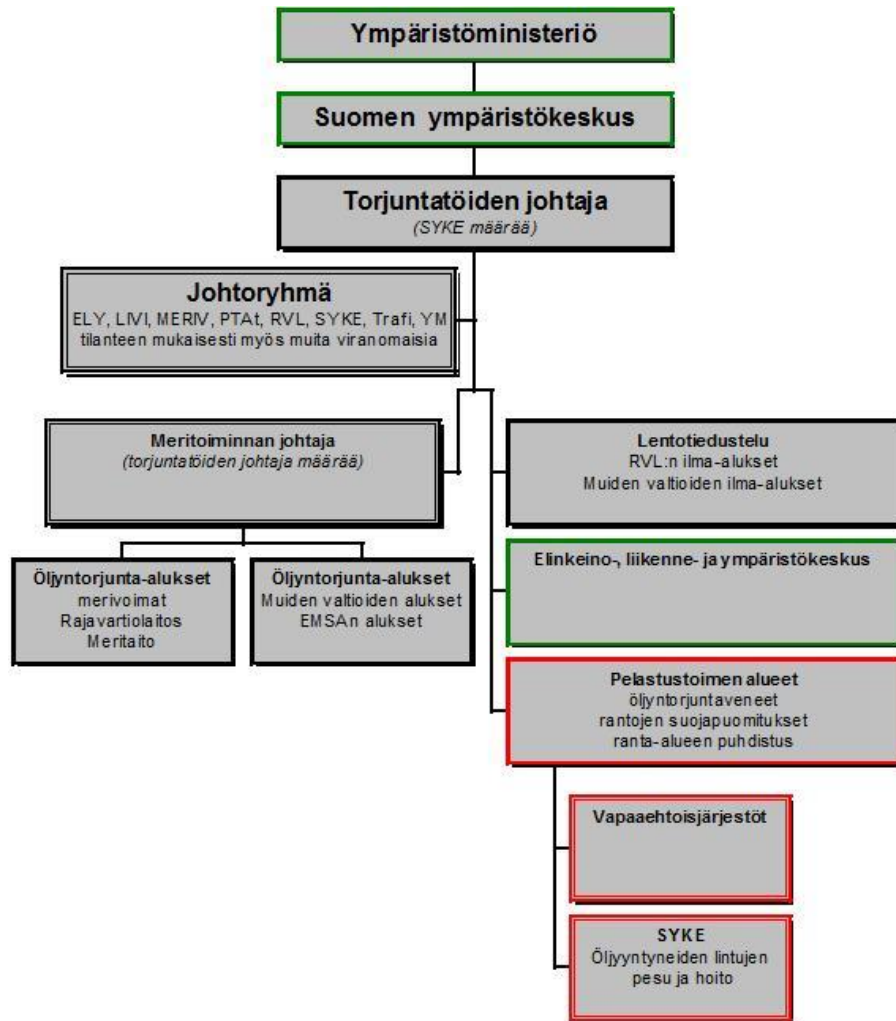
LIITTEET

LIITE 1. Öljyntorjunnan organisaatio Suomessa

LIITE 2. Suomessa yleisesti käytetty nuottaustekniikka

LIITE 3. FinnSweep®-järjestelmän toiminta

LIITE 4. Monitoimialus Louhen jääharjat



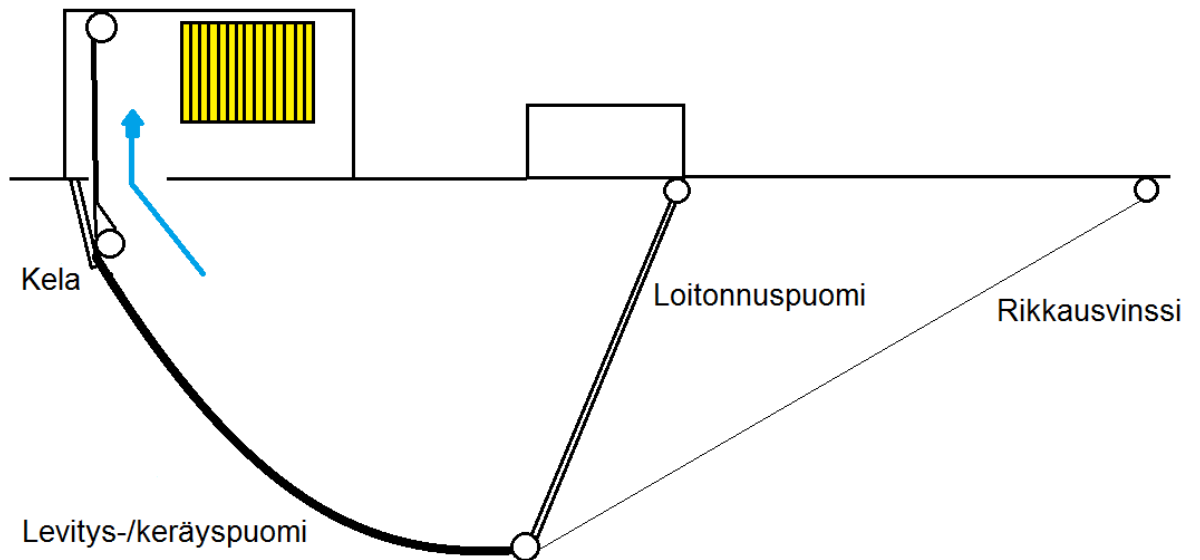
Öljyntorjunnan organisaatio Suomessa [50]



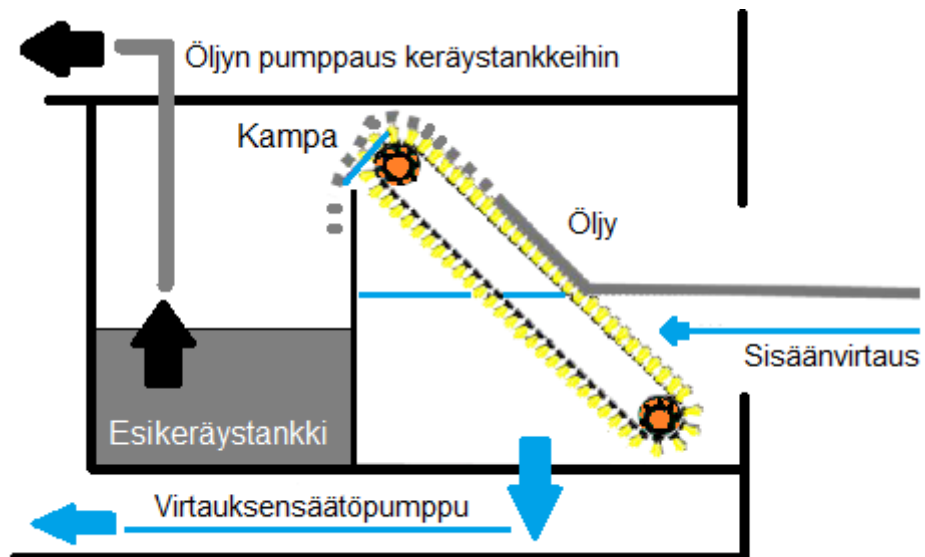
Suomessa yleisesti käytetty nuottaustekniikka; Kaksi partiovenettä nuottaamassa ja keräävänä aluksena vartiolaiva Uisko Länsi-Suomen merivartiostosta [28]



Jatkoskohdan aukko puomien välissä [28]



Levitys- ja loitonnuspuomi öljynkeräysvalmiudessa



FinnSweep®-harjakeräimen toiminta



Monitoimialus Louhen jääharjat [12]

Tekniset tiedot:

Harjaosan leveys	4,1 m
Harjaosan halkaisija	1,9 m
Paino	10 ton
Puomin pituus	6 m
Teoreettinen keräyskapasiteetti	20 m ³ /h

[13]