



Taustaselvitys

alusöljyvahingon talvitorjunnasta

pelastustoimen vastuualueella



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa
EU:lta
2007–2013

sökö



KYAMK
University of Applied Sciences

Taustaselvitys
alusöljyvahingon
talvitorjunnasta
pelastustoimen vastuualueella

Kotka 2014

Kymenlaakson ammattikorkeakoulun julkaisuja.

Sarja A. Nro 55



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa
EU:lta
2007-2013



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus



KYAMK
University of Applied Sciences

TalviSÖKÖ A32372

Kustantaja: Kymenlaakson ammattikorkeakoulu 2014

Kirjoittaja: Justiina Halonen

Graafinen suunnittelu ja taitto: Katri Eerikäinen

ISBN (PDF): 978-952-306-067-8

ISSN-L: 1239-9086

Abstract

Regional Fire and Rescue Services are responsible for nearshore oil spill response and oil recovery operations. In order to improve their cold weather oil spill response capability, four Rescue Services on the coast of Gulf of Finland i.e. Kymenlaakso, Eastern-Uusimaa, City of Helsinki and Western Uusimaa Rescue Services initiated a joint project. Objective is to increase preparedness for oil spill incidents in ice-infested nearshore waters and on snow-covered shorelines. This project called TalviSÖKÖ or WinterSOKO (A32372) is coordinated by Kymenlaakso University of Applied Sciences and funded by European Regional Development Fund ERDF.

As part of the WinterSOKO project, this study compiles information on cold weather oil spill response options applicable in cold conditions. The main sources of information were the arctic response guides together with the studies conducted in the northern countries complemented with interviews of experts in the field. The study provides an overview of the existing state-of-technology for mechanical recovery used in the operating environment of the Rescue Services. Also, typical oil spill scenarios, cold weather response strategies and tactics and spill response logistic support are presented. The study also describes behaviour of oil at low temperatures and the safety considerations related to the containment and handling of collected oil. Oil spill response is an inherently hazardous operation due to flammable, toxic and carcinogenic features of the oil. Responding to spills in environments with freezing temperatures causing icing of vessels, malfunctioning of equipment and ice loads placed on equipment and booms imposes additional hazards.

Cold conditions may either hinder or facilitate the response operation. Shorefast ice might protect the shoreline from oiling and snow is a good absorbent. Also ice sheet may be utilized as a working platform and ice might act as a natural containment boom preventing oil from spreading. However, ice affects the behavior of spilled oil and complicates spill tracking, containment and recovery operations. Ice,

snow and freezing temperatures also cause logistical constraints and affect the safe operation of response vessels as well as the positioning of equipment and transferring and storing of oily wastes. The existing response capacity is partly dependent on the incident location because of the restricted ice-going capability of the vessels of the Rescue Services.

The cold weather response requires a holistic management of multiple response strategies with variable conditions at the spill site. The mechanical recovery is considered to be a primary response method. Recovery technics based on oleophilic brushes such as the oil recovery buckets and crane operated brush skimmers seem to have the highest performance in cold conditions. Due to the sensitive ecology of the Baltic Sea, oil recovery methods such as in-situ burning, use of dispersants or sinking agents are not recommended.

The ability to respond to oil spills at low temperatures and in seasonally ice-covered waters has been a subject of several programs and research projects. In recent years, Finnish enterprises and the Finnish Environmental Institute have contributed significantly to the development of at-sea cold weather response capacity. The advancing technology in recovery systems suitable for smaller vessels operating in the nearshore shallows enables also the Rescue Services to extend their operational response capability. The aim is to further improve cold weather spill response competence through training.

Sisällys

1.	Johdanto	9
1.1	Tausta	9
1.2	Määritelmät	9
2.	Öljyntorjunta talviolosuhteissa	10
3.	Öljyn ominaisuudet ja käyttäytyminen	16
3.1	Öljyn säästytminen.....	17
3.2	Öljyn käyttäytyminen jääolosuhteissa	19
3.3	Öljy lumessa	21
3.4	Öljyn liikkuminen ja leviäminen	23
3.5	Rantautuva öljy	24
4.	Öljypäästön havainnointi, tiedustelu ja mallintaminen	25
4.1	Havainnointimenetelmät ja -laitteet	25
4.2	Kulkeutumisen nusteet ja ajelehtimismallit	28
5.	Jäätälvi Suomenlahdella	29
6.	Talvitorjunnan suunnittelu torjuntaskenaarioiden kautta	31
6.1	Torjunta avovedessä	31
6.2	Torjunta siirtymävaiheiden (jäätymisen ja sulamisen) aikana	33
6.3	Torjunta kiintojäävaiheessa	36
6.4	Torjunta joissa, jokisuistoissa ja salmissa	40
7.	Talviset torjuntamenetelmät	43
7.1	Leviämisen estäminen ja suuntaaminen	44
7.2	Keräilyaltaat ja railottaminen jään läpi	51
7.3	Ojittaminen jään päällä	57
7.4	Tulvapenkereet ja vallit	57
7.5	Kemikaalien käyttö	60
7.6	In-situ poltto vedessä	61
8.	Keräysmenetelmät	64
8.1	Harjakauha ja harjakeräimet	64

8.2	Skimmeröinti	66
8.3	Alipainetekniikat ja pumppaus	72
8.4	Imeyttäminen	75
8.5	Jäälohkareiden puhdistaminen	77
8.6	Kahmarit ja ruoppauskauhat	78
9.	Rantatorjunta talviolosuhteissa	79
9.1	Rannan suojaaminen	79
9.2	Rantapuhdistus jäätyneillä ja lumipeitteisillä rannoilla	79
9.2.1	Luonnollinen puhdistuminen	82
9.2.2	Pesumenetelmät	82
9.2.3	Mekaaniset menetelmät.....	85
9.2.4	Bioremedaatio eli bakteerien tai ravinteiden käyttö	88
10.	Logistiikan järjestäminen.....	88
10.1	Alusten operointikyky ja käytettävyys talvitorjuntaan	91
10.2	Jätteiden hyödyntäminen	93
11.	Työturvallisuus talviolosuhteissa	94
11.1	Turvallisuussuunnitelma	96
11.2	Suojautuminen	97
12.	Tutkimusasetelma ja aineiston analysointi.....	97
13.	Lähteet	100

1 Johdanto

1.1 Tausta

Tämän selvityksen taustalla on tarve koota yhteen olemassa olevaa tietoa kylmissä ja jäisissä olosuhteissa tapahtuvasta öljyvahingon torjunnasta. Materiaali koostuu aikaisemmista talvitorjunnasta tehdystä selvityksistä ja artikkeleista sekä näitä täydentävistä asiantuntijahaastatteluista. Selvityksen tutkimukselliset lähtökohdat on esitetty luvussa 12.

Julkaisu on tehty osana TalviSÖKÖ-hanketta (Alusöljyvahingon rantatorjunta talviolosuhteissa A32372, 2013–2014, 50 000 €). Hankkeessa ovat mukana Kymenlaakson pelastuslaitos, Itä-Uudenmaan pelastuslaitos, Helsingin kaupungin pelastuslaitos ja Länsi-Uudenmaan pelastuslaitos sekä Kaakkois-Suomen ja Uudenmaan ELY-keskukset. Hanketta koordinoi Kymenlaakson ammattikorkeakoulu (Kyamk) ja sitä rahoittavat Euroopan aluekehitysrahasto EAKR (Päijät-Hämeen liitto), Kyamk sekä edellä mainitut pelastuslaitokset. Hanke perustettiin esiselvitykseksi kartoittamaan torjuntatyön mahdollisuuksia talvissa olosuhteissa ja selvityksen tuloksia tullaan hyödyntämään tulevissa hankkeissa.

Pelastuslaitosten vastuualueelle kuuluvaa kylmän ajan öljyntorjuntaa ei ole aikaisemmin Suomessa selvitetty. Talviolosuhteiden varalle laadittua öljyntorjuntasuunnitelmaa ei ole, eikä lainsäädäntö sitä myöskään edellytä. Suomi poikkeaa tässä esimerkiksi Yhdysvalloista, joissa kylmien olosuhteiden huomioiminen kuuluu osana perustorjuntavalmiuteen. Oil Pollution Act 1990 (OPA) edellyttää torjuntasuunnitelmaa todennäköisten vahinkotapausten lisäksi myös kaikkein pahimman skenaarion varalle. Pahin mahdollinen skenario määritellään suurimmaksi ennustettavissa olevaksi öljypäästökseksi kaikkein epäsuotuisimmassa sääolosuhteissa (OPA 2735 §), joiksi katsotaan juuri kylmät olosuhteet (Oskins & Bradley 2005, 1).

Talvisen öljyntorjuntaohjeistuksen laatimista pelastuslaitosten toimintaympäristöön hankaloittaa omien kokemustemme vähäisyys, mutta myös erilainen suh-

tautumistapamme ensisijaisiin torjuntamenetelmiin. Suurimmassa osassa muuta maailmaa suositetaan öljyn polttamista tai dispersoimista. Nämä ovat Itämeren olosuhteissa poissuljettavia tai ainakin erittäin harkitusti käyttöön otettavia menetelmiä. Tästä näkemyselämyserosta johtuen lähteenä hyödynnettävän materiaalin määrä on melko rajallinen. Myöskään kaikki arktisilla alueilla hyödynnettävät toimintatavat eivät ole suoraan siirrettävissä Suomenlahden talviolosuhteisiin. Mainituista rajoitteista huolimatta, tähän selvitykseen kootun aineiston laajuus palvelee sille asetettua tavoitetta. Toimintaympäristön kuvaaminen, käyttökelpoisten torjuntamenetelmien kartoittaminen ja toimintarajoitteiden tunnistaminen luovat pohjaa tulevalle kehitystyölle, jossa öljyntorjunnan kylmäosaaminen integroidaan osaksi operatiivista torjuntakykyä käytännön harjoitustoiminnan kautta.

Talvisissa olosuhteissa hyödynnettävien öljyntorjuntatekniikoiden ja öljyn havainnointimenetelmien kehitys etenee nopeasti. Viime vuosina sekä Suomen ympäristökeskus että alan yritykset ovat kehittäneet menetelmiä, joilla voidaan kerätä öljyä jäiden joukosta avovesiolosuhteita vastaavilla hyötysuhteilla (Jolma 2014). Lisäksi uutta tekniikkaa on kehitteillä öljyn keräämiseksi jääkannen alla (Muhonen 2014). Myös pelastustoimen toimintaympäristöön ja aluskokoluokkaan soveltuvia talvitoimintakykyisiä keräysjärjestelmiä on saatavilla. Talvitorjuntatekniikoiden nykykehityksen myötä mahdollisuudet kaluston päivittämiseen ovat kasvaneet. Osa pelastuslaitoksista on lisäksi panostanut jäissä etenevien potkurikäyttöisten alusten hankintaan. Talvitoimintakykyisten alusten käyttöönotto sekä torjuntatekniikoiden nykykehitys luovat tarvetta tämän selvityksen päivittämiselle jo aivan lähitulevaisuudessa.

1.2 Määritelmät

Tässä selvityksessä tarkastellaan **pelastustoimen vastuualueelle kuuluvaa öljyntorjuntaa**. Pelastustoimi vastaa alusöljyvahinkojen torjunnasta alueellaan rantavyöhykkeeltä ulkosaaristoon asti.

Öljyntorjunnalla tarkoitetaan öljyn leviämisen estämistä, ohjaamista, öljyn keräämistä veden pinnalta sekä rantaviivan suojaamista. Rantatorjuntaan kuuluu lisäksi karkeapuhdistus eli irtonaisen öljyn kerääminen ja sen hallittu kuljettaminen siten, ettei uudelleenöljyyntymisen vaaraa enää ole. Viitattaessa yleisesti **pelastuslaitoksiin**, tarkoitetaan tähän selvitukseen osallistuneita pelastuslaitoksia.

Talviolosuhteilla tarkoitetaan tässä yhteydessä niitä olosuhteita, joissa torjuntatyön luonne merkittävästi muuttuu alhaisen lämpötilan, jään, lumen tai maaperän jäätyminen takia. Talviolosuhteiden tarkkaa määrittelyä torjuntatyön näkökulmasta vaikeuttaa talviemme erilaisuus. Esimerkiksi lämpötilat ja jääkannen tai lumipeitteen muodostumisen ajankohta

voivat vaihdella huomattavasti. Termisen talven aikana vuorokauden keskilämpötila pysyttelee nollan alapuolella (Ilmatieteenlaitos 2013b). Torjuntatyön luonne kuitenkin muuttuu jo lämpötilan laskiessa muutamaan lämpöasteeseen. Siksi tässä katsauksessa talviolosuhteilla tarkoitetaan yleisesti sellaisia olosuhteita, joissa torjuntatoimet poikkeavat normaalikäytännöistä toimintaympäristön ja vahinkoöljyn ominaisuuksien muuttuessa.

Jääpeittävyydellä tarkoitetaan jään pinta-alan osuutta vesialueen pinta-alasta. Jääpeittävyys voidaan ilmaista prosentteina tai kymmenesosina. Avovesiaikaa kuvataan joko merkinnällä 0 % tai 0/10 ja yhtenäistä jäätä joko 100 % tai 10/10. Tässä julkaisussa käytetään merkitsemistapana prosentteja.

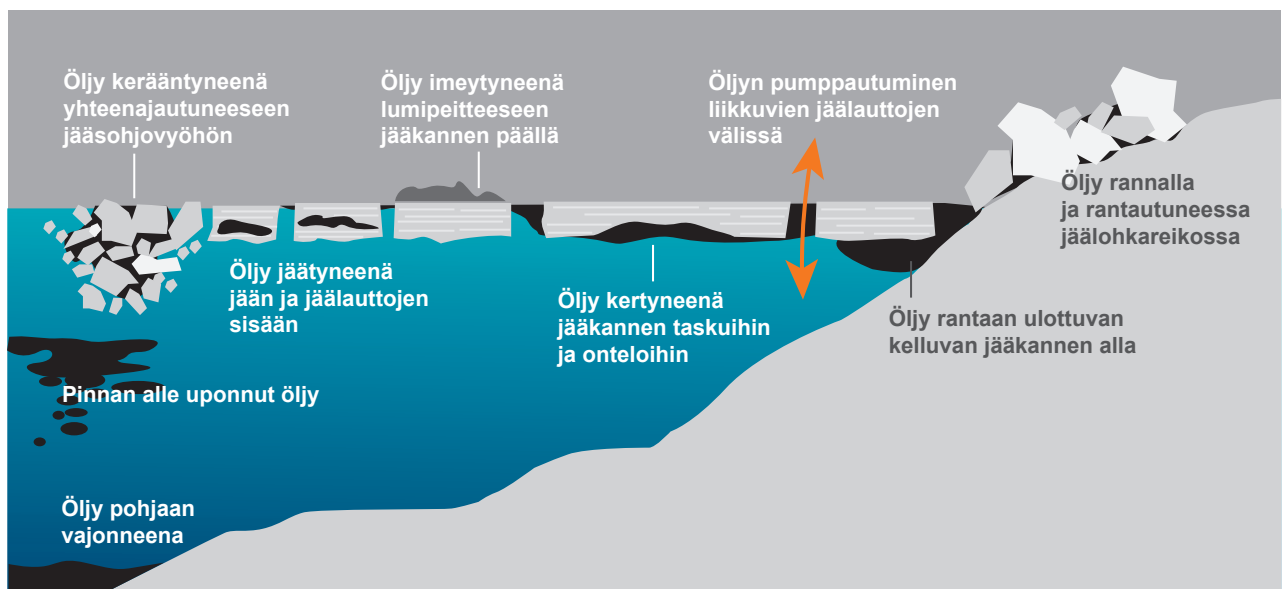
2 Öljyntorjunta talviolosuhteissa

Talviseen öljyntorjuntaan ei voida osoittaa vain yhtä toimintastrategiaa vaan yleensä vaaditaan useamman tekniikan samanaikaista käyttöä. Olosuhteet saattavat vaihdella yhden operaation aikana pakkasesta lämpöasteisiin ja takaisin, jolloin myös torjuntataktiikkaa tai vahinkojätesuunnitelmaa saatetaan joutua muuttamaan. Osassa vahinkoaluetta saatetaan toimia kiintojääolosuhteissa ja osassa miltei avovesiolosuhteissa. Operaation menestymiseen vaikuttavat kyky ennakoita öljyn käyttäytymistä sekä kyky arvioida eri jää- ja sääolosuhteiden vaikutus torjuntataktiikkaan ja logistiikkaan.

Talvinen öljyvahinko on perustavanlaatuisesti erilainen johtuen öljyn käyttäytymisen eroavaisuuksista jäissä verrattuna avovesiolosuhteisiin. Tämän eron ymmärtäminen on kriittinen tekijä talvitorjunnan strategisessa suunnittelussa. (IMO 2014, 4.) Öljyn todennukaisen käyttäytymisen ennakointi on haastavaa, sillä olemassa olevat öljy/jää-käyttäytymismallit koskevat paljolti arktisia jäitä. Lisäksi talvitorjuntaa monimutkaistaa se, että jäätä voi olla monentyppistä ja -paksuista ja se, että öljy saattaa kulkeutua jään alle, kapseloitua jään sisään tai nousta jään päälle.

Talvitorjuntaan tuovat haastetta muun muassa jääpeite, lumi, alhaiset lämpötilat ja logistiset rajoitteet (IMO 2014, 4; Forsman 2012, 9; Singaas & Lewis 2011, 47; Lampela 2011, 5; MSB et al. 2010, 77; Exxon Mobil 2008, 15-2; Oskins & Bradley 2005, 1; Owens & Robilliard 1981, 2). Vahinkopaikalla voi muodostua ongelmaksi vuotaneen öljyn paikallistaminen (Lampela 2011, 21; Oskins & Bradley 2005, 2) ja vahingon laajuuden määrittäminen, rajoittaminen ja öljyn tehokas kerääminen (Oskins & Bradley 2005, 2).

Lisäksi haastetta tuo kylmyyden aiheuttamat muutokset öljyssä itsessään. Esimerkiksi öljyn viskositeetin muuttuminen kylmässä tekee osan öljyistä mahdottomaksi kerätä kevyimmille öljyalaudille tarkoitetuilla tekniikoilla. (Lampela 2011, 5; Oskins & Bradley 2005, 1.) Kylmyys myös luonnollisesti vaikuttaa käytettäviin laitteisiin ja suojavarusteisiin. Öljyn keräys-, siirto- ja välivarastointiyksiköissä tulisi olla lämmitysmahdollisuus. Lisäksi puomien ja keräyskaluston tulee kestää ajalehtivien jäälauttojen aiheuttamaa kuormitusta.



Kuva 1. Ölly kerääntyy ja liikkuu jääkentässä, jään alla ja jään päällä monin eri tavoin (Forsman 2008, 33).

Talviolosuhteet toimivat sekä torjunnan eduksi että haitaksi (Forsman 2012, 9; Lampela 2011, 3 ja 5; Singaas & Lewis 2011, 47; Oskins & Bradley 2005, 1). Öljyn säistyminen hidastuu jään ja jäälaattojen vaihentaessa aaltoilua. Jää saattaa toimia öljyvuomina estäen öljyä leviämistä (Lampela 2011, 3 ja 5; MSB et al. 2010, 77; Exxon Mobil 2008, 15-3; EPPR 1998, 4-8; Allen & Nelson 1981, 1). Dynaaminen jääkenttä yleensä hankaloittaa öljyn rajoittamista ja keräämistä, kun taas vakaa kiintojää helpottaa (MSB et al. 2010, 77; EPPR 1998, 4-8). Kiintojää saattaa myös suojata rantaviivaa likaantumiselta. Aina se ei sitä tee, sillä öljy voi vajotessaan liikkua myös jääkannen alle, eikä sen etenemistä ole helppo havaita. Rannassa öljy ei kuitenkaan pääse tunkeutumaan jäätyneeseen rantamateriaaliin. (Exxon Mobil 2008, 15-4.) Näistä syistä torjuntaan näyttäisi talvioloissa olevan käytettävissä enemmän aikaa kuin muina vuodenaikoina (IMO 2014, 3; Lampela 2011, 3 ja 5; Singaas & Lewis 2011, 47). Lisäksi säistymisen hidastuminen rauhallisemmassa aallokossa ja kylmässä hillitsee jätemäärän kasvamista, sillä emulgoituneessa öljymassassa saattaa enimmillään olla 60 %:a vettä (SÖKÖ II, vihko 8, 11).

Talviolosuhteet voivat helpottaa myös liikkumista vahinkoalueella. Osa saarikohteista saattaa olla paremmin saavutettavissa jääteitä pitkin ja riittävän

kantava kiintojää voi toimia myös työskentelyalustana. Lisäksi rannan kantavuus kasvaa maan jäätyessä. Kasvillisuuden tallomista ja raskaiden koneiden käyttöä tulee normaalisti välttää, sillä se lisää öljyn sekoittumista syvemmälle maaperään. Maan ollessa jäässä tämä ongelma vähenee. Lumi suojaa kasvillisuutta ja on myös hyvä imeytysaine. Talvisin ympäristö on vähemmän altis ja herkkä öljyvahingon vaikutuksille (Forsman 2012, 9; MSB et al. 2010, 77).

Ääriolosuhteet, kuten kova merenkäynti, lumimyrsky, ankara pakkanen, jäätäminen, pimeys ja liikkuvat jäät saattavat estää torjuntatoimet tai siirtää niiden aloittamista (DeCola et al. 2006, 53; Ekholm 2014b; EPPR 1998, 4-8; Jolma 2014; Kilpeläinen 2014c; Ritari 2014b, Vainio 2014b). Myös kova tuuli rajoittaa keräystoimintaa, sillä se voi estää kansityöskentelyn (Ekholm 2014b) ja johtaa jään kertymiseen aluksen rakenteisiin. Verrattaessa merellisen operaation realistisia menestymisen mahdollisuuksia siitä torjujille tai kalustolle aiheutuviin riskeihin, voi lopputuloksena olla päätös odottaa suotuisampia olosuhteita. (EPPR 1998, 4-8; Dickins 2005 ja Oskins & Bradley 2005, DeCola et al. 2006, 7 mukaan).

Olosuhteita tai ajankohtaa, jolloin torjuntatoimet ovat tehoittomia tai jolloin niiden yrittäminen on liian riskialtista kuvataan termillä response gap. Response

gap voidaan määritellä myös siksi alueeksi, joka jää korkeimman toimintakyvyn ja pahimman mahdollisen vahinkotilanteen suorituskykyvaatimusten väliin.

Response gap voidaan arvioida merenkäynnille, jääpeittävyydelle, tuulen voimakkuudelle, näkyvyydelle tai pakkasasteille asetettujen raja-arvojen perusteella (DeCola et al. 2006, 58). Esimerkiksi merkitsevän aallonkorkeuden ylittäessä 1,5 metriä, rajoittaminen ei ole mahdollista pelastuslaitosten nykyisellä kalustolla henkilöstöä vaarantamatta. Myös pimeän vuorokaudenajan toimintakyky puuttuu. (SRÖTVA 2008, 15 ja 28.)

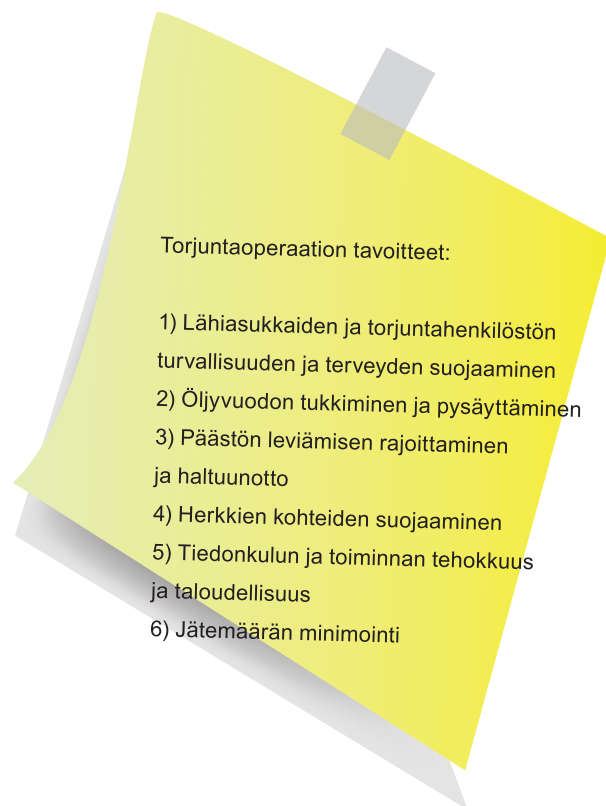
Yleisesti talvisen öljyntorjunnan response gap arvioidaan sijoittuvan ajalle, jolloin jääpeittävyys on 30 %:n ja 60 %:n välillä. Tämä on koettu haastavimmaksi toimintaympäristöksi mekaanisille torjuntamenetelmille, koska puomitus hankaloituu, mutta jäät eivät vielä itsessään rajoita öljyn leviämistä. Osa pitää jo 10 %:n jääpeittävyyttä torjuntaedellytyksiä merkittävästi heikentävänä tekijänä. Suomenlahdella myös kiintojää saattaa rajoittaa pelastustoimen toimintaedellytyksiä. Pelastuslaitosten torjuntakalusto sijaitsee pääosin rannalla kiintojäävyöhykkeen takana ja käytössä olevien alusten jäissäkulkukyky on rajallista. Alusluokilta D, F, H ja I vaaditaan etenemiskykyä ohuessa 5–10 cm:n jäässä (Pajala 2011, 16), mutta ulkosaaristoon ulottuva kiintojää on tyyppillisesti noin 20–30 cm:ä paksua. Tämän vahvuinen jää ei kuitenkaan kannata raskaita ajoneuvoja eikä siten kalustosiirtoja voida tehdä jäitä myöten. (Vainio 2014a.) Pelastuslaitosten arvion mukaan, tarkasteltaessa pelastustoimen koko torjuntavastuualueutta ja nykyistä kalustoa, riittävät toimintaedellytykset näyttäisivät vallitsevan yhdeksän kuukautta vuodessa, jolloin response gap olisi kolme kuukautta (Ekholm 2014a; Kilpeläinen 2014b; Rasijeff 2014a; Saarinen 2014b). Näiden kolmen kuukauden aikana valtion torjunta-alusten merkitys ulkosaaristossa korostuu. Toimintavalmiuteen on odotettavissa muutosta niillä pelastustoimialueilla, jotka ovat panostaneet jäissä etenevien potkurialusten hankintaan.

Torjuntastrategian käyttökelpoisuuden määrittelee sen soveltuvuus kyseiseen kohteeseen, olosuhteisiin

ja öljytyyppiin sekä toiminnan kustannustehokkuus (Helland et al. 1997, 2). Näiden kriteereiden edelle nousee kuitenkin toimenpiteiden turvallisuus.

Torjujien turvallisuutta ja toimintakykyä heikentävät erityisesti haasteellinen työympäristö ja vahinkoaine. Sen lisäksi että rikkipitoisen raakaöljyn tai muiden helposti haihtuvien öljyjen vuodoissa voivat haihtuvat höyryt muodostaa ilman kanssa syttyvän tai räjähdysherkän seoksen (Romberg et al. 2005, 2-3; EPPR 1998, 4-8), ovat öljystä haihtuvat yhdisteet myös terveydelle haitallisia ja syöpäsairauden varaa aiheuttavia (ACS 2012, 12; Exxon Mobil 2008, 2-6; Hazel & Rancilio 1997, 5; Kivikari & Romo-Nyrhinen 2009, 16). Myös jään kantavuus saattaa toisinaan olla riskitekijä. On hyvä käyttää asiantuntijaa arvioimaan kantaako jää torjujien ja torjuntakaluston painon (EPPR 1998, 4-8). Useimmiten kalusteiden ja torjujien sijoittaminen ja operoiminen rannalta käsin on turvallisempaa ja käytännöllisempää. Se myös vähentää aluskuljetusten tarvetta (EPPR 1998, 4-23). Työturvallisuudesta on lisää luvussa 11.

Kuva 2. Puitteet, joissa torjunnanjohto asettaa torjuntatehtävälle sen operatiiviset tavoitteet ja priorisoi toimenpiteet käytettävissä olevat resurssit ja torjuntamenetelmien käyttökelpoisuus huomioiden. (IMO 2014, 168 mukailen).



Kylmissä olosuhteissa on myös huomioitava (Singsaas & Lewis 2011, 92; Oskins & Bradley 2005, 2; EPPR 1998, 2-9, 3-41 ja 3-42, Tolonen 2014b, Kilpeläinen 2014c):

- kaluston huonontunut toimintavarmuus (akkujen ja moottoreiden toimintakyky, pakkasen haurastuttamat osat, nesteiden, voiteluöljyjen ja polttoaineiden pakkasenkestävyys) ja lisääntynyt polttoaineen tarve,
- vähentynyt keräystehokkuus, skimmereiden, putkistojen ja pumppujen tukkeutuminen jäästä ja jääsohjosta,
- kerätyn jätteen käsittely, siirtopumppaukset ja -kuljetukset sekä välivarastointi pakkasessa,
- jäätämisen vaikutus alusten turvallisuuteen sekä puomi- ja keräyskalustoon, sekä

- puomien repeytyminen ja siirtyminen pois paikoltaan jäiden liikkeessa.

Kovilla pakkasilla laitteet ja koneet voidaan joutua pitämään käynnissä keskeytyksettä. Tämä on huomioitava polttoaineen tarpeessa ja jakelussa. Samoin varaosia saattaa kulua normaalia enemmän. Mekaaniset laitteet toimivat tehottomammin ja kondensaatio- ja jäätymisongelmia saattaa esiintyä. (EPPR 1998, 3-41.)

Aikaviiveitä on odotettavissa muun muassa vahinkopaikan saavutettavuudessa ja keräyslaitteistojen toimintakuntoon saattamisessa. Lisäksi telakoitujen alusten lähtövalmius tuo oman lisänsä toimintavalmiusaikaan.

Taulukko 1. Kooste talven eduista ja haitoista.

	Etua	Haitta
Jää	Jää vaimentaa aaltoilua, jolloin veden sekoittumisen aiheuttamat haitat, kuten dispersoituminen ja emulgoituminen vähenevät. Jään alla haihtuminen hidastuu ja öljy säilyy tuoreempaan.	Öljyn vaaraominaisuudet säilyvät pidempään.
	Öljyn säästymisen ja leviämisen hidastuessa torjuntaan on hieman enemmän aikaa.	
	Jää vaimentaa aaltoilua, merenkäynnin aiheuttamat haitat veneoperointiin, kuten keinunta ja jäätävät pärskeet, vähenevät.	Vahinkopaikan saavutettavuus aluksilla vaikeutuu, sillä alusten operointikyky jäissä on rajoitettua. Pelastustoimella on muutamia jäävahvistettuja aluksia, jotka on suunniteltu kulkemaan maksimissaan 10 cm:n jäässä. Jäävahvuuden ollessa enemmän, tukeudutaan muiden viranomaisten aluksiin, jääkulkuneuvoihin tai ostopalveluihin.
	Jääkansi toimii hyvänä työskentelyalustana ja saattaa suojata rantaviivaa öljyntyimiseltä.	Öljy kulkeutuu jään alla. Leviämisen seuraaminen on vaikeaa ja edellyttää menetelmiä öljyn havaitsemiseksi ja kulkeutumisen ennustamiseksi jääkannen alla sekä erilaisia jääntyöstötekniikoita öljyn esille saamiseksi.
	Jään reuna sekä jäälautat saattavat toimia luonnollisina puomeina. Öljy säilyy paksuna kerroksena, jolloin kerääminen on tehokkaampaa.	Puomien käyttö liikkuvassa jääkentässä on hankalaa tai mahdotonta.
	Jää, sohjo ja jääkannen alapinnan epätasaisuus rajoittavat öljyn leviämistä.	Muutokset jää- ja sohjokentässä saa öljyn liikkeelle esimerkiksi silloin, kun torjunta-alus pyrkii lähemmäksi öljylauttaa.
		Keräyslaitteiden, kuten skimmerien, teho heikkenee, sillä öljy ei pääse virtaamaan vapaasti keräimeen jäiden rajoittaessa öljyn liikkeitä.

	Etu	Haitta
Jää		Keräyslaitteiden asemointi jäiden sekaan on haasteellista.
		Ohjattaessa jäitä keräyslaitteiden ohi saattaa samalla osa öljystä ohjautua sivuun.
		Öljyä kerättäessä mukaan tulee jäätä. Jääsohjo tukkii keräyslaitteet, pumpput, letkut ja liittimet. Pakkasessa öljyvesi-jää-seoksen siirtopumppaus, käsittely ja varastointi aiheuttavat ongelmia jos lämmitystä ei ole saatavilla.
	Jotkut sisäsaariston kohteet saattavat olla paremmin saavutettavissa jääteitä pitkin. Työmaat voidaan varustaa valmiiksi kevään puhdistustöitä varten.	Jään kantavuus ulkosaaristossa ei välttämättä riitä kalustosiirtoihin tai keräystyömaan perustamiseen jäälle.
Jäätämisen		Jään kertyminen aluksen kansirakenteisiin vaikuttaa aluksen vakavuuteen, vaarana on aluksen kallistuminen tai kaatuminen.
		Jään kertyminen puomeihin. Lisäpaino aiheuttaa puomin kaatumisen tai repeytymisen sekä käsittelyn hankaloitumisen.
Kylmyys	Kylmässä öljyn säilyminen hidastuu, jolloin aikaikkuna torjuntaan pitenee ja jätemassa pysyy pienempänä.	Öljyn pumpattavuus heikkenee. Öljy jähmettyy keräys-tankkeihin, -säiliöihin ja -letkuihin. Myös öljyisen veden jäätyminen aiheuttaa ongelmia. Siirtopumppauksen ja varastoinnin lämmitys lisäävät kustannuksia.
		Välineiden sekä kuljetus- ja varastointiyksiköiden, liittimien, voiteluöljyjen jne. pakkasenkestävyys joutuu koe- tukselle. Haasteita voivat aiheuttaa laitteiden heikentynyt toimintavarmuus. Sähkö- ja hydraulikkageneraattoreiden kylmäkäynnistys ja lisääntyvä polttoaineen kulutus.
		Suuri energiantarve esimerkiksi öljyn erottamiseksi jäistä: energiaa tarvitaan jäähokareiden irrottamiseen, siirtoon, nostoon ja harjaukseen (tai vaihtoehtoisesti jäähokareiden sulatukseen).
	Jäätynyt maaperä kantaa hyvin kaluston painon, jolloin aiheutuu vähemmän vaurioita.	Maankuorinta ei onnistu.
	Vähemmän haihtuvia haitallisia yhdisteitä.	Henkilöstön suojautumiseen ja huoltotiloihin tulee kiinnittää erityistä huomiota pakkasessa.
Lumi	Herkät alueet, kasvit ja eliöt ovat suojassa lumipeitteen alla talvehtimassa.	Öljyn leviämistä lumipeitteen alla on hankala seurata.
	Lumi on hyvä imeytysaine.	Lumen sulattaminen edellyttää energiaa, keräys- ja varastointikapasiteettia ja soveltuvia tiloja.
	Lumi käy rakennusmateriaaliksi penkereiden, vallien tms. tekoon.	Ei sovellu pitkäkestoisiin rakenteisiin. Rakennelman kestävyttä on valvottava.
	Talvisaikaan on vähemmän lintuja, jolloin öljyyntymisen riski on vähäisempi. Lisäksi mahdollisen eläinjätteen riskitekijät, kuten taudinaiheuttajien leviäminen vähenevät.	Lintujen pesu- ja hoitokonttien sekä kellutusallastilojen lämmöntarve.
		Lyhyt valoisa aika.

Taulukkoon 2 on koottu runkoa, jota voi hyödyntää torjuntaa suunniteltaessa. Lähteenä on hyödynnetty mm. SÖKÖ II -manuaalia (WP7, 10) ja Oskins & Bradleyn (2005) artikkelia.

Taulukko 2. Torjunnan suunnittelussa voi hyödyntää esimerkiksi seuraavanlaista checklistaa (SÖKÖ II vihkot 7 ja 10; Oskins & Bradley 2005, 1).

Vahinko	<ul style="list-style-type: none"> • Päästölähde ja sen sijainti • Mahdollisuus tilanteen muuttumiseen ja pahenemiseen • Havainnointi- ja seurantamenetelmät öljyn levitessä lumessa, jäällä, jään alla tai jäiden seassa
Öljy	<ul style="list-style-type: none"> • Vahinkoaineen ominaisuudet • Vuotaneen öljyn määrä • Öljymäärä, jonka odotetaan saavuttavan jää- tai lumipeitteiset alueet • Lumeen imeytyneen, jäällä, jään sisällä ja jään alla olevan öljyn määrä
Ympäristön olosuhteet	<ul style="list-style-type: none"> • Virtaus- ja tuulitiedot • Aallokko, jääolosuhteet, lämpötila • Ajelehtimisennusteet ja havaintomenetelmät • Vuodon kulkeutumisrata lumessa, jäissä ja jään alla
Vaarassa olevat alueet	<ul style="list-style-type: none"> • Riskikohteet • Herkät, suojattavat alueet
Tiedustelu	<ul style="list-style-type: none"> • Likaantuneen alueen sijainti ja laajuus • Likaantuneisuusasteet • Alueen erityispiirteet
Torjuntaorganisaatio	<ul style="list-style-type: none"> • Torjunnan johto • Tehtäväkuvat ja vastuiden jakautuminen • Työntekijöiden määrä ja osaamisvaatimukset • Ostopalvelut ja niiden toiminta-alueet, vastuuhenkilöt • Henkilöstöhuolto, työterveys ja työsuojelu
Kalusto ja laitteet	<ul style="list-style-type: none"> • Käytettävissä olevat laitteet ja niiden soveltuvuus • Laitteiden määrä ja sijainti • Toimintakykyisyys, huollon ja käyttöenergian tarve • Puhdistushuollon organisointi, tilat ja laitteet • Hankintojen tarve, hankintamenettelyt ja maksusuunnitelma
Torjuntatoimet	<ul style="list-style-type: none"> • Toimintastrategia, valittavat menetelmät, kohteiden priorisointi • Torjuntatoimien perusteet ja asiantuntijalausunnat • Menetelmien toimivuus ja tehoaminen, strategian muutos • Puhdistettavien ranta-alueiden priorisointi
Logistiikka	<ul style="list-style-type: none"> • Torjuntalogistiikka: maalta, mereltä vai ilmasta • Eri jääolosuhteiden vaikutus logistiikkaan • Kalustotarve, huolto
Arvio jätteestä	<ul style="list-style-type: none"> • Arvio vahinkojätteen määrästä ja laadusta • Jätteen sijainti ja seuranta • Kuljetus - ja varastointikapasiteetin tarve • Välivarastointi- ja loppukäsittelypaikat, lajittelun mahdollistama hajauttaminen eri käsittelylaitoksiin
Kustannukset ja rahoitus	<ul style="list-style-type: none"> • Alkuvaiheen rahoituslähteet • Korvausten saamisen edellytykset (lähtötilanteen dokumentointi, tositteet) • Korvausprosessi

3 Öljyn ominaisuudet ja käyttäytyminen

Öljyn käyttäytymisen ennakointi torjunnan ensipäivien ja -viikkojen aikana on oleellinen tieto torjuntatoimen johtajalle. Keskeistä on arvioida, millaista öljy on ja miten vaarallista ja myrkyllistä se on. Öljyn ominaisuudet ovat tärkeää tietoa torjuntamenetelmän ja -strategian valinnassa, torjuntahenkilöstön työturvallisuuden sekä vahinkojätteen turvallisen käsittelyn ja kuljetusten kannalta. Tätä tietoa tarvitaan myös tiedottamisessa lähiasukkaille. Vahinkoaineen ominaisuuksien selvittämisessä hyödynnetään aluksen polttoaine- tai lastitietoja sekä öljynäytteenottoa. Ympäristöviranomaiset ovat tukena öljyn ominaisuuksien selvittämisessä.

Öljynäytteen vertaaminen aikaisempiin tutkittuihin näytteisiin ja tietokantoihin antaa tietoa öljyn mahdollisesta käyttäytymisestä eri oloissa. Näytteestä tutkittavia torjunnan kannalta oleellisia tietoja ovat öljyn viskositeetti, jähmepiste, sekoittuminen veteen (dispersio ja emulgoituminen), haihtuminen sekä tiheys ja sen muuttuminen ajan myötä. Näillä tiedoilla voidaan ennakoida esimerkiksi vajoaako öljylautta veden alle veden lämpötilan muuttuessa. (SÖKÖ II, vihko 8, 12.) Öljyn, veden ja jään tiheyserojen perusteella voidaan arvioida jääkö suurin osa öljystä kellumaan lumisohjoiseen pintaveteen (kuten kevyet polttoöljyt) vai uppoaako se jäiden sekaan (kuten rasakat polttoöljyt). Öljyn toksisuutta voidaan arvioida liukoisuuden ja öljyn sisältämien aromaattisten hiilivetyjen perusteella. (IMO 2014, 14.)

Öljyn käyttäytyminen vedessä riippuu molempien suhteellisesta tiheydestä. Jos öljyn tiheys on veden tiheyttä pienempi, öljy kelluu ja pysyy alttiina säistymiselle. Öljy, jonka tiheys on vettä suurempi, painuu vedenpinnan alle ja on alttiina vain lähinnä liukenemiselle, joka on yleensä vähäinen tai toisarvoinen säistymisprosessi. Uponnut öljy hajoaa hitaasti. Kelluva öljylautta, jonka tiheys on lähellä meriveden tiheyttä vajoaa sen kohdatessa makeampaa vettä (EPPR 1998, 6-4; Hänninen & Sassi 2010, 20.) esimerkiksi jokisuistoissa. Suurimmalla osalla öljyistä on pienempi tiheys kuin makealla vedellä (1.0) tai merivedellä (1.025), jolloin ne yleensä kelluvat

(IMO 2014, 14). Murtoveden tiheys Suomenlahdella on 1004,7 kg/m³ (1.005) kun pintasuolaisuudeksi oletetaan 6 promillea ja veden lämpötilaksi 0°C-astetta (Vainio 2014b).

On huomioitava että öljyt, joiden arvioidaan kelluvan merivedessä, voivat kuitenkin upota Itämerellä. (Forsman 2012, 7; Lampela 2011, 5; Lampela & Jolma 2011, 3). Erityisesti murtovedessä eli alhaisessa suolapitoisuudessa öljy menettää osan kelluvuudestaan. Näin osalla öljylaaduista on taipumus vajota pinnan alle. (Lampela 2011, 5). Myös meriveden vaihtelevat pintalämpötilat voivat muuttaa kelluvat öljyt uppoaviksi (Forsman 2012, 7). Vesipatsaassa tai merenpohjalla olevaa öljyä on erittäin vaikea löytää tai kerätä (Lampela 2011, 5).

Yleissääntönä voidaan pitää, että mitä suurempi tiheys öljyllä on, sitä pysyvämpää öljy on. Tiheyttä kuvataan API-asteikolla. Pienen tiheyden omaavilla öljyillä API-arvo on korkea. Ne sisältävät paljon haihtuvia yhdisteitä ja niiden viskositeetti on pieni. (IMO 2014, 14.)

Viskositeetti kuvaa nesteen kykyä vastustaa virtaamista. Korkean viskositeetin öljyt ovat jähmeitä eivätkä juoksevia kuten alhaisen viskositeetin öljyt. Lämpötilan laskiessa kaikkien öljyjen viskositeetti nousee, toisten enemmän toisten vähemmän, riippuen öljyn koostumuksesta. Viskositeetin muutos on tärkeä tekijä arvioitaessa öljyn leviämistä kylmässä vedessä ja sitä, millaiseen kerrospaksuuteen öljylautta asettuu. Viskositeetin muutos vaikuttaa myös keräystekniikoihin, joiden käyttökelpoisuus riippuu öljyn jähmeydestä, kuten skimmerointiin ja pumppaukseen. (IMO 2014, 15.)

Jähmepiste on se lämpötila, jonka alapuolella öljy ei enää juokse. Jähmepiste riippuu öljyn vaha- ja asfaltenipitoisuudesta. Kun öljyn lämpötila laskee, vahapartikkelit kiteytyvät, jolloin öljyn juoksevuus vähenee ja öljy muuttuu lopulta nestemäisestä puoli-kiinteäksi. Talviolosuhteissa jähmepisteellä on suuri merkitys: se kertoo hyytyykö öljy geelimäiseksi vai

kiinteytykö öljy joutuessaan kylmään veteen. (IMO 2014, 15.)

Jos jäähmepiste on 5-10 astetta veden lämpötilan yläpuolella, öljy todennäköisesti kiinteytyy (Exxon Mobil 2008, 15-5). Meriveden lämpötilan ollessa öljyn jäähmepistettä korkeampi, öljy on pumpattavaa. Ilmanlämpötilan ollessa alhainen, alkaa öljyn viskositeetti kasvaa heti vedestä poistamisen jälkeen, jolloin tarvitaan lämmitystä öljyn käsiteltävyyden säilyttämiseksi. (Allen & Nelson 1981, 2.) Kun öljy on lämpötilaltaan jäähmepisteensä alapuolella, on sen imeminen lammikoista tai polttaminen tehotonta. Näissä tilanteissa tarvitaan mekaanista keräystä ruoppaajalla tai kaivurilla. (Marsh et al. 1979, 3.)

3.1 Öljyn säistyminen

Öljyn säistyminen on yhdistelmä fysikaalisia ja kemiallisia prosesseja, jotka muuttavat öljyn ominaisuuksia sen vuodettua mereen (EPPR 1998, 6-3). Ominaisuuksien muuttuminen vaikuttaa siihen, mikä torjuntamenetelmä on tehokkain (EPPR 1998, 6-4; Hänninen & Sassi 2010, 21). Seuraavat säistymisprosessit ovat torjuntatyön kannalta merkittäviä (EPPR 1998, 6-3; Hänninen & Sassi 2010, 20; IMO 2014, 93):

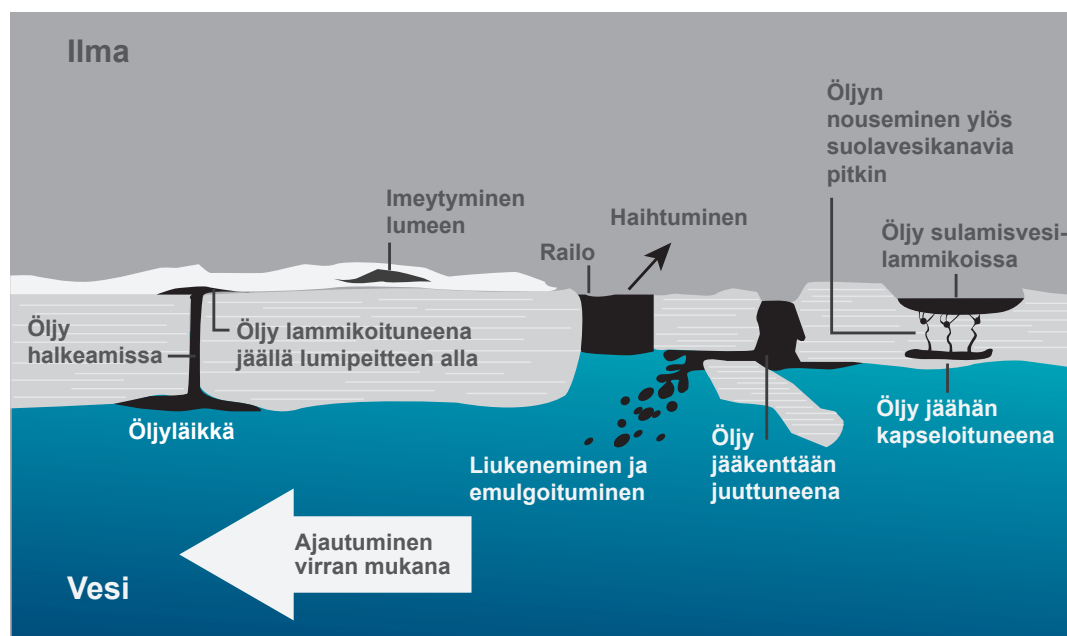
- haihtuminen
- liukeneminen
- öljy-vesi-dispersaatio
- vesi-öljy-emulsio
- leviäminen, ja
- uppoaminen tai sedimentoituminen

Avovedessä öljy haihtuu melko nopeasti mutta kylmässä luonnollinen haihtuminen ja öljyn muuntuminen ovat hitaampia. Jään alla öljy saattaa säilyä tuoreena pitkiäkin aikoja. (Singsaas & Lewis 2011, 67; Lampela 2011, 6; Hänninen & Sassi 2010, 6.) Tuoreessa öljyssä sen vaaraominaisuudet ovat tallella (ACS 2012, 12; EPPR 1998, 4-8; Exxon Mobil 2008, 15-3; Oskins & Bradley 2005, 1). Alhaiset lämpötilat vähentävät kaasujen, kuten bentseenin ja rikkivedyn, haihtumista. Haihtuvien osasten säilyminen pidempään on huomioitava syttymis- ja räjähdysriskin arvioinnissa erityisesti silloin, kun hiilivedyt pääsevät vapautumaan öljyä kairattaessa esiin jään alta (Exxon Mobil 2008, 15-3).

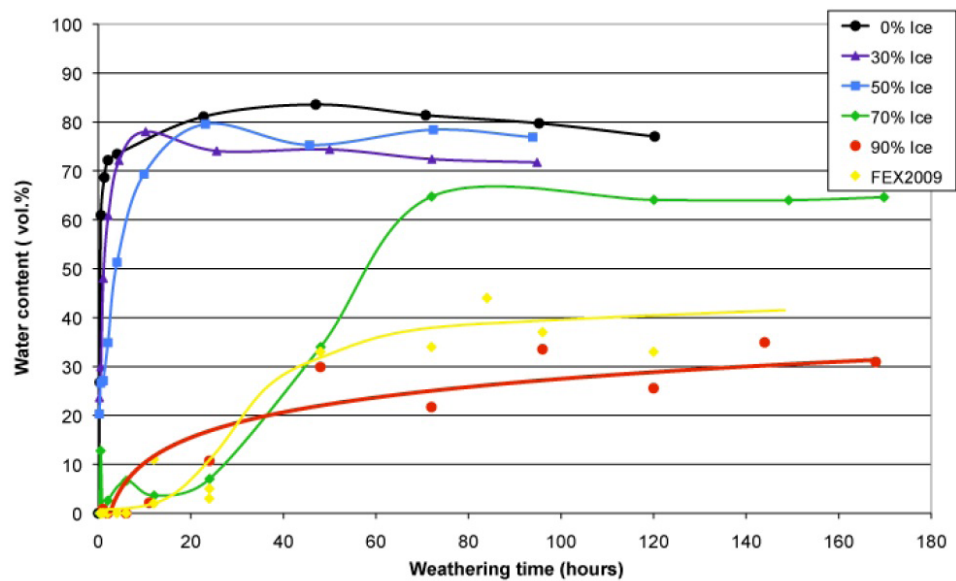
Säistymisprosessin nopeus riippuu (EPPR 1998, 6-4; Hänninen & Sassi 2010, 20):

- öljytyypistä, sen fysikaalisista (mm. viskositeetti, jäähmepiste) ja kemiallisista ominaisuuksista (mm. vahapitoisuus),

Kuva 3. Öljyn käyttäytyminen veden ja jään rajapinnassa sekä säistymisen muodot (Glover & Dickins 1999, 2).



Kuva 4. Esimerkki veden sekoittumisesta naftaleenipitoiseen raakaöljyyn erilaisissa jääpeittävyyksissä. Vertailu testiallaskokeiden ja kenttäkokeen FEX2009 välillä (Singsaas & Lewis 2011, 48).



- vuotaneesta öljymäärästä,
- siitä, kuinka suuri osa öljyn pinta-alasta on alttiina haihtumiselle,
- ympäristön olosuhteista (aallot, virtaus, jääolot, lämpötila ja tuuli) sekä
- öljyn sijainnista (veden pinnassa vai pinnan alla, jään päällä, alla vai jään sisällä, rannalla vai rantasedimentteihin sekoittuneena).

Kevyet ns. ei-pysyvät öljyt, kuten bensiini ja diesel, haihtuvat yleensä nopeasti elleivät ole peittyneenä tai hautautuneena. Nämä jalostetummat öljyalaadut sisältävät vain kevyempiä osia ja säilyvät suurimmaksi osaksi haihtumisen kautta. Haihtuminen nopeutuu, kun lämpötila nousee ja tuulen nopeus kasvaa. Dieselissä on myös raskaampia ainesosia, joten sen haihtuminen on hitaampaa kuin bensiinin. Tyynessä säässä noin 5–20 %:a dieselöljystä haihtuu 2 päivässä meriveden lämpötilan ollessa 0–5°C:ta ja kylmässä -20–0°C:ssa vedessä 4–5 päivässä. (EPPR 1998, 6-4; Hänninen & Sassi 2010, 21.) Vaikka haihtuminen vähentää mereen joutuneiden kevyiden öljyjen kokonaismäärää, jäävät kevyiden öljyjen kaikkein myrkyllisimmät ainesosat vesimassaan (Hietala 2014b).

Raskaammat ns. pysyvät öljyt säilyvät ja hajoavat paljon hitaammin (EPPR 1998, 6-4; Hänninen & Sassi 2010, 21). Raakaöljy sisältää sekä kevyitä että raskaita öljyjakeita. Raakaöljyllä tehtyjen laboratoriotestien pe-

rusteella haihtumisen kautta tapahtuvan hävikin voidaan ennakoida vaihtelevan 16 %:n ja 30 %:n välillä tilavuudesta ensimmäisen 48 tunnin kuluessa vuodosta (Buist 1994, Glover & Dickins 1999, 1 mukaan). Suomenlahden kautta kuljetettava raakaöljy on yleisimmin Uralin alueelta pumpattua, enimmäkseen raskaista öljyjakeista koostuvaa öljyä (REBCO) (Hietala 2014b).

Myös öljykerroksen paksuudella on suuri vaikutus haihtumiseen. Avovedessä, erityisesti kovalla tuulella, öljy-vesi-dispersaatio voi olla haihtumistakin merkittävämpi säilymisen muoto, joka poistaa öljyn veden pinnasta. (Hänninen & Sassi 2010, 21.) Dispersaatio tarkoittaa öljypisaroiden sekoittumista veteen. Se riippuu öljyalaadusta, sen viskositeetista, pintajännityksestä ja öljyn emulgoitumistaipumuksesta (Glover & Dickins 1999, 1). Raakaöljy muodostaa mereen joutuessaan herkästi vesi-öljyemulsiota, minkä vuoksi veteen joutuneen raakaöljyn tilavuus kasvaa (Hietala 2014b) siihen sekoittuvan vesimäärän mukaan.

SINTEFin koordinoima yhteisprojekti ”JIP on Oil in Ice” on vuodesta 2006 vuoteen 2009 testannut erilaisen öljyjen käyttäytymistä. Testeissä tutkittiin viiden öljytyypin, asphaltenic, naphtenic, waxy, paraffinic sekä kevyen öljyn, säilymistä jääoloissa. Kuvassa 4 havainnollistetaan testeissä saavutettuja tuloksia siitä, miten naftaleenipitoinen raakaöljy sekoittuu veden kanssa erilaisissa jääoloissa. Vertailtavat olosuhteet

ovat avovesi ja jääpeittävydet 30 %:sta 90 %:in sekä vertailukoe kenttäoloissa. Kaavio osoittaa, kuinka veden sekoittuminen öljyyn eli vesi-öljyemulsion muodostuminen vähenee jääpeittävyden kasvaessa, ja kuinka myös sekoittumisnopeus laskee suurissa jääpeittävyksissä. (Singsaas & Lewis 2011, 48.)

3.2 Öljyn käyttäytyminen jääolosuhteissa

Öljyn ominaisuudet, jään karheus, rosoisuus ja huokoisuus, vallitseva lämpötila sekä tuulten ja merivirtojen voimakkuus vaikuttavat siihen, kuinka laajalle öljy leviää jäällä tai kiintojään alla. Jään ja kylmyyden seurauksena öljyn leviämisenopeus on hitaampaa ja näin myös saastuneen alueen koko jää pienemmäksi kuin avovesikaudella. Leviämisenopeutta vähentävät öljyn adsorboituminen jäähän ja lumeen sekä jään onkalot ja painanteet. (Dickins & Buist 1999, 2-3; Marsh et al. 1979, 3; Singsaas & Lewis 2011, 49 ja 67.) Öljyn käyttäytymistä makeamman veden jäässä on tutkittu aika niukasti suolaiseen jäähän verrattuna (IMO 2014, 75) ja nykyiset öljy/jää-käyttäytymismallit perustuvat suurimmaksi osaksi arktisilla alueilla tehtyihin tutkimuksiin.

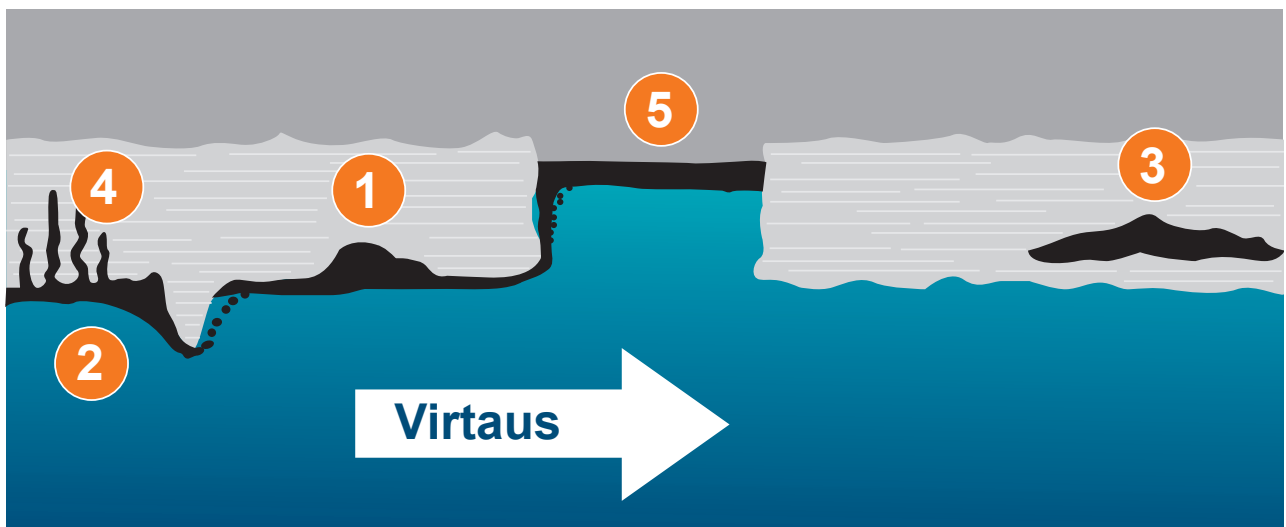
Rikkoutuneessa jääkentässä öljyllä on tapana kerääntyä avovesialueille, ellei sen liikkumista rajoiteta. Öljy hakeutuu alueille, joihin se vapaasti pääsee, kuten railoihin, avantoihin ja aluksen muodostamaan kulkuränniin. Rännissä öljy kerääntyy korkeintaan

saman paksuiseksi kerrokseksi kuin viereisen jääkentän paksuus. Osa öljystä kulkeutuu kuitenkin jääkentän alle. (Marsh et al. 1979, 3.)

Jään alla kelluva öljy kulkeutuu pitkin jääkannen alustaa. Öljyn liikuttamiseen arktisen jään alla vaaditaan noin 0,4 m/s virtaus (EPPR 1998, 6-5), mutta Glover & Dickins (1999, 1) uskovat öljyn lähtevän liikkeelle jo 0,15 m/s virtauksella. Jääkannen alapohjan epätasaisuudella on tässä suuri merkitys. Itämerellä jääkannen alapinnan epätasaisuudet eivät ole niin huomattavia kuin arktisessa jäässä, vaan se on miltei sileä (Vainio 2014a; Tolonen 2014b). Itämeren olosuhteissa virtaukset jään alla riittävät harvoin liikuttamaan jääkannen alla olevaa öljyä (Lampela 2011, 6). Riittävä virtausnopeus jääkentän alla toteutuu vain tietyissä virtauspaikoissa (Vainio 2014a; Kilpeläinen 2014b). Öljyn liikkeelle saamiseksi voidaan hyödyntää mm. paineilmaa ja alusten potkurivirtausta.

Öljyllä on taipumus kerääntyä jään alapinnan tasuihin (kuva 5, kohta 1) ellei sen sivuttaista liikettä pysäytä harjanne (kuva 5, kohta 2) (EPPR 1998, 6-5). Jään alapohjan epätasaisuudesta riippuen, jäällä on suuri kyky pidättää ja varastoida öljyä. Arktisen jään varastointikapasiteetti ”under-ice storage” voi olla jopa 60 litraa neliöllä. Seurauksena ilmiöstä on, että talvisaikaan tapahtuva vuoto jään alle rajoittuu pienemmälle alueelle kuin se avovesiaikaan rajoittui-

Kuva 5. Öljyn käyttäytyminen jään alla (EPPR 1998, 6-5).



si (Glover & Dickins 1999, 1-2; Goodman et al. 1987, 1). Jääkannen alustan taskuja voidaan edesauttaa esimerkiksi höyryllä ja näin rajoittaa öljyn leviämistä (Ekholm 2014a; Heino 2014b; Kilpeläinen 2014b; Laine 2014; Rasijeff 2014a; Saarinen 2014b). Jos jään alla oleva öljy vain löytää reiän jäässä, se virtaa avoveteen (kohta 5) ja saattaa myös pursuta jään päälle (EPPR 1998, 6-5; Allen & Nelson 1981, 2).

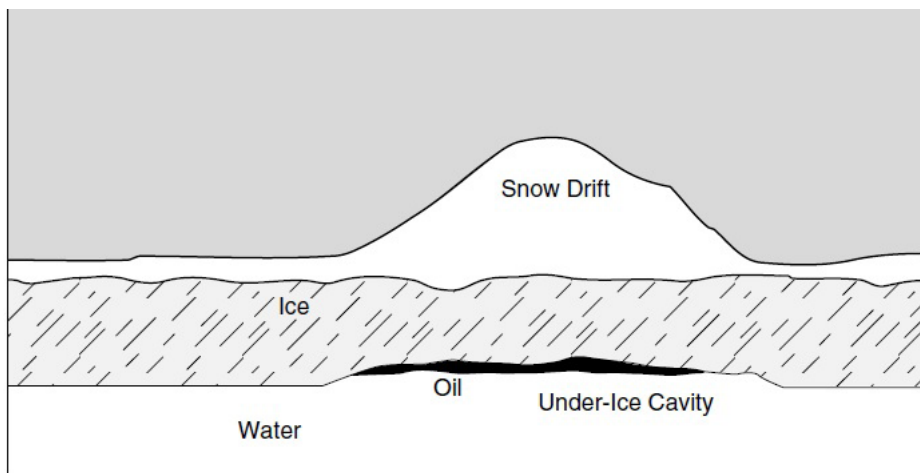
Jään alla olevan öljyn sijaintia ja kerääntymistä voidaan arvioida lumipeitteen avulla jos muita keinoja, kuten GPR-laitteita (katso luku 4) ei ole käytettävissä. Kohdissa, joissa lumi on kertynyt paksummaksi kerrokseksi, saattaa sen eristävä vaikutus vähentää jään kasvua ja muodostaa taskuja. Jään alle kulkeutuneen öljyn etsiminen voidaan aloittaa kairaamalla jäätä lumipenkkojen kohdilta. (ACS 2012, 86.)

Jäätä muodostuu jään ja veden rajapinnassa. Jos tässä rajapinnassa on öljyä, voi se joutua muodostuvan jään sisään. Jään sulassa yläosistaan ja lisää jäätä muodostuessa alapuolelta, jään sisällä oleva öljy nousee jääkentässä ylöspäin (kuva 5, kohta 3) ja lopulta nousee jään pinnalle. Pääasiallinen tapa, jolla öljy nousee jään pinnalle, on kuitenkin railojen ja suolavesikanavien kautta (kuva 5, kohta 4). (EPPR 1998, 6-5.) Emulgoituneella öljyllä ei kuitenkaan ole taipumusta nousta ylös jään alta. Öljyyn sekoittuneet vesipisarot jäätyvät nopeasti ja tekevät näin sekoituksesta jähmeän ja rakeisen koostumukseltaan. Sellainen ei nouse pienistä railoista tai kanavista, vaan pysyy stabiilina paikoillaan. (Dickins 2011, 7; Allen & Nelson 1981, 2.)

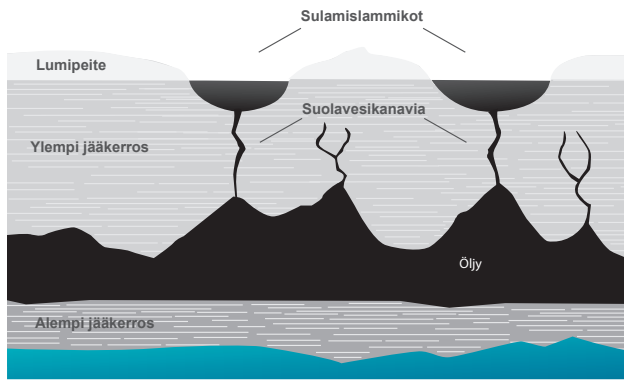
Jään alle kertynyt öljy vähentää lämmönsiirtoa öljyn alla olevasta vedestä öljyn yläpuolella olevaan jäähän. Siten uuden jään muodostuminen öljyn kohdalla vähenee, kun taas muualla jään kasvu jatkuu normaalina. Näin öljyn lukittuu paikoilleen ympärillä kasvavan jään vaikutuksesta ja saattaa myös kapseloitua jäähän sisään. (Allen & Nelson 1981, 2.) Öljyn kapseloituminen ja koteloituminen jäähän pysäyttää sen säästymisen (Glover & Dickins 1999, 1; Lampela 2011, 5). Tällä suuri merkitys, sillä kun öljy pumpataan tai muuten vapautetaan jään alta pinnalle, ollaan tekemisissä tuoreen, säästymättömän öljyn kanssa vaikka onnettomuudesta olisi kulunut kuukausia (Glover & Dickins 1999, 1). Myös jään alla öljyn säästymisen miltei pysähtyy (Allen & Nelson 1981, 2).

Kasvavan kiintojään aikaan öljy kapseloituu nopeasti. Jopa muutamissa tunneissa öljyn ympärille muodostuu jääreuna, joka rajoittaa öljyn horisontaalista liikettä. Muutamissa päivissä öljy sekoittuu mukaan kasvavaan jäähän. Tällainen öljy ei ole torjuttavissa ennen kuin jää keväällä sulaa (Marsh et al. 1979, 3.) ellei jäätä saada lohkottua ylös ja sulatettua hallitusti.

Keväällä öljy nousee huokoisen jään läpi suolavesikanavien kautta (EPPR 1998, 5-32; Lampela 2011, 6). Hapertuvan kiintojään tilanteessa öljy kulkeutuu jään pinnalle ja alkaa haihtua. Öljyn nouseminen tapahtuu aluksi hitaasti, mutta prosessi nopeutuu kun jään hapertuminen vauhdittuu öljyn vähentäessä pinnan heijastussuhdetta. Toisin sanoen tumma öljy sitoo enemmän auringonvaloa ja lämpöä, jolloin jää



Kuva 6. Lumikinos toimii eristeenä ja edistää taskujen syntymistä jään alapintaan (ACS 2012, 86).



Kuva 7. Sulamisammikoiden muodostuminen (EPPR 1998, 5-32).

hapertuu nopeammin. (Marsh et al. 1979, 3.) Monia (tuhansia) toisistaan etäällä olevia pieniä öljylammikoita voi muodostua, ja muutaman päivän jälkeen lammikot saattavat yhdistyä suuremmiksi (EPPR 1998, 5-32).

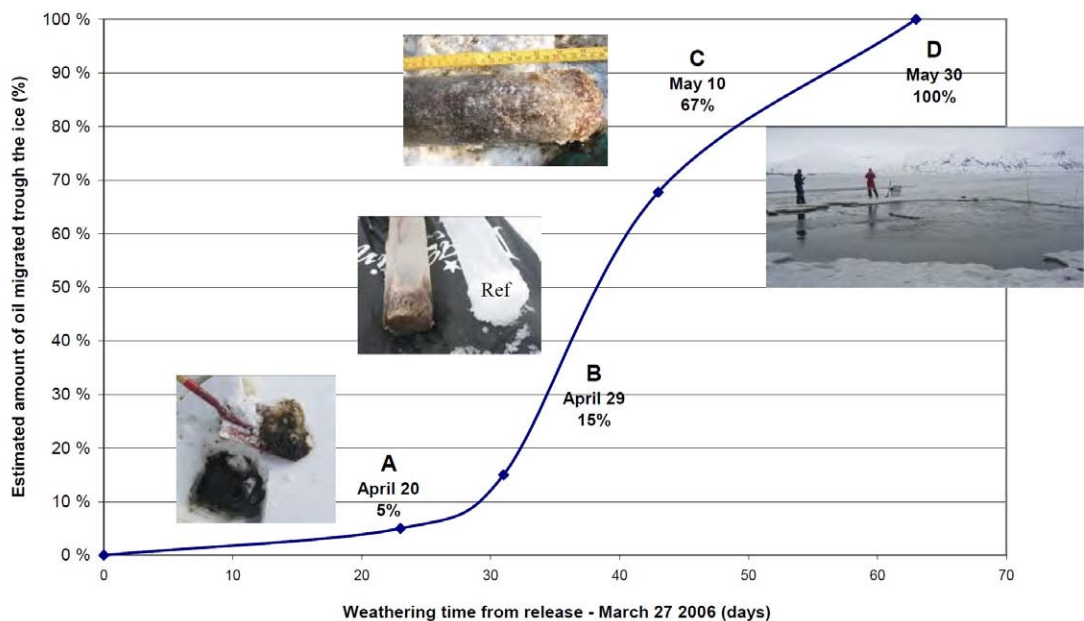
Öljyn nousemista jään läpi on tutkinut muun muassa Dickins et al. (2008) Huippuvuorilla. Heidän kenttäkokeensa perusteella öljy nousi jään läpi 24 päivän kuluessa vuodosta. Jään pinnalla öljystä haihtui noin 30–35 %:a ja vesipitoisuus öljylammikossa oli pieni,

vain 0–8 tilavuusprosenttia. (Dickins et al. 2008a, 6.) Makeammassa vedessä öljy ei nouse samalla tavalla jään läpi kuin arktisella alueella, mutta tätä on kuitenkin tutkittu melko vähän (IMO 2014, 75). Itämeren jää on alhaisen suolapitoisuuden vuoksi melko kiinteää ja tiivistä, eikä siinä ole sulavesikanavia (Lampela 2011, 5; Lampela & Jolma 2011, 3). Öljy todennäköisesti säilyy jään alla, kunnes koko jää on haurastunut ja ns. puikkoontuminen tapahtuu sulamisen loppuvaiheessa juuri ennen jäidenlähtöä (Vainio 2014a). Silloin öljy nousee nopeasti pintaan (IMO 2014, 75).

3.3 Öljy lumessa

Öljyn kerääminen lumesta ei sinänsä ole hankalaa, mutta öljyn valuttua lumipeitteen läpi, ei suurinta osaa öljystä tai sen liikkeistä voida havaita pinnalta (Owens et al. 2005, 3). Kevyet öljyt voivat liikkua lumessa kymmeniä tai satoja metrejä ja niiden etenemistä voi olla vaikea seurata (IMO 2014, 59). Lumi ei ole tasalaatuista, vaan siihen muodostuu tiheydeltään ja huokoisuudeltaan erilaisia kerrostumia. Lumessa voi olla myös jääkerroksia, jos suojasää on välillä sulattanut lumen pintaa ja se on jäätynyt myöhemmin uudelleen ja uutta lunta on satanut päälle. Öljy

Kuva 8. Öljyn nouseminen arktisen jään lävitse. Vaaka-akselilla vuodosta kulunut aika [päivinä], pystyakselilla jään läpi nousseen öljyn arvioitu määrä [%]. Pikkukuvassa (A) öljy on lumen päällä, kuvissa (B) ja (C) on kairausnäytteet jäässä olevan öljymäärän arvioimiseksi ja kuvassa (D) on pinnalle muodostunut sulamisammikko (Dickins et al. 2008b, 8).



tunkeutuu yleensä nopeasti lumikinokseen, mutta sen etenemistä estävät nämä jääkerrokset. Öljy, joka on jäähmepisteensä alapuolella tunkeutuu vain vähän lumeen ja liikkuu pääasiassa lumen pintaa pitkin. (IMO 2014, 59.)

Kuvassa alla (kuva 9) on kylmän (0°C) öljyn leviämismalli lumessa (crystalline snow), jossa on useampia jäisiä kerroksia. Öljy levisi nopeasti, jäi lumi-kerroksen yläpuolisiin kerroksiin ja levisi noin 1m²:n alueelle. (Owens et al. 2005, 2.)

Kuvassa 10 on esitetty, miten lämmin (+17°C) öljy sulattaa reiän ja leviää noin 0,13 m²:n alueelle (Owens et al. 2005, 2).

Lämmin öljy saavutti ympäristön lämpötilan viidessä minuutissa. Kokeissa todettiin myös, ettei lumi ole tasalaatuista vaan siinä olevat erilaiset jäiset kerrokset muodostavat enemmän tai vähemmän läpäiseviä

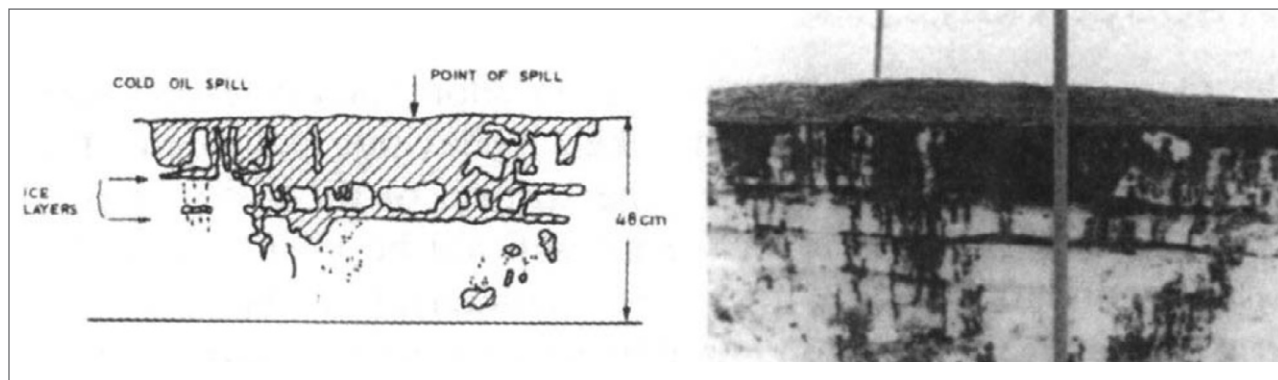
kerroksia, jotka vaikuttavat öljyn kulkeutumiseen. (Owens et al. 2005, 2.)

Edellä esitettyjen kuvien ja annettujen pinta-alojen perusteella kylmä öljy leviää pakkaslumessa horisontaalisesti enemmän kuin lämmin öljy, joka sulattaa itselleen reiän.

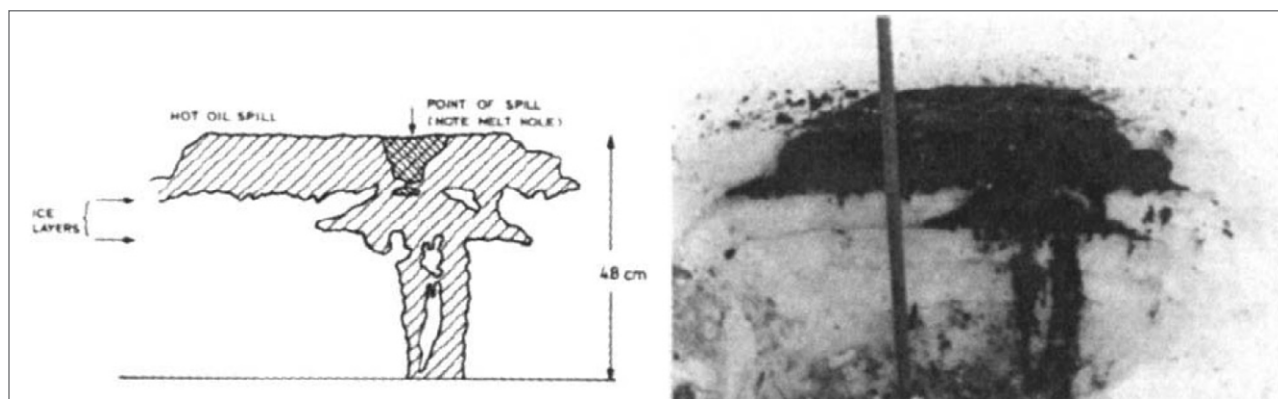
Lumen ominaisuuksilla ja ilman lämpötilalla saattaa kuitenkin olla päinvastainenkin vaikutus öljyn käyttäytymiseen. Lumella jossa on kova, jäinen pinta lämmin juokseva öljy saattaa levitä hankikantoa myöten kuin neste, mutta kylmempi öljy jähmeämpänä jää paikoilleen (Ekholm 2014b; Tolonen 2014b). Pakkasessa ilmiöllä ei kuitenkaan ole kuin paikallista vaikutusta, koska jäähtyminen on hyvin nopeaa (Kilpeläinen 2014c).

Öljy alkaa sulattaa lunta. Raakaöljy sulattaa enemmän, mutta leviää vähemmän kuin bensiini. Bensiini

Kuva 9. Kylmän öljyn leviäminen (Owens et al. 2005, 2).



Kuva 10. Lämpimän öljyn leviäminen (Owens et al. 2005, 3).



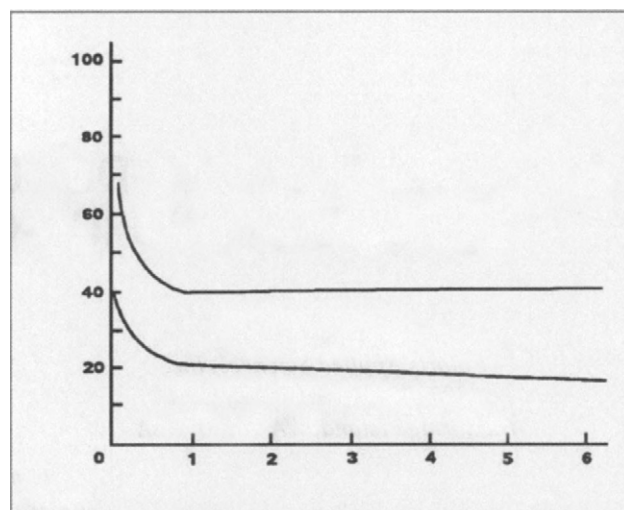
leviää lumessa hyvin nopeasti ja laajalle alueelle. Kevyet öljyt liikkuvat ”ylämäkeenkin” kapillaarisesti. Lumi, jonka tuuli puhaltaa öljyn päälle, jää kiinni ja painuu öljyyn ja kasvattaa näin kerättävän jätteen määrää. Satava lumi kertyy öljyn pintaan. (EPPR 1998, 4-97; IMO 2014, 60.)

Lumi on hyvä imeytysaine (Allen & Nelson 1981, 1; EPPR 1998, 3-43; Exxon Mobil 2008, 15-4; Owens et al. 2005, 2). Jos öljy on vuotanut jäälle ja imeytynyt lumeen, on mahdollista saavuttaa 100 %:n keräystehokkuus (Owens, E. 2014, 11).

Öljyä ja lunta voidaan sekoittaa keskenään ja kerätä sitten pois, joskin tällaisen massan öljypitoisuus on aika alhainen, alle 1 %:a kevyillä öljyillä (EPPR 1998, 3-43 ja 4-97). Owens et al. (2005, 2) pitää prosenttilukua 20 yleisesti vakiona lumen imeytyskyvyille. Allen & Nelson (1981, 1) taas arvioi lumen imeytyskyvyksi jopa 40–70 %:a silloin, kun kyseessä on irtonainen, kuiva ja rakeinen lumi. Tämä on saatu laskettua, kun raakaöljyä on imeytetty lumeen ja likaantunut lumi on sulatettu (Allen & Nelson 1981, 1).

Öljyn määrä lumessa riippuu öljyn tyypistä ja lumen ominaisuuksista. Öljypitoisuus lumessa nousee korkeimmaksi keskiraskailta raakaöljyillä ja on pienin kevyillä öljyillä. (EPPR 1998, 4-97; IMO 2014, 59.) Kuutioon lunta voidaan imeyttää 200 litraa kevyttä öljyä ja 400 litraa keskiraskasta öljyä (IMO 2014, 59). Öljypitoisuus jää pieneksi myös tiivistyneessä lumessa, mutta pitoisuus voi olla suuri vastasataneessa tuoreessa lumessa (EPPR 1998, 4-97). Myös ympäristön ja lumen lämpötilalla on suuri merkitys lumen imeytyskykyyn. Arktisella alueella raakaöljyllä suoritettujen kokeiden perusteella öljy levisi kesäkuukausina kahdeksan kertaa suuremmalle alueelle talvikuukausiin verrattuna lumen heikommasta imeytyskyvystä johtuen. (Owens et al. 2005, 2.)

Lumipeitteen alla olevan öljyn haihtuminen on merkittävää, vaikka osa säistymisprosessin vaiheista heikkenee (Lampela 2011, 6; Owens, E. 2014, 6; Owens et al. 2005, 2). Lumen peittämänäkin öljy jatkaa haihtumistaan, joskin hitaammalla tahdilla kuin jos se olisi suoraan alttiina ilmalle. Vaikka haihtumi-



Kuva 11. Lumen imeytyskyky tilavuusprosentteina sulatusta näytteestä arvioituna. Ylempi käyrä kuvaa raakaöljyn ja alempi dieselöljyn imeytymistä lumeen kuuden päivän aikana. Öljyn annettiin levitä vapaasti. Leviämisen rajoittaminen, esimerkiksi penkereillä, johtaa korkeampiin öljypitoisuuksiin. (Allen 1978, Owens et al. 2005, 2 mukaan).

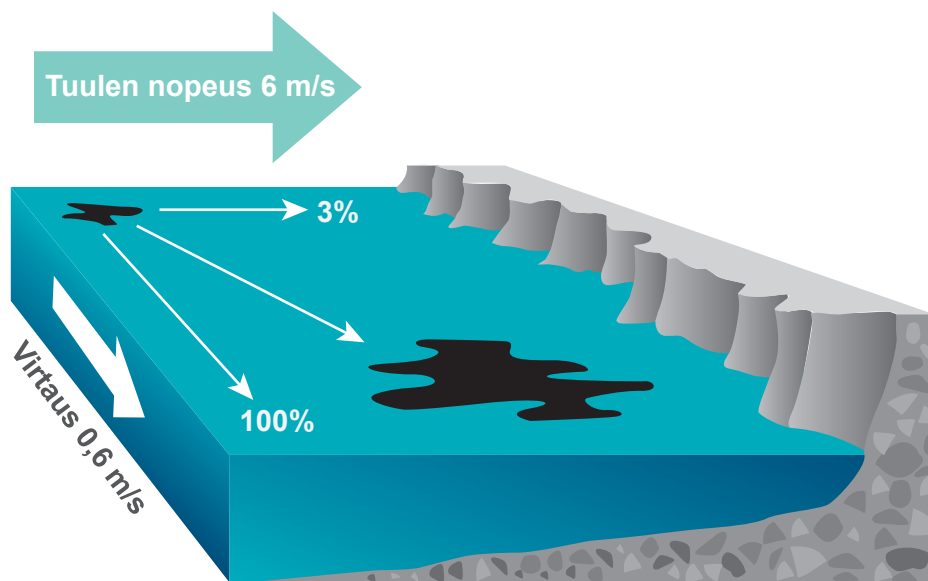
nen on hitaampaa, haihtuu öljystä sama osuus kuin lämpimissäkin olosuhteissa. (Owens et al. 2005, 2.)

3.4 Öljyn liikkuminen ja leviäminen

Kylmässä vedessä öljy leviää vähemmän ja säilyy paksumpana kerroksena kuin lämpimässä vedessä. Osittain siksi, että kylmässä öljyllä on suurempi viskositeetti eli se on jähmeämpää, mutta pääasiasa siksi, että jäät rajoittavat sen liikettä. (Glover & Dickins 1999, 1.) Yli 60 %:n jääpeittävyudessa öljy voi esiintyä suhteellisen paksuna, noin millimetrin tai sitä paksumpana kerroksena (Lampela 2011, 5).

Avovedessä öljy leviää ja hajaantuu tuulten ja virtausten ansioista. Koska vesi on ilmaa tiheämpää, on pintavirtauksilla suurempi vaikutus öljyn liikkumiseen ja leviämiseen kuin tuulella. Öljy liikkuu samalla nopeudella kuin pintaveden virtaus ja noin 3 %:a pinnassa vaikuttavan tuulen nopeudesta. Jos virtaus ja tuuli ovat samaan suuntaan, on niillä yhteisvaikutusta ja jos taas erisuuntaan, on nettovaikutus kahden voiman kombinaatio. (EPPR 1998, 6-7.)

Joessa, jossa virtaussuunta säilyy samana, virta kuljettaa öljylauttaa alajuoksuun ja tuuli työntää lauttaa



Kuva 12. Virran ja tuulen yhteisvaikutus öljylautan liikkumiseen (EPPR 1998, 6-7).

jompaakumpaa penkkaa kohti. Virtausten nopeus vaihtelee joen eri kohdissa: toisissa öljylautta kulkee nopeammin toisissa hitaammin ja öljy alkaa kertyä suistoihin. (EPPR 1998, 6-7.)

Jäälauttojen seassa oleva öljy liikkuu jään mukana jään toimiessa puomina. Öljy ajelehtii erillään jäätä jäänpeittävyuden ollessa vähemmän kuin 30 %:a ja jään peittävyuden ollessa 60–70 %:a tai tästä yli (DeCola et al. 2006, 19; Lampela 2011, 8). Öljy rikkonaisessa jääkentässä liikkuu samalla nopeudella kuin ajelehtivat jäälautat. Tuulen vaikutus on voimakkaampaa silloin kun on jäälauttoja, kuin jos olisi pelkästään öljyä. Tästä johtuen öljy ajelehtivien jäälauttojen seassa liikkuu nopeammin kuin avovedessä tuulen nopeuden ollessa sama. (EPPR 1998, 6-8.)

Jään ajelehtimisnopeus vaikuttaa öljykerroksen paksuuteen. Jää toimii puomina (ajojää) tai hidasteena (riite). Näin öljy ei leviä tai dispersoidu niin laajalle alueelle, vaan jää paksummaksi kerrokseksi. Haihtuminen on hitaampaa öljylautan paksuuntuessa. (Lampela 2011, 6.) Myös öljyyn sekoittuvan veden määrä ja prosessin nopeus vähenevät jäälautan aaltoja vaimentavasta vaikutuksesta (Allen & Nelson 1981, 1; EPPR 1998, 4-8; Lampela 2011, 3 ja 5).

3.5 Rantautuva öljy

Useimmiten rannassa tai rannan läheisyydessä oleva jää estää vedenpinnalla kelluvaa öljyä likaamasta

rantamateriaalia. Rikkonaisen jään aikaan öljy pääsee kuitenkin jäälauttojen välistä likaamaan rantaa. Jos jääkansi ulottuu rannasta ulos niin, että siinä on myös kelluva jääkansi, öljy saattaa kulkeutua jääkannen alla rantaan asti. (EPPR 1998, 4-48.)

Rannalla öljyn tunkeutuminen rantasedimentteihin riippuu rantamateriaalin raakoosta ja öljyn viskositeetista. Vain kevyemmät öljyalaadut, kuten bensiini ja diesel, tunkeutuvat hiekkaan, kun taas melkein kaikki lukuun ottamatta kaikkein tahmeimpia öljyjä voivat tunkeutua karkeaan soraan. (EPPR 1998, 6-6.)

Rantamateriaalin pinnalla öljy on alttiina säistymiselle sekä aaltojen ja tuulen muokkaukselle, kun taas sedimentteihin paineena se on suojassa säistymiseltä. Sen hajoaminen kestää siksi kauan, joskus vuosikymmeniä. Rannalle ajautunut öljy saattaa lähteä uudelleen liikkeelle. Esimerkiksi öljyinen sedimenttimassa saattaa lähteä kellumaan ja jos massan tiheys on suurempi kuin vedellä, se laskeutuu ja alkaa kerrostua. (EPPR 1998, 6-6.)

Rantautunut öljy on pysyvämpää kylmässä, sillä silloin mekaaninen liike ja lämpöenergia ovat minimissään. Pysyessään kauan paikallaan öljy myös ehtii vaikuttaa rankemmin eliöihin. (Owens & Robilliard 1981, 1.) Jään muodostuminen rantaan vähentää aaltoilua, jolloin mekaaninen liike vähenee. Ainoastaan itse jään liikkuminen ja hankautuminen aiheuttavat

liikettä. Rannan jäätyminen rajoittaa öljyn imeytymistä syvemmälle. (Owens & Robilliard 1981, 2.)

Jos ranta on jäässä, öljy pääsee läpikäymään jään vain siinä olevien raijien ja halkeamien kautta. Öljyn käyttäytyminen jäätyneellä rannalla riippuu jään pintarakenteesta sekä lämpötilasta jään ja ilman rajapinnassa. Jäinen pinta estää öljyä kiinnittymästä rantamateriaaliin. Öljy ei myöskään kiinnity jäähän, ellei lämpötila ole pakkasen puolella. (IMO 2014, 52.) Jos öljyvuoto sattuu syksyllä pakastumisen aikoihin, voi öljy kapseloitua jäätyvän rantamateriaalin sisään ja vapautua vasta sulamisen aikaan. (Owens & Robilliard 1981, 2; IMO 2014, 52.) Keväällä öljy jää kellumaan sulamisvesilammikoihin, eikä todennäköisesti

kiinnity jäähän, paitsi jos ilma pakastuu uudelleen (IMO 2014, 52-53).

Öljyn pysyvyyteen rannassa vaikuttaa rannan altistuminen aallokelle (pyyhkäisymatkan pituus), rantamateriaalin märkyys (joko sateen tai meriveden kyllästämien sedimenttien aiheuttamana) ja öljyn olomuoto. Esimerkiksi emulgoitunut raakaöljy ei ole niin pysyvää ja tunkeutuvaa kuin emulgoitumaton. Tämä johtuu pääasiassa kahdesta mekanismista. Ensinnäkin emulgoituneessa öljyssä on noin puolet vettä, jolloin sedimentit kyllästyvät eivätkä ime itseensä niin paljon öljyä. Toiseksi emulgoitunut öljy ei ole yhtä tarttuvaa kuin raakaöljy, jolloin aallokko saa sen uudestaan liikkeelle. (Owens et al. 1983, 2 ja 5-6.)

4 Öljypäästön havainnointi, tiedustelu ja mallintaminen

Öljyn paikallistaminen jään tai lumipeitteen alta on vaikeaa. Torjuntaoperaation tehokkuus riippuukin pitkälti torjunnan johdon kyvystä paikallistaa öljy ja seurata sen liikkeitä (Glover & Dickins 1999, 2). Öljypäästön havainnointi, seuranta ja kartoitus ovat erityisen tärkeitä, sillä öljy saattaa olla piilossa jään tai lumen alla. Lisäksi saattaa olla täysin pimeää. Öljyn jäljittäminen on vaikeaa, joskus mahdotonta, jos öljy vettä tiheämpänä uppoaa. (Lampela 2011, 21; EPPR 1998, 6-9.) Tilanteissa, joissa sää- tai jääolosuhteet estävät muun torjunnan, tiedustelu ja öljyn liikkeiden seuraaminen saattavat olla ainoita käynnissä olevia toimenpiteitä (EPPR 1998, 4-11; Hänninen & Sassi 2010, 14).

Öljyn havainnoiminen jäiden seasta onnistuu avovesiolosuhteisiin tarkoitetuilla tekniikoilla vielä silloin, kun jääpeittävyys on alle 50 %:a. Kun jäitä on enemmän, tekniikoiden luotettavuus kaukokartoitustekniikoita lukuun ottamatta vähenee. (DeCola et al. 2006, 28.) Lukuisia öljyn havainnointiin ja paikallistamiseen tarkoitettuja laitteita ja järjestelmiä on kehitetty, mutta niiden saatavuus pelastustoimen käyttöön tulee selvittää. Luotettavia ja todella toimivia öljyn ajalehtimismalleja jäissä ei vielä ole saatavilla. Myös tekniikoita öljyn havaitsemiseksi lumipeitteisen jään alta ja öljylautan paksuuden arvioimiseksi torjunta-

alukselta käsin pimeässä tai muuten huonossa näkyvyydessä tulisi kehittää. (Lampela 2011, 20-21.)

Öljyn levinneisyyden tiedustelu rannoilla suoritetaan samoin kuin avovesiaikaankin. Öljyntyneisyyden tiedustelussa jäällä, kiintojään reunalla tai sohjovyöhykkeellä ei välttämättä voida suoraan hyödyntää lohko-kaistajakoa tai tiedustelulomakkeita. Jos nähdään tarkoituksenmukaiseksi, likaantuneen alueen sijainti voidaan sitoa lähimpään lohkoon tai lohkoon, jonka kautta vahinkoalueelle kuljetaan. Näin likaantuneen alueen eri osille saadaan tunnus, jota voidaan hyödyntää toimenpiteiden tai jäte-erien alkuperän yksilöinnissä. Lohkoon sitominen saattaa helpottaa myös alueen siirtämistä BORIS 2.0-karttapohjaan, mutta siirto onnistuu myös likaantuneen alueen kulma- tai päätepisteiden koordinaattien avulla. Tiedustelulomakkeessa sekä BORIS 2.0 -järjestelmässä likaantuneisuusasteet arvioidaan kolmeen eri luokkaan: voimakkaasti likaantunut, lievästi likaantunut ja puhdas. Samaa luokitusta käytetään öljyntyneen lumen tai jään arviointiin.

4.1 Havainnointimenetelmät ja -laitteet

Havainnointimenetelmien tarkoituksena on paikallistaa öljyvuoto ja määrittää sen etenemissuunta. Vedenpinnassa olevan öljyn seuraamiseen voidaan

käyttää visuaalista havainnointia, still- ja videokuvaa, infrapunakameraa tai IR/UV-järjestelmiä, laserfluorosensoreita, mikroaaltoradiometriä tai tutkaa sekä satelliittikuvia. Kylmätörjunnassa käytetyimpiä havainnointimenetelmiä ja -sensoreita ovat (Velez et al. 2011, 3; Dickins 2010, 1 ja 7; Hänninen & Sassi 2010, 15):

- FLIR (Forward-Looking Infrared) lentokoneesta tai aluksesta käsin operoiden pinnalla kelluvan öljyn havaitsemiseksi,
- GPR-tutka (Ground Penetrating Radar) helikoptereista ja/tai jääkannen päältä operoiden lumen tai jään alla olevan öljyn havaitsemiseksi,
- SLAR (Side-Looking Airborne Radar) aluksista käsin suuriin vahinkoihin alle 40 %:n jääpeittävydessä ja alle 10 m/s tuulella,
- satelliittitutka SAR (Synthetic Aperture Radar) laajoille öljylautoille avovedessä,
- merenkulikututka X-kaistalla, lyhyellä ja keskipitkällä pulssilla alle 30 %:n jääpeittävydessä sekä
- koulutetut koirat kiintojäällä.

Visuaalinen havainnointi valvontalentokoneista ei onnistu öljyn ollessa jään alla tai jään sisällä. Silloin toimii parhaiten fluorosensorit ja hämärä/pimeännäkökamerat. Öljyn havainnoiminen rikkoutuneesta jääkentästä onnistuu kuitenkin suuremman värikontrastin ansiosta myös ilmasta käsin. (EPPR 1998, 6-9.) Jään alla olevan öljyn seuraaminen saattaa edellyttää sukeltajien tai kameralla varustettujen ROVien käyttöä (Lampela 2011, 7; EPPR 1998, 6-9).

ROVien (Remotely Operated Vehicle) käytöstä saatuja kokemuksia on raportoitu esimerkiksi Suurilta Järviltä vuodelta 2012. Harjoituksessa testattiin UV-fluorometerillä, kaikuluotaimilla ja kameralla varustetun ROV:n (Deep Ocean Model HD2) toimivuutta öljyn paikallistamiseen jään alta. Kamera antoi hyvää kuvaa jään alta veden ollessa kirkasta. Kaikuluotainten kuva oli kuitenkin epätarkkaa. ROV oli liian pieni ja siten epävakaa käyttökelpoisen datan keräämiseen. Suosituksina esitettiin suuremman, vakaamman ROV:n käyttöä tai kuvanvakaimen lisäämistä ROV:n kuvankäsittelyohjelmistoon. (Hansen 2014, 6.)

Tekniikoiden sekakäyttö on suositeltavaa. Paras tulos saadaan yhdistellen joustavasti eri metodeja ja sensoreita kuten satelliiteista, valvontalentokoneista, helikoptereista, aluksista sekä jäältä käsin operoiden kerättyä tietoa. (Dickins 2010, 1; Velez et al. 2011, 3.)

Suomessa on kaksi Dornier 228 -valvontalentokonetta varustettuna SLAR-tutkalla ja IR/UV-skannerilla (Infrared/Ultraviolet). SLAR havaitsee vieraat aiheet, kuten öljyn 10–20 merimailin päästä koneen molemmin puolin, joten lennettäessä Suomenlahden keskilinjaa voidaan monitoroida koko Suomenlahtea. IR/UV-skanneria käytetään paikantamaan öljylautan paksuimmat kohdat sekä arvioimaan vuotaneen öljyn tilavuus. Valvontalentokoneiden laitteistot toimivat myös pimeässä ja huonossa näkyvyydessä. (Hänninen & Sassi 2010, 14-15.)

Myös AIS-järjestelmän (Automatic Identification System, laivojen automaattinen tunnistusjärjestelmä) kautta kerätty tieto voidaan heijastaa SLAR-kuvan päälle. Meriliikennetutkat ja FLIR-kamerat auttavat myös, lähinnä päästölähteen löytymisessä. SLAR:in, IR/UV:n ja FLIR:in hyödyntäminen on puutteellista kiinteän jääkannen tai lähellä toisiaan olevien jäälautojen aikaan. Tietyissä ympäristöolosuhteissa IR/UV-skanneri saattaa havainnoida öljyn ja jään välillä vallitsevan lämpötilaeron, mutta normaalisti jää tasoittaa eroa niin, ettei riittävää eroa synny. (Hänninen & Sassi 2010, 14.) SAR-satelliittien nykykehityksen myötä niistä voi tulla lupaava apu kartoitettaessa yksityiskohtaisesti jääolosuhteita alueella (Dickins 2010, 1; Hänninen & Sassi 2010, 15).

GPR-järjestelmät (Ground Penetrating Radar) vaikuttavat potentiaalisimmalta tekniikalta öljyn havainnointiin. GPR-tutka on osoittautunut tehokkaimmaksi välineeksi öljyn havaitsemiseksi jään alta. (Exxon Mobil 2008, 15-9; Lally 2011, 4; Velez et al. 2011, 4.) GPR-tutkaa voidaan käyttää matalalla lentävistä helikoptereista käsin havainnoimaan jään päällä lumen alle jäänyt öljy tai jääkannen alla oleva öljy (Dickins 2010, 1; Hänninen & Sassi 2010, 15). Käsikäyttöiset kaupalliset GPR-laitteet, jotka toimivat 500MHz:n–1GHz:n taajuuksilla, havaitsevat jään päältä operoita-

essa öljykalvot jään joukosta sekä 1–3 cm:n öljylautat jään alta. (Velez et al. 2011, 4.)

Huippuvuorilla tehdyn kokeen perusteella 500 MHz:n alueella toimiva GPR havaitsee helikopterista 2–3 cm:n öljylautat 40 cm:ä paksun jään lävitse ja jääkannen päältä jopa 65 cm:ä paksun jään lävitse (Dickins et al. 2008a, 2-5). Lallyn (2011, 4) kenttäkokeen perusteella GPR-tekniikka pystyy havainnoimaan helikopterista käsin yli 2 cm:n paksuiset öljylautat jään alta tai jään sisältä, silloin kun jää on 30–90 cm:n paksuinen. Havainnoinnin edellyttämästä lentonopeudesta tai havainnointikeilan leveydestä ei löytynyt tietoa. Käsi käyttöisellä GPR-laitteelta jään paksuus voi olla kaksikin metriä. Huono puoli on se, että öljy leviää myös jään alla, jolloin 2 cm:n kerrospaksuutta ei välttämättä saada. (Lally 2011, 4.) GPR-tekniikalla on mahdollista havaita onko öljyä vai ei, mutta sillä ei voida arvioida öljylautan paksuutta. Lisäksi öljyn

havainnointi rikkonaisen tai harjanteisen jään alta on vaikeaa, miltei mahdotonta. (Dickins et al. 2008a, 5.)

Koirat voivat havaita pieniäkin määriä öljyä jään alta, jäästä ja myös rannalla jäätyneistä sedimenteistä (Hänninen & Sassi 2010, 16) ja osoittaa öljyyntyneen alueen rajat (Dickins 2010, 1). Koirat tulisi olla koulutettu etukäteen ja niiden saatavuutta Suomessa tulisi selvittää.

Hajallaan olevien öljyläikkien havainnoiminen jäälauttojen seasta ja niiden seuraaminen on haastavaa mille tahansa nykyisin käytössä olevalle kaukokartoitusvälineelle, erityisesti pimeässä, sumussa tai pilvien ollessa matalalla (Dickins 2010, 1; Hänninen & Sassi 2010, 16). Näissä olosuhteissa käytetty keino on sijoittaa GPS- tai AIS-pöjuja kulkemaan öljylautan mukana (Exxon Mobil 2008, 15-9; Dickins 2010, 1; Hietala 2014b).

Taulukko 3. Havainnointi- ja seurantamenetelmien käytettävyyden talvitorjunnassa (Dickins 2010, 7).

Käyttöalusta		Jään päältä		AUV	Alukselta		Ilma-alukselta				Satelliittista	
Sensorit		GPR	Koirat	Kaiku-luotain	Merenkulku tutka	FLIR	GPR	Visuaalinen havainnointi	UV	FLIR	SLAR	SAR
Öljyn sijainti												
Jäällä	Jääkannen päällä	-	H	-	K	H*	H	H*	K*	H*	K	K
	Sulamisvesilammikoissa	-	H	-	?	H*	K	H*	?*	H*	?	K
	Lumeen hautautuneena	H	H	-	-	K*	H	K*	K*	K*	K	K
Jään alla	Kiintojään alla	H	?	H	-	-	H	-	-	-	K	K
	Ajojään alla	?	?	H	-	-	?	-	-	-	K	K
Jään sisällä	Erillisenä kerroksena	H	?	K	-	-	H	-	-	-	K	K
	Jään halkeamissa	?	?	K	-	-	?	-	-	-	K	K
Jäiden seassa	Jääpeittävyys 10-30%	-	-	K	H	H*	K	H*	H*	H*	H	H
	Jääpeittävyys 40-60%	-	K	K	?	H*	K	H*	?*	H*	?	?
	Jääpeittävyys 70-90%	-	?	K	K	H*	K	H*	K*	H*	K	K

H = Hyvä ? = Mahdollinen K = Kohtalainen, ei todennäköinen - = ei sovellu * = voi estyä pimeässä/sumussa/pilvisellä säällä

4.2 Kulkeutumisenusteet ja ajolehtimismallit

Avovedessä öljyn mallintaminen ja trajektoriat perustuvat pintavirtausten ja tuulen suuntaan ja nopeuteen. Vajonneen öljyn liikkeiden mallintaminen on vaikeampaa, sillä tietoa pinnanalaisista virroista ja pohjanmuodoista on vähän. Ajojäässä veden pinnalla oleva öljy yleensä liikkuu samaan suuntaan ja samalla nopeudella kuin jää. Pinnan alla olevan öljyn liikkeiden ennustaminen onkin sitten monimutkaisempaa, eikä luotettavia malleja ole vielä kehitetty. (Lampela 2011, 7-8.) Nykyiset matemaattiset mallit eivät pysty luotettavasti ennustamaan öljyn kulkutumista jään alla tai jäiden seassa. Öljyvuodon käyttäytymisen mallintamisen haasteena on se, että öljyn ominaisuudet muuttuvat koko ajan öljyn säistyessä. Tietoa erilaisten öljy- ja jäätyyppien käyttäytymisestä on vielä melko vähän. (DeCola et al. 2006, 6.)

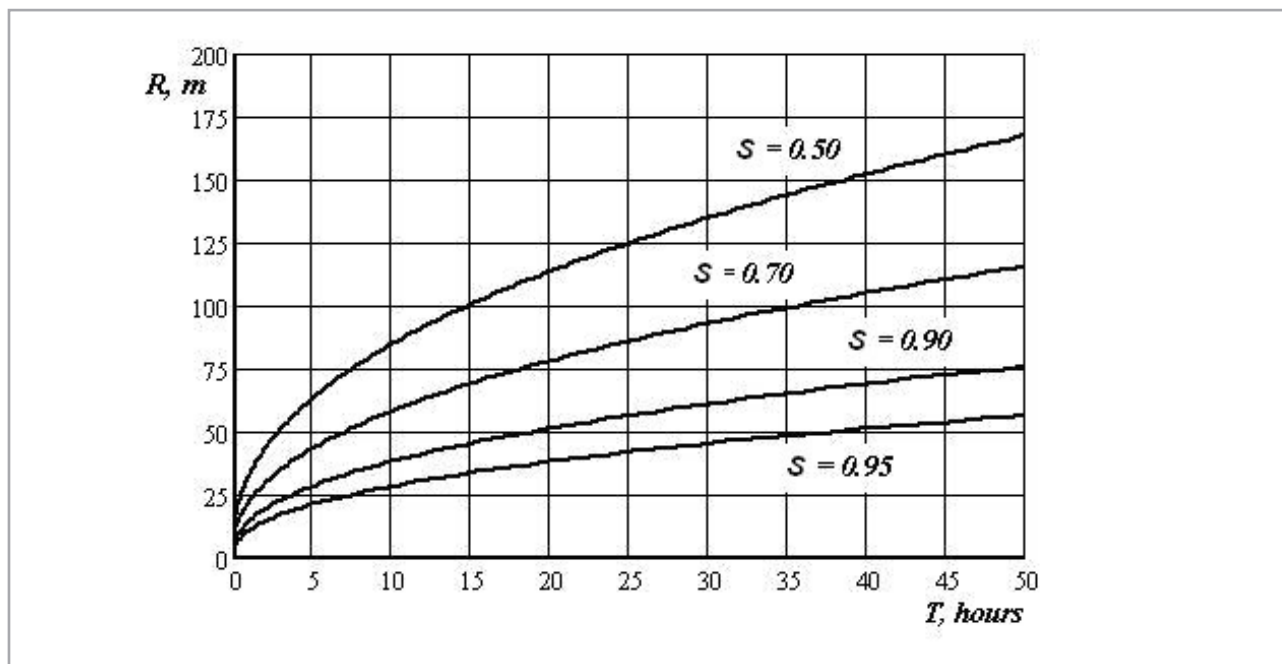
Öljyn liikkumisen mallintamiseen käytettäviä työkaluja on kuitenkin kehitteillä monia. Hänninen & Sassi (2010, 16) esittelee mm. OSRA- ja OSCAR-malleja sekä PolarView- ja SECurus-ohjelmia sekä niiden käyttökohteita ja rajoituksia selvityksessään *Acute*

Oil Spills in Arctic Waters – Oil Combating in Ice. Muita öljyn kulkeutumisen mallintamiseen kehitettyjä työkaluja ovat mm. SpillMod. SECurus/OSIRIS-järjestelmää käytettiin muun muassa Godafossin öljyvahingossa Norjassa 2011 (CEDRE 2011, 3).

Tämän kirjoittamishetkellä vielä työn alla ollut tutkimus (Goncharov 2014) simuloi raakaöljyn käyttäytymistä ja leviämistä aluksen kulkurännissä. Selvityksen perusteella muodostettiin kaava, jolla voidaan laskea öljyn leviäminen etäisyyden [m] ja ajan [h] funktiona. Laskennan avulla voidaan arvioida esimerkiksi kuinka pitkälle öljylautta on ehtinyt edetä jäässä siinä ajassa, kun torjunta-alkukset ovat saapuneet paikalle. (Goertlandt et al. 2014, 26-27.)

Alla oleva kaavio kuvaa öljylautan etenemän pituutta aluksen kulkurännissä neljällä eri jääpeittävyydellä 50 %:sta 95 %:in. Esimerkiksi 50 %:n jääpeittävyydellä öljylautta ehtii kulkea jäässä 100 metriä 15 tunnissa, mutta jos jääpeittävyys on 90 %:ia, öljy pääsee etenemään samassa ajassa alle 50 metriä. (Goertlandt et al. 2014, 27.)

Kuva 13. Öljylautan etenemän pituus (R) ajan (T) ja jääpeittävyuden (S) funktiona 20 metriä leveässä aluksen kulkurännissä (Goncharov 2014 Goertlandt et al. 2014, 27 mukaan).



5 Jäätalvi Suomenlahdella

Tämän luvun lähteenä on käytetty pääasiassa Vainion & Lumiaron 2014 ja Vihman & Lumiaron 2014 artikkeleita Itämeriportaalissa.

Itämerellä ja Suomenlahdella on jääpeite melkein joka talvi. Ankarina talvina koko meri saattaa jäätyä, mutta normaalisti jääpeitteen laajuus vaihtelee noin 20–40 %:a merialueen pinta-alasta (Lampela 2011, 20). Jäätä alkaa muodostua loka-marraskuun vaihteessa. Alussa jäätä muodostuu epätasaisesti, mutta veden kylmetessä jää paksunee tyynellä säällä 2,5 millimetriä vuorokaudessa yhtä pakkasastetta kohden. Jään kasvu jatkuu helmikuun viimeisille viikoille (vaihteluväli 2 kuukautta) ja haurastuminen alkaa maaliskuun puolenvälin jälkeen. Vuotuinen jääpeite on laajimmillaan tammikuun ja maaliskuun välillä, tavallisesti helmi-maaliskuun vaihteessa. (Vainio 2014a; Vainio & Lumiaro 2014.)

Itämerellä jää esiintyy kiintojäänä ja ajojäänä. Kiintojää on nimensä mukaisesti paikallaan pysyvää jäätä, joka on kiinnittynyt saariin, kareihin tai matalikkoihin. Sitä on rannikoilla ja saaristossa, jossa veden syvyys on alle 15 metriä. Kiintojää muodostuu jäätalven varhaisessa vaiheessa ja jää paikoilleen aina sulamiseensa saakka. (Vainio & Lumiaro 2014.)

Ulapoilla jää on ajojää, joka liikkuu tuulten ja virtausten voimasta. Ajojää voi olla tasaista, päällekkäin ajautunutta tai ahtautunutta. Myrskyisenä päivänä ohut ajojääkenttä voi liikkua 20–30 kilometriä. Jään liike aiheuttaa tasaisen jään hajoamisen lautoiksi, joiden halkaisija voi olla useita kilometrejä. Lisäksi jäiden liike synnyttää railoja, halkeamia, sohjovöitä, jäiden ajautumista päällekkäin ja niiden ahtautumista. (Vainio & Lumiaro 2014.)

Valleiksi kasaantunutta ajojäää kutsutaan ahtojääksi. Tyypillinen ahtoutumistilanne syntyy jääkentän liikkeessä kiintojääkentän reunaa vasten. Matalikkojen kohdalla ahtaumat ankkuroituvat pohjaan ja voivat näkyvältä osaltaan kasvaa jopa kymmenmetrisiksi. (Vainio & Lumiaro 2014.) Ahtautuma-alueet ja sohjovyöt vaikeuttavat meriliikennettä eniten, ja

ovat myös öljyntorjunnan toimintaympäristönä haastavampia.

Jäävahvistetut, lähes metrin paksuisessa tasaisessa jäässä kulkevat alukset eivät pysty liikkumaan paksuissa ahtojääkentissä tai sohjovöissä ilman jäänmurtajien avustusta. Myös voimakas jäiden puristus saattaa olla aluksille vaarallista. (Vainio & Lumiaro 2014.)

Rannikkojen tuntumassa olevia kiintojäävyöhykkeitä lukuun ottamatta merijää on lähes aina liikkeessä. Merijään liikkeet aiheutuvat tuulesta ja meriveden virtauksista. Itämerellä ei ole voimakkaita pysyviä merivirtoja. Tästä syystä jään liikkeet ovat lähinnä vallitsevien tuulien aiheuttamaa ajautumista. Tuulen nopeuden ylittäessä 5 m/s, on se jään liikkeen määrävin tekijä. Tällöin jään liikenopeus on 1–3 %:a tuulen nopeudesta. Esimerkiksi 10 m/s puhaltavalla tuulella jään liikenopeus on 0,2–0,6 solmua. Mitä tiiviimpi jääkenttä on, sitä hitaammin se liikkuu. (Vainio & Lumiaro 2014.) Jäiden ajalehtimissuunta on sitä enemmän tuulen suunnasta oikealle mitä paksumpaa jää on. Noin puolen metrin paksuiselle jäälle tyypillinen kääntymiskulma on 20–30 astetta. (Vihma & Lumiaro 2014.)

Kun ajojää liikkuu kiintojään tai yhteen jäätyneen ajojääkentän reunasta ulospäin, avautuu jääkenttään railo. Jos tuulen suunta pysyy lähes muuttumattomana laajalla alueella, voi railo muodostua hyvinkin pitkäksi. Itämeren alueella etelän ja lännen väliset tuulet ovat vallitsevia ja tästä johtuen eniten ahtaumia esiintyy Suomen rannikoilla sekä Suomenlahden itäosassa ja railoja vastaavasti tuulen yläpuolella, eli lähinnä Ruotsin ja Viron rannikoilla. (Vainio & Lumiaro 2014.)






















Pelastustoimen öljyntorjuntavastuun alueella jääolosuhteet vaihtelevat. Tyypillisesti sisäsaaristossa on kiintojää, ulkosaaristossa ajojäää ja avoveden ja ulkosaariston välissä sohjovöy, joka saattaa olla useita metrejä paksu. Kiintojää on tyypillisesti noin 20–30 cm:ä paksua. Vedenkorkeus voi vuorokauden aika-

na vaihdella joitakin kymmeniä senttimetrejä, mutta joissakin erikoistapauksissa jopa noin metrin vaihtelut ovat mahdollisia. (Vainio 2014a ja 2014b.)

Kiintojään, ajojään ja sohjovyön ero öljyntorjunnan kannalta on se, että kiintojäässä öljyvuoto pysyy

melko stabiilina ja lähellä, muutaman sadan metrin säteellä päästölähteestä, kun taas ajojäässä öljy kuluu jäiden mukana. Jäät ja sohjo rajoittavat öljyn leviämistä pitäen sen paksumpina kerroksena. (IMO 2014, 63 ja 65.)

Taulukko 4. Jääpeittävyys ja vastaava jääkartassa käytettävä symboli (Vainio et al. 2002).

	<p>Jääpeittävyys 100%</p> <p>Yhtenäinen tai yhteenjäätynyt jää: jään peittävyys 10/10. Kompakt eller sammanfrusen is: iskoncentration 10/10. Compact or consolidated ice: ice concentration is 10/10.</p>	 
	<p>Jääpeittävyys 90%</p> <p>Hyvin tiheä jää: jään peittävyys ainakin 9/10, mutta vähemmän kuin 10/10. Mycket tät is: iskoncentrationen åtminstone 9/10, men mindre än 10/10. Very close ice: ice concentration 9/10 to less than 10/10.</p>	 
	<p>Jääpeittävyys 70%</p> <p>Tiheä jää: jään peittävyys 7/10. Tät is: iskoncentration 7/10. Close ice: ice concentration 7/10.</p>	 
	<p>Jääpeittävyys 40%</p> <p>Harva jää: jään peittävyys 4/10. Spridd is: iskoncentration 4/10. Open ice: ice concentration 4/10.</p>	 
	<p>Jääpeittävyys 10%</p> <p>Hyvin harva jää: jään peittävyys 1/10. Mycket spridd is: iskoncentration 1/10. Very open ice: ice concentration 1/10.</p>	 
	<p>Jääpeittävyys alle 10%</p> <p>Lähes avoin vesi: jään peittävyys on vähemmän kuin 1/10. Öppet vatten: iskoncentration är mindre än 1/10. Open water: ice concentration less than 1/10.</p>	 
	<p>Avovesi, jääpeittävyys 0%</p> <p>Avovesi: alueella ei ole jäätä. Isfritt: i området finns ingen is. Ice-free: no ice present.</p>	 

6 Talvitorjunnan suunnittelu torjuntaskenaarioiden kautta

Talvitorjuntatilanteet voivat olla hyvin monentyypisiä. Toimintaympäristöjen ryhmittelyä voidaan tehdä olosuhteiden tai esimerkiksi öljyn ominaisuuksien ja sijainnin perusteella. Talvitorjuntaoperaatiot jaetaan yleisesti kolmeen erilaiseen skenaarioon, joissa operaatiolta vaaditaan omanlaistaan lähestymistapaa. Toimintamahdollisuuksia arvioitaessa merkityksellistä on se, onko jääkenttä stabiili vai liikkuva ja kesittääkö kiintojää torjuntakaluston. Skenaariot ovat:

- 1) avovesiaika,
- 2) siirtymävaiheet (jäätymisen ja sulamisen aika) sekä
- 3) kiintojään aika

Torjuntaskenaarioita voitaisiin jakaa edelleen alaryhmiin päästölähteen, öljytyypin ja vuotaneen öljymäärän mukaan, mutta se ei ole tässä yhteydessä tarkoituksenmukaista.

Avovesiajan, siirtymävaiheen ja kiintojäävaiheen torjuntaskenaariolle voidaan määritellä kolme merellistä torjuntastrategiaa: vuodenhallinta, rajoittaminen ja suojaaminen. Näitä seuraa omana vaiheenaan rannan puhdistus (EPPR 1998, 3-4). Tässä luvussa käydään lävitse eri torjuntaskenaarioiden piirteitä sekä niissä hyödynnettäviä toimintatapoja. Käyttökelpoisten menetelmien tarkemmat kuvaukset löytyvät luvuista 7 ja 8.

Avovesitorjuntaa määrittävät ilman ja veden lämpötila, sekä niistä aiheutuvat erot öljyn käyttäytymisessä ja kaluston käyttökelpoisuudessa (Exxon Mobil 2008, 15-5). Jäätymisen aikaan öljy saattaa jäädä kasvavan kiintojään sisään. Vakaan kiintojään aikaan, jolloin jään paksuuntuminen on hidastunut tai loppunut, öljy pysyy stabiilina jään alla. Jään alkaessa haurastua syntyy pystysuoria railoja, joiden kautta öljy nousee lätköiksi jään päälle. (Marsh et al. 1979, 1-2.)

Paksu kiintojää saattaa estää aluskaluston pääsyn kohteeseen, mutta optimioloissa se mahdollistaa työskentelyn jääkannen päältä. Torjunta keskittyy ensisijaisesti tavoittamaan jääkannen alla oleva öljy. Tyypillinen kiintojääskenaario on esimerkiksi ran-

nikkoväylältä ajautunut öljylautta tai maalta vesistöön tapahtunut vuoto, esim. putkirikosta johtuva öljyvahinko. Merenpohjassa putkissa liikkuva öljy on lämmitettyä. Putkirikossa öljy sulattaisi paikallisesti jäätä ja suurin osa öljystä pysyisi jään pohjaan sulattamassaan taskussa. (Marsh et al. 1979, 1-2.)

Torjunnan kannalta haastavimmat olosuhteet ovat paksun liikkuvan jääkentän vaihe, jolloin jääpeittävyys on 60 %:n ja 90 %:n välillä ja jää saattaa olla ahtautunutta. Liikkuvassa jääkentässä öljy leviää jään alle ja jäälauttojen sekaan. Jääkentän muuttumisesta riippuen vuotanut öljy saattaa sekoittua jään sisään, sen epäyhtenäisiin osiin sekä kumpareisiin ja paineharjanteisiin, jolloin torjunta vaikeutuu. Tällaisissa tilanteissa torjunta pohjautuu ensisijaisesti alustoimintoihin jäänmurtoavustuksella, mutta torjuntajoukkoja voi olla tarpeen varustaa myös jäälle. (Marsh et al. 1979, 1.)

Liikkuvan ohuen jääpeitteen aikana jotkut normaali-ajan menetelmät ovat käyttökelpoisia. Usein tämän-tyyppistä tilannetta verrataan avovesiaikaiseen torjuntaoperaatioon. Ajelehtivat irtojääät kuitenkin monimutkaistavat avovesiaikaisten menetelmien käyttöä. (Marsh et al. 1979, 1-4.) Jo 10 %:n jääpeittävyys heikentää avovesitekniikoiden käytettävyyttä (Jensen 2004, 16; Robetson & DeCola 2001 DeCola et al. 2006, 33 mukaan) ja ylärajana pidetään yleisesti 30 %:n jääpeittävyyttä (EPPR 1998, 3-26; Glover & Dickins 1999, 7; Evers et al. 2006, 40; Lampela 2011, 9). Heikot jäät eliminoivat mahdollisuuden työskennellä jäältä käsin, jolloin toimintaa ohjataan mereltä ja torjunta keskittyy öljyn keräämiseen veden pinnalta. Liikkuvassa jääkentässä voidaan työskennellä myös kelluvan alustan päältä. (Marsh et al. 1979, 1-4.)

6.1 Torjunta avovedessä

Öljyvudon rajoittaminen päästölähteelle tai sen lähialueille on tehokkain tapa minimoida päästön vaikutukset. Rajoittamisen tavoitteena on öljylautan leviämisen estäminen silloin, kun toimet vuodon tukkimiseksi päästölähteellä epäonnistuvat tai kun siellä ei saada talteen kaikkea vuotanutta öljyä. Rajoitta-

minen tehdään estämällä ja keräämällä, polttamalla tai imeyttämällä. Polttamista ei suositella Itämerellä. Vajonneen öljyn kerääminen saattaa olla mahdollista nuottaamalla. (EPPR 1998, 4-10.)

Puomituksilla voidaan rajoittaa, estää ja jossain määrin suunnata öljyn kulkeutumista (Jolma 2014). Puomit tulee asettaa ajoissa ennen kuin öljylautta ehtii dispersoitua tai laajentua ja ohentua alle 1 mm:n kalvoksi tai hajota pienempinä osina laajalle alueelle avoveteen, jäiden sekaan tai jään alle (EPPR 1998, 4-8). Puomeilla pyritään lisäämään öljykerroksen paksuutta, jotta sitä voitaisiin kerätä. Aivan ohuita molekyylin paksuusluokkaa olevia öljykalvoja ei ole enää käytännöllistä edes yrittää puomittaa. (Jolma 2014.) Puomeja voidaan käyttää keräämiseen esimerkiksi U-, V- ja J-muodostelmissa. Puomit ovat käytökelpoisia alle solmun eli 0,5 m/s virtausnopeuksissa tai alle 10 m/s tuulessa. (EPPR 1998, 3-6.)

Talviset avovesiolosuhteet voivat olla todellinen turvallisuusriski (Exxon Mobil 2008, 15-5). Aallonkorkeuden ylittäessä 1 metriä havainnointi ja öljylautan kulkeutumisen seuranta saattavat olla ainoat järkevät toimenpiteet (EPPR 1998, 3-5).

Normaalioloissa puomittaminen B- ja C-luokan veneillä vaikeutuu ja ankkurointi D-luokan veneillä hidastuu yli 0,75 metrin aallokossa. Yli 1,0 m aallokossa rajoittamisen ankkurointi ei enää onnistu B- ja C-luokan veneillä. Ankkurointi on tehtävä 25 metrin välein, koska ankkurointeja ei voi lisätä jälkikäteen yli 1,0 metrin aallokossa. Aallokon ylittäessä 1,25 metriä vain E- ja F-luokan veneitä voidaan käyttää puomittamiseen. Merkitsevän aallonkorkeuden ylittäessä 1,5 metriä, rajoittaminen ei ole mahdollista nykyisellä pelastuslaitosten kalustolla henkilöstöä vaarantamatta. (SRÖTVA 2008, 15.) Veneiden toimintarajat laskevat näistä aallonkorkeuksista pärskeiden kerryttäessä jäätä veneen rakenteisiin. Lisäksi veneen propulsiojärjestelmästä ja jääolosuhteista riippuu, onko vene ylipäättään toimintakykyinen.

Mekaanisen keräämisen tehokkuus riippuu merenkäynnistä ja tuulesta vahinkopaikalla. Öljynkerääminen 0,75 metrin merkitsevässä aallonkorkeudessa

on lähes mahdotonta kaikilla pelastuslaitosten kalustoilla (SRÖTVA 2008, 15). Ainoastaan aallonvaimennuskanavalla varustetuilla öljynkeräysaluksilla on mahdollista kerätä öljyä korkeammassa aallokossa (Hietala 2014b). Aallokko nousee nopeasti erityisesti matalassa, noin 10 metrin syvyisessä vedessä (EPPR 1998, 4-17). Itämeressä aallokko saattaa nousta teräväksi hyvinkin lyhyessä ajassa. Aallonharjojen välin ollessa 1–2 sekuntia estävät murtuvat aallot tehokkaan torjuntatyön. Pidemmässä aallokossa (aaltotakson väli yli 6 sekuntia) mekaaninen kerääminen saattaa onnistua. (EPPR 1998, 4-8.)

Valmistaudu rantaviivan suojaamiseen ja rantatorjuntaan. Arvioi öljylautan liikkumissuunta ja -nopeus sekä likaantumisvaarassa olevat kohteet. Perusta suojaus- tai ohjauspuomitus ja seuraa ankkureiden pitävyyttä. Kevyet rantapuomit eivät ole jääolosuhteissa käyttökelpoisia (MSB et al. 2010, 80). Suurissa vahingoissa yhden ranta-alueen suojaaminen saattaa johtaa viereisten alueiden likaantumiseen, ellei öljyä saada kerättyä pois. (EPPR 1998, 3-5, 3-8, 3-9 ja 4-14.)

Kerää öljyä esimerkiksi harjakeräinten ja skimmereiden avulla joko kelluviin tai maalla oleviin säiliöihin. Jos öljy ei ole emulgunoitunutta, kannattaa hyödyntää öljy-vesi-seoksen erottelemista. Suunnittele jätteen keräys- ja kuljetuslogistiikka tavalliseen tapaan, mutta vain lämmitettäviä siirto- ja kuljetusyksiköitä käyttäen.

Ruskeansävyiset lautat skimmeröidään pois, kirkaat sateenkaaren väriset haihtuvat (EPPR 1998, 3-5, 3-8 ja 3-9 ja 4-14). Mahdollisuuksien mukaan myös kevyet öljyt pyritään keräämään, sillä vaikka haihtuminen vähentää mereen joutuneiden kokonaisuutena, jäävät kaikkein myrkyllisimmät ainesosat vesimasaan (Hietala 2014b). Käytä öljyhakuisia skimmereitä, ts. niitä joihin öljy kiinnittyy. Harja-, kiekko- ja rumpuskimmerit keräävät kevyttä ja keskiraskasta öljyä, harja- ja nauhaskimmerit raskaampia öljyjä. (EPPR 1998, 3-6.) Jos harjakeräimet tai nauhaskimmerit eivät toimi raskaalle öljylle, voidaan kokeilla kahmareita, ruoppauskauhaa tai nuottaamista.

Öljy tulee ottaa mahdollisimman hyvin haltuun ennen kuin se uppoaa. Uponneen öljyn etsiminen on erittäin vaikeaa, puhumattakaan sen keräämisestä. (Lampela 2011, 21; EPPR 1998, 3-6.)

Itämerellä polttaminen on epätodennäköistä. Jos poikkeuslupa polttamiselle saadaan, tulee se tehdä nopeasti. Raakaöljy tulee polttaa 2–5 päivän sisällä vuodosta. Polttaminen edellyttää, että öljyvesiemulsiossa tulee olla vähintään 75 %:a öljyä ja lautan paksuus tulee olla suurempi kuin 2–3 mm:ä. Lisäksi aallokon tulee olla alle 2 metriä eivätkä aallonharjat saa murtua. Tuulennopeuden tulee olla alle 10m/s:ssa. (EPPR 1998, 3-7.) Sytyttämiseen tarvitaan apuaineita ja polttamiseen tulenkestävät puomit, ellei jään reuna estä öljyn leviämistä. Jääolosuhteet rajoittavat polttopuomien käyttöä, sillä ne kestävät huonosti jäiden kuormitusta (Lampela 2014b). Lisäksi tarvitaan turvallisuussuunnitelma, josta käy ilmi sytyttämisen ja polttamispaikka sekä alueet, jotka altistuvat savulle. (EPPR 1998, 3-8.) Raakaöljyn korkea rikkipitoisuus aiheuttaa turvallisuus- ja terveysvaaraa – EPPR:n (1998, 3-8) mukaan yhtäläillä sekä polttamattomana että poltettuna. Suoja-alueeksi varataan 10 km:ä tuulen alapuolelta. Varmista, ettei tahattomia tulipaloja syty ja varaa sammutuskalustoa. (EPPR 198, 3-8.) Suomessa ei suositella polttamista, mutta suurissa öljyvahingoissa jääoloissa polttaminen avomerellä saattaa joskus olla vartenotettava vaihtoehto (Lampela 2011, 21). Lisää polttamisesta luvussa 7.6.

6.2 Torjunta siirtymävaiheiden (jäätymisen ja sulamisen) aikana

Siirtymävaiheiden torjuntaan tuo haasteita erityisesti vahinkoalueen saavutettavuus sekä avovesialueen vaihteleva koko ja sijainti. Siirtymävaiheiden aikaan on huomioitava raitojen, ahtojään ja jäämurskakenttien muodostuminen sekä jään liikkumisen tuomat haasteet. Jääkenttä liikkuu tuulen ja virtausten takia. Jääkentän liikkuminen voi aiheuttaa suuriakin vaihtelevuutta ja kaluston sijaintia saatetaan joutua muuttamaan. Muutos saattaa tuoda myös aikaisemmin tavoittamattomissa olleet öljylautat paremmin saataville. (EPPR 1998, 3-25 ja 3-26.) Jos on odotettavissa vedenpinnan muutoksia, tulee jäässä olevat raitot ottaa huomioon: öljy nousee ja laskee vedenpinnan mukana ja saattaa

nousta raitojen kautta ylös. (EPPR 1998, 3-43; 3-46.) Suomenlahdella vedenkorkeuden vaihtelut ovat keskimäärin 1 metriä ja voivat enimmillään olla 2,5–3 metriä. Keväällä viimeistään öljy nousee raitojen ja puikkoontumisen myötä jään päälle (Vainio 2014a).

Tyypillisesti siirtymävaiheiden aikaan on paljon irtojäätä. Jäätymisen aikaan on ohuita tasomaisia ja pienempiä jääpaloja, kun taas jäidenlähdon aikaan laajempia, paksuja jäälauttoja. Öljy voi kiinnittyneenä jäälohkareisiin tai imeytyneenä lumeen. Jäätymisen aikaan öljy saattaa sekoittua ja kapseloitua jäähän sisään. Jos öljy on levinnyt laajalle alueelle jäälauttojen väliin, mikään torjuntamenetelmä ei ole kovin käytännöllinen. (EPPR 1998, 3-25, 3-26 ja 3-30.)

Syksyllä rantaviivan jäätymässä öljy saattaa jäätä siihen kiinni. Jos öljy ei aiheuta terveys- tai muuta haittaa, voidaan alue merkitä, puomitaa ja poistaa öljy siten kun jää keväällä sulaa. (Owens, C. 2014, 10; EPPR 1998, 3-30.) Keväällä öljy irtautuu sulavasta jäädästä ja lähtee liikkeelle, ellei sitä ole puomitettu ja ellei sitä kerätä pois (EPPR 1998, 3-30). Keväällä jäiden haurastuessa on usein haastavaa päästä vahinkokohteeseen. Meriveden noustessa jään päälle, veden mukana nouseva öljy alkaa levitä vapaasti pintavedessä. Öljy tulisi saada kerättyä pois sulamisvedestä. Jään päällä oleva öljyinen vesi valuu muualla jäässä olevien raitojen kautta takaisin jään alle ja leviää lisää. Kun sulat pintavedet valuvat jään alle, irtoa jää merenpohjasta ja alkaa nopeasti sulaa. (Glover & Dickins 1999, 4.)

Rajoittaminen puomeilla onnistuu siirtymävaiheessa jos jäälautat tarpeeksi pieniä. Rajoituspuomitukselta ei ole mitään hyötyä liikkuvassa jääkentässä jos jäälautat ovat suuria tai jos jään peittävyys on yli 30 %:a (EPPR 1998, 3-26; Exxon Mobil 2008, 15-6) sillä jäälautat puskevat puomin ylitse. Myös pienemmät jäälautat voivat aiheuttaa ongelmia silloin kun tuulennopeus nousee yli 10 m/s. Jäälauttojen liikkuminen estää ohjailupuomien käytön. Öljyn ajautuminen rantaan on todennäköistä, kun ei ole rantaa suojaavaa ehjää kiintojäätä. (EPPR 1998, 3-29.)

Kestävyys on puomin tärkein ominaisuus. Huomaa, etteivät polyuretaani- ja PVC-puomit oikein kestä



Kuva 14. Kajaanin Kulunnanpuron öljyvahingossa puomitusta seurattiin päivittäin jäidenlähdön aikaan (Kainuun pelastuslaitos 2012).

jäissä. Ankkuroiminen voi olla vaikeaa ja epäkäytännöllistäkin. Puomin pysymistä paikoillaan ja sen kunnossa pysymistä tulee valvoa. (Exxon Mobil 2008, 15-6; EPPR 1998, 3-26.)

Kun jään peitto kasvaa yli 30 %:iin, jää alkaa jo itsessään toimia puomina, jolloin öljyä voidaan kerätä samanlaisin hyötysuhtein railoista ja avoväyliltä kuin avovesiaikaankin. Tosin turvallisuusriskit ovat huomattavammat. (Velez et al. 2011, 2.) EPPR suosittelee polttamista kaikkein tehokkaimpana vaihtoehtona näissä olosuhteissa, joskus jopa ainoana keinona (EPPR 1998, 3-25), mutta Suomessa polttamista ei suositella.

Öljyä voidaan kerätä jäälauttojen välistä, puomituksesta tai sulkemalla öljy lahteen (EPPR 1998, 4-10). Siirtymävaiheiden aikaan tukeudutaan erilaisten keräysmenetelmien sekakäyttöön, joita ovat muun muassa skimmerointi ja pumppaus. Öljyä, joka leviää jäiden sekaan, voidaan skimmeröidä jos lautat vain ovat riittävän paksuja, vähintään 2–3 mm:ä. Jäiden joukkoon hajaantuneiden öljypisaroiden tai -partikkeleiden poistaminen ei ole millään menetelmällä tehokasta tai käytännöllistä, ellei jäiden sulaminen muodosta tiiviimpiä ja keskitetympiä öljylauttoja. (EPPR 1998, 4-11.)

Useimmiten skimmerien käyttö edellyttää riittävästi avovettä ja jäiden ohjaamista keräysyksikön ohitse. Nosturilla operoitavat suuret skimmerit ovat käyttökelpoisimpia, ja myös harjakauhat toimivat eri jääpeittävyyksissä. (Lampela 2014a; Kilpeläinen 2014c; Muhonen 2014.)

Pakkaskauden ja jäätyamisen alussa sekä aivan sulamisen loppuvaiheessa voidaan hyödyntää avovesikauden menetelmiä, kun jääpeittävyys on alle 25–30 %:a (EPPR 1998, 3-26). Tästä 30 %:n rajasta ollaan kuitenkin montaa mieltä. Esimerkiksi Beaufortin merellä vuonna 2000 pidetyn harjoituksen perusteella Bronson et al. (2002) arvioivat, että torjuntaoperaation toimivuus rajoittui alle 10 %:n jääpeittävyYTEEN. Ennen harjoituksia toimintarajan arvioitiin olevan tuossa yli 30 %:n jääpeittävyYdessä. Harjoituksessa kokeiltiin torjuntatekniikoita erilaisissa jääolosuhteissa syksyllä ja keVäällä, oikeaa öljyä ei kuitenkaan käytetty. (Jensen 2004, 16.) Myös Robetson & De-Cola 2001 (DeCola et al. 2006, 33 mukaan) kertovat liikkuvien jäiden heikentäneen torjunnan tehokkuutta merkittävästi jääpeittävyYden ylitettäessä 10 %:a. Mekaaniseen torjuntaan pohjautunut torjuntaoperaatio oli tehokas vain, jos jäät ohjattiin skimmereiden toiminta-alueella alle 10 %:n pitoisuuteen. Harjoituk-



Kuva 15. Muuttuvassa jääkentässä työskentely proomun kannelta (Glover & Dickins 1999, 7).

sisä jäälautat aiheuttivat huomattavaa rasitusta puomituksille ja ne pettivät. (Robetson & DeCola 2001 DeCola et al. 2006, 33 mukaan.)

Siirtymävaiheissa jääkansi on liian heikko ja epävakaa, jotta sen päältä voisi työskennellä. Työskentelyalustaksi voidaan ottaa matalasyväyksinen proomu tai vastaava. Alustan saaminen torjuntapaikalle saattaa kuitenkin nousta haasteeksi jos se normaalisti sijaitsee rannalla kiintojävyöhykkeen takana. Proomut, joiden kannelle mahtuu tarvittava kalusto, ovat leveydeltään noin 30 metriä, kun taas murrettun rännin leveys on yleensä noin 25 metriä. (Ekholm 2014a; Kilpeläinen 2014b; Rasijeff 2014a; Saarinen 2014b; Ritari 2014a; Vainio 2014a.)

Jääolosuhteet asettavat työskentelyalustalle tietynlaisia vaatimuksia sen lujuuden, kestävyuden, ohjailtavuuden ja muun muassa nosturien ulottuvuuden ja työskentelysäteen suhteen (Jensen 2004, 16). Kalustoharjoitusten perusteella proomupohjaisen työskentelyn toimintaedellytykset ovat syksyllä maksimissaan 0–1 %:n jääpeittävyudessa, keväällä ilman jäiden ohiohjausta 10 %:n jääpeittävyudessa sekä 30 %:n jääpeittävyudessa silloin, kun jäät ohjataan keräysalueen ohitse (National Research Council 2003, DeCola et al. 2006, 33 mukaan).

Skimmerit asetetaan jäälauttojen väliin jääviin avovesikohtiin, kuten väylille. Käyttökelpoisimpia ovat harjaskimmerit. Myös rumpu- ja kiekkoskimmereitä voidaan käyttää jos jääsohjo ohjataan pois päin skimmeristä. (Exxon Mobil 2008, 15-6; EPPR 1998, 3-27.) Harjakauhaa ja nosturilla operoitavia harjakeräimiä voidaan helposti ohjata optimaalisiin keräyskohtiin. Kelluvat keräimet yleensä edellyttävät riittävästi avovettä. Suurissa jääpeittävyyksissä avovesialueita voidaan muodostaa kahmereilla tai potkurivirtauksilla. Kerättävässä jätteessä on oletettavasti paljon jääsohjoa mukana. Huomioi tämä keräyssäiliöitä järjestettäessä sekä varaa riittävästi selkeytystankkeja. (Lampela 2014a; Exxon Mobil 2008, 15-6; EPPR 1998, 3-27.)

Skimmerien saaminen tarpeeksi lähelle öljylauttaa voi olla haastavaa. Kun öljy on kerääntynyt jäälauttojen ansiosta rajatulle alueelle, aluksen tullessa lähemmäs aiheuttaa se virtausliikkeen, joka hajottaa lautat erilleen ja öljy vapautuu leviämään laajemmalle alueelle ja ohuemmaksi, huonosti kerättävissä olevaksi kerrokseksi (Jensen 2004, 15). Mitä suurempi uppouma aluksella on, sitä suurempi on sen liikevaikutus jääkenttään. Öljyistä aluetta on lähestyttävä varovasti, mieluiten ilman potkurivoimaa. Myös keräämisen aikana annetaan aluksen ajelehtia jäälauttojen muka-

na, silloin kun se on mahdollista, ja vältetään potkurivirtausten aiheuttamista. Käytettäessä skimmeireitä riittävän vakaalta alukselta tai proomuualustalta käsin, voidaan useimmiten käyttää pidempiulotteisia nostureita. Näin ei välttämättä tarvitse ajaa aivan öljyläikkien viereen.

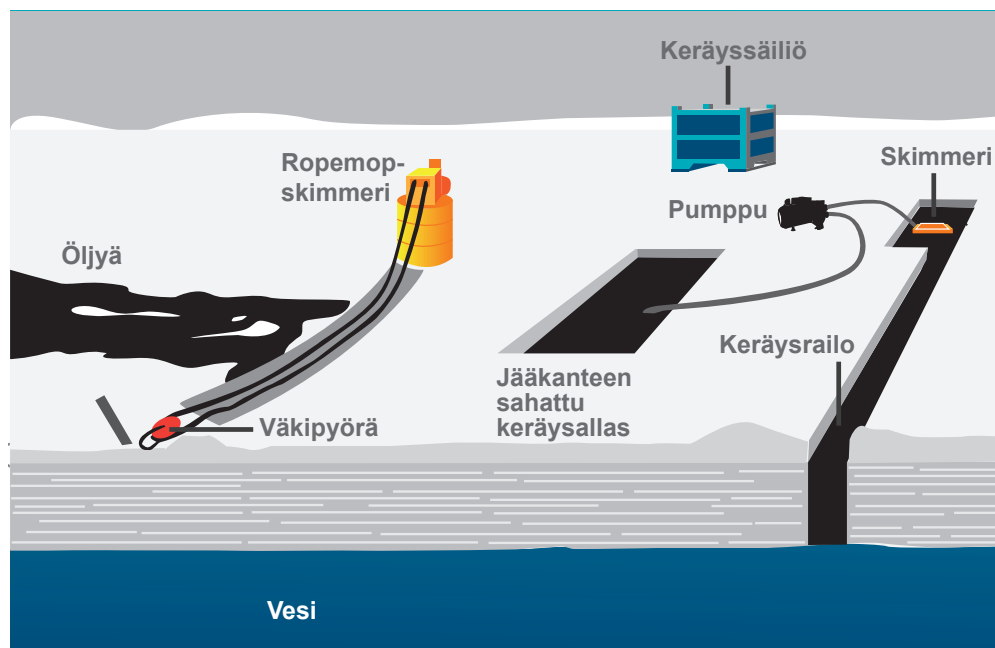
6.3 Torjunta kiintojäävaiheessa

Kantava kiintojää helpottaa öljyntorjuntaa monin tavoin. Se rajoittaa öljyn liikkumista ja tarjoaa tukevan työskentelyalustan, johon voidaan rakentaa keräilyalutaita. (MSB et al. 2010, 77; Exxon Mobil 2008, 15-4 ja 15-7; Glover & Dickins 1999, 5; EPPR 1998, 3-41.) Suurin osa öljyntorjuntaa kiintojäävaiheessa koskevasta ohjeistuksesta on tarkoitettu arktisille alueille. Ero arktisen jääpaksuuden ja Suomenlahdelle ominaisten jääpaksuuksien välillä tulee huomioida. Jään kantavuudessa on myös alueellisia eroja, joten kantavuuden arvioinnissa kannattaa hyödyntää Ilmatieteenlaitoksen jääasiantuntijoita. Sisäsaaristossa kiintojään kantavuus yleensä riittää työskentelyalustaksi ja jääteiden rakentamiseen. Ulkosaaristoon ulottuva kiintojää on tyypillisesti noin 20–30 cm:ä paksua, jolloin se ei kannata raskaita ajoneuvoja eikä siten mahdollista kalustosiirtoja jäitä myöten (Vainio 2014a). Esimerkiksi 25 tonnin vaihtolava- tai loka-auto edellyttää 80 cm:n ja 9000 tonnin jääsaha 50 cm:n jäävahvuutta.

Kiintojääskenaariossa öljy voi jään alla maalta vesistöön valuneen öljyvuodon seurauksena tai silloin, kun alusöljyvahingosta ajautunut öljy kulkeutuu jääkannen alle. Öljy voi myös kellua jään reunaan vasten väylällä tai kiintojään ja avoveden reuna-alueella.

Kiintovaiheessa öljy ei leviä paljoa vaan säilyy paksumana kerroksena. Jään alla öljy hakeutuu jään alapinnan taskuihin ja sen ominaisuudet säilyvät sekoittumisen ja haihtumisen ollessa vähäistä. (Allen & Nelson 1981, 1; EPPR 1998, 4-8; Lampela 2011, 3 ja 5). Diesel, polttoöljyt ja raakaöljy saattavat säilyä pitkäänkin säistymättä (EPPR 1998, 3-41).

Jään alle kulkeutuneen öljyn torjunta lähtee öljyn paikallistamisesta. Öljyn löytäminen ei välttämättä ole helppoa. (Lampela 2011, 21; Exxon Mobil 2008, 15-4; Glover & Dickins 1999, 5.) Vuodon leviämisen seurannassa ja jäljittämässä kannattaa hyödyntää paikallistuntemusta esimerkiksi virtausten osalta. GPR (ground penetrating radar) on osoittautunut tehokkaimmaksi välineeksi öljyn havaitsemiseksi jään alta (Lally 2011, 4; Velez et al. 2011, 4; Exxon Mobil 2008, 15-9). Lukuisia öljyn havainnointiin ja paikallistamiseen tarkoitettuja laitteistoja ja menetelmiä on kehitetty (katso luku 4), mutta niiden saatavuudesta pelastustoimen käyttöön ei ole tietoa. Yksinkertaisin menetelmä on kairata jäähän reikiä (Marsh et al.



Kuva 16. Tyypillinen kiintojäätilan-teen öljyntorjuntatyömaa (Glover & Dickins 1999, 5; ACS 2012, 114).



Kuva 17. Puomitusta Kulunnanpuron öljyvahingossa Kajaanissa (Kainuun pelastuslaitos 2012).

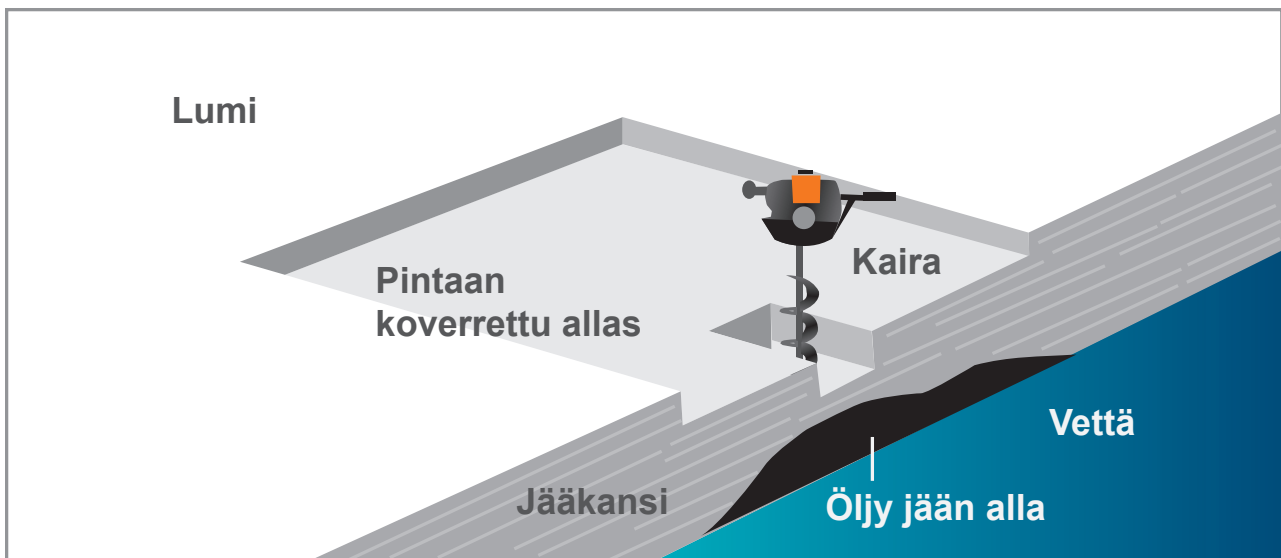
1979, 3; Allen & Nelson, 1981, 3), mutta kairaaminen vaatii paljon työvoimaa ja se hitaana prosessina saattaa määritellä tahdin myös muulle torjuntatyölle (Marsh et al. 1979, 3). Moottorikaira on erittäin tarpeellinen, sillä esimerkiksi puomirailon räjäytysten yhteydessä jäähän tulee kairata satoja reikiä (Palola 2014b).

Kun öljy on paikallistettu, siihen täytyy päästä kärsiksi. Jäähän voidaan kairata reikiä tai sahata railoja, keräilyaltaita ja -ojia, jolloin öljy voidaan pumpata tai skimmeröidä pois. (EPPR 1998, 3-43.) Öljyn esille saamiseen voidaan käyttää myös räjähdepanoksia (Kilpeläinen 2014a; Palola 2014a). Jos onnettomuuspaikalle pääsee raskaalla kalustolla ja jää tulee läpäistä useasta kohdasta, nopein tapa on käyttää kaapelointiin tai jääpatojen torjuntaan käytettäviä jääsahoja (Estlander 2014; Muhonen 2014) tai rakentamiseen tarkoitettuja tehokkaita poria (Marsh et al. 1979, 3). Jään alla olevan öljyn ohjaamista voidaan kokeilla jäähän sahattujen railojen kautta, johon öljypuomi lasketaan (EPPR 1998, 4-13). Virtaavassa

vedessä, esimerkiksi joessa, jäärailo voidaan sahata jäähän kulmassa virtaussuuntaan nähden samalla tavoin kuin ohjattaisiin öljyä puomilla. Öljypuomi voidaan laskea railoon ja antaa sen jäätyä paikoilleen. Myös jään pinnanmuotoja voidaan muuttaa öljyn ohjaamiseksi ja rajoittamiseksi. (EPPR 1998, 3-41 ja 3-43.) Lumivallien ja ojien avulla rajoitetaan vuodon leviämistä jään päällä (Exxon Mobil 2008, 15-8; EPPR 1998, 4-10).

Kun öljy on saatu esille, sen keräämiseen tai poistamiseen on useita menetelmiä. Kiintojäävaiheessa käytettäviä keräysmenetelmiä ovat manuaalinen poisto, alipaineimu ja mekaaninen poisto. Menetelmän valintaan vaikuttavat öljyn määrä ja tyyppi sekä jään ominaisuudet. (EPPR 1998, 3-43 ja 3-46.) Jään alla käytettävien öljynkeräystekniikoiden kehitystyö on meneillään (Muhonen 2014).

Öljyä voidaan kerätä alipaineimulla ja pumpuilla keräilyaltaista ja -railoista. Jään kantaessa raskasta kalustoa perustetaan jäätiet vahinkopaikalle. Kohteessa



Kuva 18. Jäähän koverrettu tilapäinen keräysallas (ACS 2012, 116).

sahataan jäähän keräilyaltaat ja järjestetään suora pumpaus tai imu säiliöautoihin, joissa on lämmitettävät säiliöt. Pakkasella voidaan keräilyaltaassa pitää hyörysingaa, jolloin öljy pysyy juoksevampana. (Glover & Dickins 1999, 5-6.)

Imua ja pumpausta käytettäessä on vältettävä summittaista ja valikoimatonta keräämistä, eli öljyn, jään ja veden keräämistä sekaisin. Imuauton öljy-vesi-keräyssuhde on yleensä huono. Valikoidun keräämisen takaamiseksi imupää tulee pitää tarkasti vedenpinnan korkeudella (Saarinen 2014a). Hyötysuhteen parantamiseen on myös lisälaitteita, kuten Manta Ray-skimmeri (ACS 2012, 7 ja 53-54; Muhonen 2014). Summittainen kerääminen johtaa paitsi suureen välivarastointi- tai kuljetuskapasiteettitarpeeseen, myös putkistojen, letkuliittimien ja koplalinkien jäätymiseen. Ongelmana voivat olla myös letkujen, liittimien, tiivisteiden ja muiden välikappaleiden pakkasesta johtuvat haurastumisvauriot. (Exxon Mobil 2008, 15-4; EPPR 1998, 3-44.)

Sekundaarista likaantumista vähentää jos lumi kolataan tai aurataan ja jään ylimmäiset kerrokset poistetaan ja viedään sivuun, kun keräilyaltaita tehdään (Glover & Dickins 1999, 5-6). Keräilyaltaat ovat usein läpijään sahattuja avantoja, mutta

jäähän voidaan kovertaa myös allasmaisia syvennyksiä, joihin öljy vapautetaan. (ACS 2012, 61).

Skimmereillä kerätään öljyä aluksen kulkurännin reunamilta ja jäälohkareiden väliin jäävistä avovesikohdista. Öljytyypistä ja vallitsevista olosuhteista riippuen öljy muuttuu hyvin viskoosiksi ja sekoittuu lumen ja jäämurskan kanssa, ja tämä vaatii tiettyjä ominaisuuksia keräys- ja kuljetuslaitteistolta (Marsh et al. 1979, 3). Jos öljy on kovin säistynyttä tai öljy-lumi-seoksena, kerätään likaantunut massa kauhakuormaajilla, kahmareilla tai traktorikauhoilla ylös ja kuljetetaan sulatettavaksi, jolloin öljy ja vesi saadaan eroteltua toisistaan. Jään päälle lammikoitunut öljy voidaan myös pumpata pois jos käytettävissä on viskoosille öljyille soveltuvia pumppuja. (Marsh et al. 1979, 3.)

Öljyä voidaan myös imeyttää lumeen. Lumen imeytyskyvystä on arvioita alle 1 prosentista (EPPR 1998, 4-97) 20–70 prosenttiin (Allen & Nelson 1981, 1; Owens et al. 2005, 2). Likaantunut lumi ja jää voidaan sulattaa vedeksi ja öljyksi joko paikanpäällä tai loppukäsittelypaikalla (Glover & Dickins 1999, 5-6). Lumen sulattamiseen on käytetty säiliöitä, joissa öljypolttimella tuotetaan sulattamiseen tarvittava lämpö (Lampela 2014b). Lumesta voidaan rakentaa myös erilaisia valleja ja penkereitä, joilla rajoittaa öljyn liikkumista tai joihin kerätä öljyä väliaikaisesti.

CASE

Kuopion Kelloniemen öljyvahinko 2006

Raskaan polttoöljyn vuoto Atria OYJ:n Kuopion Kelloniemen lihanjalostuslaitoksen öljysäiliön pumppuhuoneessa 2.2.2006. Pakkasta 20-30°C astetta. Veden lämpötila jääkannen alla noin 1-2 °C astetta.

- Hälytys torstaina 2. helmikuuta 2006 klo 7:42:57, pieni öljyvahinko.
- Vuotomääräksi arvioitiin noin 5 kuutiota, josta merkittävä osa oli kulkeutunut putkilinjoja pitkin Likolahden rantaan Kallaveteen. Havaintojen perusteella öljy oli pohjassa rajatulla alueella jään alla. Lisävuotoa ei arvioitu olevan, koska vuoto paikallistettu pumppuhuoneeseen.



Toimenpiteet

- Öljy poistettiin sadevesilinjan kaivoista ja putkista.
- Sovittiin pohjaan ulottuvan puomin rakentamisesta ja asentamisesta, pituus noin 60-100 metriä. Öljyvahinkoalue eristettiin muusta vesistöstä kaksinkertaisella pressupuomirakenteella.
- Pelastuslaitos valmisteli sukelluksen, jolloin selvisi että öljy on 'siististi pohjassa' ja jo noin 30 metrin päässä rannasta.
- Ensimmäiseksi kokeiltiin öljyn pumppaamista, mutta se oli liian jäykkää. Mukaan tuli myös irtoainesta veden pohjasta.
- Öljyä kerättiin nuottaamalla tiheäsilmäisellä verkolla.
- Mukana oli lukuisa joukko yksityisiä yrittäjiä ja tarvaroimittajia. Esimerkiksi jäänsahaajat ja tuki-

paalujen asentajat sekä eristysseinän rakentamisen ohjaus hankittiin ostopalveluna.

- Neljän kuukauden aikana öljyä kerättiin yhteensä 13.000 kiloa.
- Kustannukset nousivat yli 300 000 euroon.

Öljyn leviämisen seuranta jään alla

- Öljy leviämistä seurattiin sukeltamalla. Sukellusyritys tarkasti tilanteen arviolta 170 kertaa. Sukelluksilla saatiin puomin ulkopuolelta varmistus öljyn vuotamisesta. Sukeltajat kävivät myös irrottamassa nuottaa ja esteitä pohjasta puomituksen sisäpuolella.
- Jään alta havainnointiin käytettiin myös keppejä, kameraa ja videokameraa.



Lähde ja kuvat:
Asikainen, Erkki
Pohjois-Savon
pelastuslaitos
ja Koponen, Lea
Pohjois-Savon
ELY-keskus.

6.4 Torjunta joissa, jokisuistoissa ja salmissa

Öljyvahingon torjunnassa jokialueella on huomioitava veden nopea virtaus sekä mahdolliset pyörrevirtaukset. Lisäksi joki kantaa paljon sedimentti- ja roskakuormaa. Myös vaikeakulkuisuus voi tehdä torjunnan haastavaksi. Torjunta on hankalaa erityisesti jäättenlähdön aikaan. Öljyntorjunta vaatii nopeaa reagointia ja toimintaa jos ylipäättään aiotaan onnistua. Työskentelypisteet valitaan kohdistaa, joihin on hyvä kulkuyhteys ja joissa virtaama on rauhallinen. Puomitus perustetaan alajuoksulle. Päästölähdettä voi olla vaikea saavuttaa tai siellä ei ole turvallista toimia, jos öljy syttymisherkkää. Jokialueella öljy saavuttaa rannan nopeasti ja rantapuhdistus voi olla todennäköistä. (EPPR 1998, 3-18 ja 3-19.)

Puomit asetetaan kulmaan veden virtaussuuntaan nähden ja niillä ohjataan vuoto haluttuun keräilypisteeseen. Onnistuakseen tämä edellyttää, ettei virtaus ylitä 1 m/s (2 solmua). Puomien tulee olla ankkuroitavia, maksimissaan 70 cm:ä korkeita ja kestävästä materialista valmistettuja. (EPPR 1998, 3-19.) Rajoittamisen tehokkuus riippuu virtausnopeudesta, leveissä joissa myös tuulennopeudesta. Rajoittaminen eikä mekaaninen keräys ole turvallista eikä todennäköisesti edes onnistuisikaan, jos virtaus ylittää 1 m/s ja tuulen nopeus 10 m/s. (EPPR 1998, 4-25.) Öljyn ohjaaminen rantaan onnistuu ohjauspuomeilla noin 0,4–1 m/s virtauksissa (EPPR 1998, 4-26). Näin myös kapeissa salmissa.

Puomitus ei ole tarkoituksenmukaista jos joki on kovin leveä tai laaja vuodon ohjailuun, puomien asettamiseen ei ole aikaa tai jos vuoto dispersoituu ohueksi kalvoksi. Saaret ja joenuomat voidaan ottaa avuksi vuodon ohjailuun. Öljy voidaan ohjata keräämistä varten poukamaan tai pyörteeseen. Öljy yleensä alkaa luonnollisesti kertymään johonkin seestyneeseen virtaamapaikkaan. (EPPR 1998, 3-20.)

Harja-, kiekko- ja rumpuskimmerit ovat käyttökelpoisia kevyemmille, harja- ja nauhaskimmerit raskaammille öljyille. Imuautot ovat käytännöllisiä, jos niillä pääsee riittävän lähelle, tai jos niitä voidaan käyttää kelluvan lautan päältä. (EPPR 1998, 3-20.)

Imuautoja käytettäessä öljyn mukana saattaa tulla paljon vettä, josta öljy olisi voitava erottaa välivarastointitilavuuden pienentämiseksi (Jolma 2014).

Jääsumat voivat aiheuttaa jokien tulvimista ja öljyn leviämistä tulvaveden mukana laajoille alueille. Jääsumien aikana torjunta on erittäin vaikea ja myös vaarallinen tehtävä. (EPPR 1998, 3-36.) Jääoloissa öljyn rajoittaminen päästölähteellä voi olla vaikeaa. Jää ja nopea yli 1m/s virtaus estävät tai tekevät torjunnan alajuoksulla mahdottomaksi. Puomien asettaminen liikkuvaan jokijäähän ei ole turvallista, eivätkä puomit todennäköisesti kestäisi jäiden aiheuttamaa kuormitusta.

Syksyllä jäätymisen aikaan joen vedenpinta usein laskee, jolloin öljy jää rantapenkereelle ja siinä olevaan jääkaulukseen kiinni, ja se on siitä kerättävissä ja helposti havaittavissa, ellei lumi ehdi peittää sitä. Öljy voi olla rannalla, lumen päällä tai lumesa, jään päällä tai jäätyneenä kiintojähän sisälle kunnes kevät sen sulattaa. Jos öljy ei aiheuta terveys- tai muuta haittaa, voidaan alue merkitä ja öljy jättää siihen ja poistaa sitten kun jäät keväällä sulavat. (EPPR 1998, 3-39.)

Keväällä jäidenlähtö, sulamisvedet ja vedenpinnan nousu tuovat haastetta torjuntaan. Rantautunut öljy voi lähteä liikkeelle alajuoksuun tai sitten se muokautuu sedimenttien sekaan ja peittyy nousevan veden alle. Ainoastaan raskaat, erittäin viskoosit öljyt pysyvät paikallaan. (EPPR 1998, 3-40.)

Taulukko 5. Kooste torjuntamenetelmien käytettävyydestä eri torjuntaskenaarioissa (EPPR 1998, 3-5, 3-25, 3-42, 4-9, 4-12 ja 4-15).

Skenaario		Torjuntamenetelmä		Huomiot		
Toimintaympäristö	Öljyn sijainti	Rajoittaminen	Kerääminen	Käyttökelpoisuus	Välivarastointivaihtoehdot	
Rajoittamisen päästölähteellä	Avovedessä	Öljy veden pinnalla	Puomitus	Kannettavat skimmerit	Hyvä	Suursäkit Työveneen tankit Hinattavat säiliöt Proomu Säiliöalus
		Öljy vajonneena veden pinnan alle	Nuottaus (trooli tai V-nuottaus)		Huono	
	Rikkonaisessa jääkennässä	Öljy jäiden joukossa veden pinnalla	Puomitus	Kannettavat skimmerit	Hyvä	Työveneen tankit Proomu Säiliöalus
		Öljy vajonneena rikkonaisen jääkennän alle	Nuottaus (trooli tai V-nuottaus)		Huono	
		Öljy jään alla	Railottaminen ja keräilylaitaiden sahaaminen	Kannettavat skimmerit	Kohtalainen	
	Kiintojäessä	Öljy jään päällä	Vallit ja penkereet Railottaminen ja keräilylaitaiden sahaaminen	Kannettavat skimmerit Alipainetekniikat	Hyvä	Kannettavat säiliöt ja tankit Säiliöautot Työveneen tankit
		Öljy vajonneena jään alla	Railottaminen ja keräilylaitaiden sahaaminen	Kannettavat skimmerit Alipainetekniikat	Huono	
		Öljy jääkannen alla	Railottaminen ja keräilylaitaiden sahaaminen	Kannettavat skimmerit Alipainetekniikat	Kohtalainen	
	Leviämisen estäminen	Avovedessä	Öljy veden pinnalla	Puomitus	Ohjailtavat skimmerit	Hyvä
Öljy vajonneena veden pinnan alle			Nuottaus (trooli tai V-nuottaus)		Huono	
Rikkonaisessa jääkennässä		Öljy jäiden joukossa veden pinnalla	Puomitus	Ohjailtavat skimmerit	Hyvä	Työveneen tankit Proomu Säiliöalus
		Öljy vajonneena rikkonaisen jääkennän alle	Nuottaus (trooli tai V-nuottaus)		Huono	
		Öljy jään alla	Railottaminen ja keräilylaitaiden sahaaminen	Kannettavat skimmerit	Kohtalainen	

Skenaario		Torjuntamenetelmä			Huomiot	
Toimintaympäristö		Öljyn sijainti	Rajoittaminen	Kerääminen	Käyttökelpoisuus	Välivarastointivaihtoehdot
Leviämisen estäminen	Kiintojäässä	Öljy jään päällä	Vallit ja penkereet Railottaminen ja keräilyaltaiden sahaaminen	Kannettavat skimmerit Alipainetekniikat	Hyvä	Kannettavat säiliöt ja tankit Säiliöautot Työveneen tankit
		Öljy vajonneena jään alla	Railottaminen ja keräilyaltaiden sahaaminen	Kannettavat skimmerit Alipainetekniikat	Huono	
		Öljy jääkannen alla	Railottaminen ja keräilyaltaiden sahaaminen	Kannettavat skimmerit Alipainetekniikat	Kohtalainen	
Suojaaminen	Avovedessä	Öljy veden pinnalla	Ohjauspuomit		Hyvä	
		Öljy vajonneena veden pinnan alle	Nuottaus (trooli tai V-nuottaus)		Huono	
	Rikkonaisessa jääkennässä	Öljy jäiden joukossa veden pinnalla	Ohjauspuomit Railottaminen		Hyvä	
		Öljy vajonneena rikkonaisen jääkennän alle	Nuottaus (trooli tai V-nuottaus)		Huono	
		Öljy jään alla	Railottaminen		Kohtalainen	
	Kiintojäässä	Öljy jään päällä	Vallit ja penkereet Railottaminen		Hyvä	
		Öljy vajonneena jään alla	Railottaminen		Huono	
		Öljy jääkannen alla	Railottaminen		Kohtalainen	

7 Talviset torjuntamenetelmät

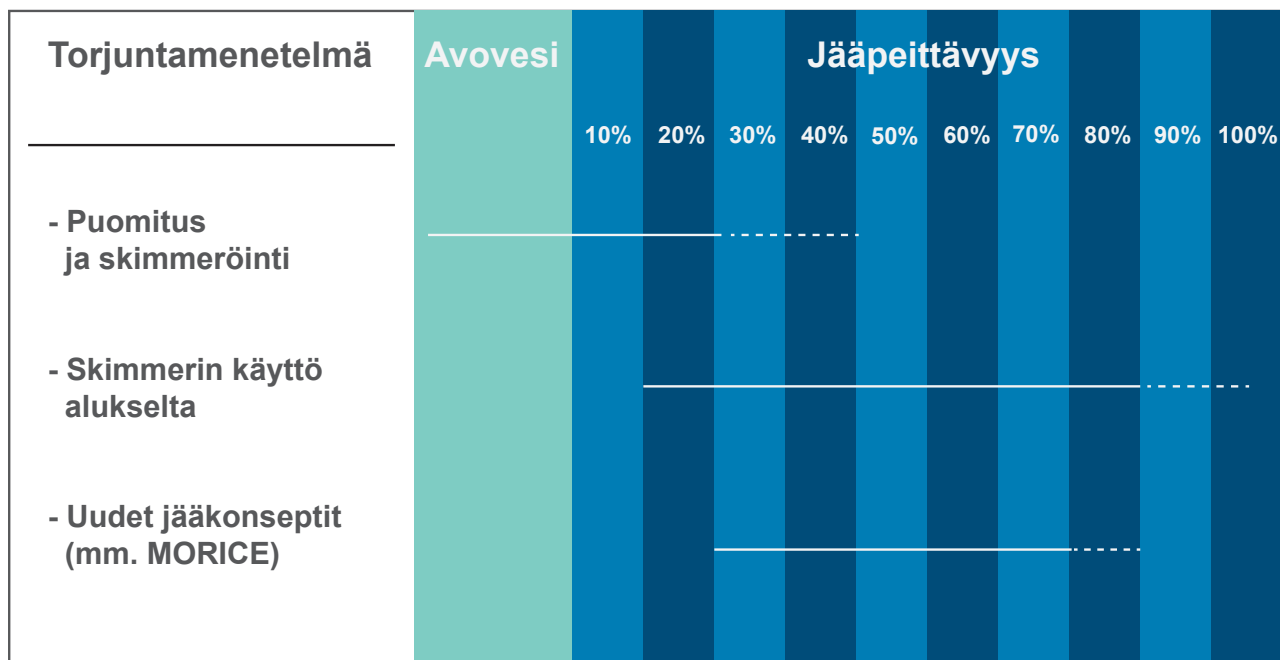
Öljyntorjuntamenetelmät voidaan jakaa karkeasti kahteen eri ryhmään: menetelmiin, joissa öljy kerätään pois tai menetelmiin, joissa öljy laimennetaan ympäristöön tai sen muotoa muutetaan. Muualla maailmassa suositaan paljon jälkimmäistä vaihtoehtoa, kuten hajottavien kemikaalien käyttöä ja öljyn polttamista. Suomessa nämä vaihtoehdot on katsottu toissijaisiksi Itämeren pienen vesitilavuuden ja huonon tilan vuoksi. Itämeren suojelukomissio HELCOMin suosituksesta Suomenlahdella käytetään ensisijaisesti mekaanista keräystekniikkaa, ei kemikaaleja ilman tarkkaa harkintaa eikä upottamista missään olosuhteissa (Lampela 2011, 4). Tämä periaate raamittaa myös talvitorjunnan suunnittelua. Valittu tie on ympäristöystävällisin, joskin työläs ja kallis (Lampela 2011, 4). Mekaaninen keräys on aikaa, työvoimaa ja erikoiskalustoa vaativa menetelmä ja se edellyttää myös logistista suunnittelua sekä vahinkojätteelle että torjuntajoukoille ja -kalustolle. Näistä haasteista huolimatta mekaaninen keräys on arvioitu olosuhteisiimme nähden tarkoitukseenmukaisimmaksi torjuntamenetelmäksi.

Talvitorjuntaan ei voida osoittaa vain yhtä yleispätevää toimintastrategiaa vaan yleensä vaaditaan

useamman tekniikan samanaikaista käyttöä. Vahinkoalueella saatetaan tarvita sekä ankariin jääolosuhteisiin että miltei avovesiolosuhteisiin soveltuvia tekniikoita samanaikaisesti. Olosuhteet saattavat vaihdella operaation aikana pakkasesta lämpöasteisiin. (Lampela 2011, 8; Lampela & Jolma 2011, 8.)

Puomien ja keräyskaluston- ja välineiden tulee kestää ajelehtivien jäälauttojen aiheuttama paine ja kuormitus. Lisäksi öljyn keräys-, siirto- ja välivastointiyksiköissä tulisi olla lämmitysmahdollisuus. (Lampela 2011, 5; Kilpeläinen 2014c; Ritari 2014b.) Suurin osa talvella käytettävistä menetelmistä on kehitetty avovesiolosuhteiden tekniikoista. Vaikka niiden on todettu toimivan myös jäissä, ei keräystehokkuus kuitenkaan yllä täysin samalle tasolle. Jäät hidastavat keräystä muun muassa estämällä öljyn vapaata virtaamista keräyslaitteelle. Jäät vaikuttavat myös keräinten optimaaliseen sijoitteluun. Nykyisen keräyskaluston toimintakyvyn puitteissa avovesikautta pienempi keräystehokkuus on ilmeistä. Pelastuslaitosten arvion mukaan heidän käytössään olevista kaikista öljynkerääjistä, mallista ja käyttötavasta riippumatta, vain alle 5 %:lla on jääkeräys-

Kuva 19. Torjuntamenetelmien oletetut toimintarajat eri jääpeittävyyksissä (Evers et al. 2006, 39).



kykyä (SRÖTVA 2008, 23). Arvio on tehty vuonna 2008. Uutta kalustoa ja aluksia on tämän jälkeen hankittu, mutta kokonaisuutena tilanne ei ole vielä merkittävästi muuttunut (Kilpeläinen 2014c; Rasijeff 2014b; Tolonen 2014c). Talvitorjuntatekniikoiden nykykehityksen myötä mahdollisuudet kaluston päivittämiseen ovat kuitenkin kasvaneet.

Kuvassa 19 on esitetty arvio eri torjuntamenetelmien toimintarajoista erilaisissa jääolosuhteissa. On huomioitava, että tällaisissa arvioissa voidaan esittää vain oletettu toimivuus, koska käytännön kokemuksia on erittäin vähän. (DeCola et al. 2006, 53.)

7.1 Leviämisen estäminen ja suuntaaminen

Öljylautta voi levitä erittäin nopeasti merivirtojen ja tuulen takia, ja öljyä voi olla erittäin hankala rajoittaa ja kerätä. Jää hidastaa ja rajoittaa öljyn leviämistä. Öljy voi kuitenkin joutua loukkuun pakastuvaan jäähän, levitä jäälautojen sekaan tai kiinnittyä jäälohkareisiin. Tämä tekee keräämisestä erittäin vaikeaa. Jos on aallokkoa tai muuta virtausta, öljy voi sekoitua ja dispersoitua veteen tehden keräämisen epäkäytännölliseksi. Siksi öljyn rajoittaminen ja kerääminen pitäisi tapahtua niin lähellä päästölähdettä kuin mahdollista. Ideaalitulanteessa päästölähde saadaan kokonaan suljettua ja rajattua puomeilla. Jos päästölähteellä on räjähdysvaara tai jos öljy on jo levinnyt, puomeja voidaan käyttää päästölähteestä alavirtaan. (EPPR 1998, 5-7.)

Puomien käyttö jäälautojen seassa on huomaavasti vaikeampaa kuin avovedessä ja edellyttää raskaan ja kestävä puomikaluston käyttöä. Jäissä puomitukset joutuvat suuremman kuormituksen ja kulutuksen kohteeksi. Avovesiolosuhteissa ja kevyessä jääoloissa voidaan puomitusta käyttää tehokkaasti kun virtaus on alle 0,5 m/s. Puomien käyttö on rajoittunutta liikkuvassa jäässä jääpeittävyuden ylittäessä 30 %:ia eikä puomitukset ole toteuttamiskelpoista yli 60–70 %:n jääpeittävyudessa. (EPPR 1998, 3-26 ja 5-7.) Paikoillaan pysyvään kiintojäähän sen sijaan voidaan toteuttaa puomituksia.

Rajoittamisen tavoitteena on saada öljy kasattua sellaiseen kerrospaksuuteen, että sen kerääminen on-

nistuu. On olemassa viisi perusmenetelmää, joilla rajoittaa öljyn leviämistä: liikuteltavat kelluvat puomit, paikalleen asettavat kiinteät puomitukset, troolinuotaus ja muut pinnanalaiset keräysmenetelmät, vallitus sekä kaivuutekniikat. (EPPR 1998, 5-4.)

Aluksen vesitykillä tai paloletkuilla voidaan myös suunnata öljylautan kulkua. Menetelmää testattiin jääolosuhteissa Suurilla Järvillä 2012. Vesisuihkulla suuntaaminen osoittautui hitaaksi, mutta toimivaksi menetelmäksi. Suurimpien jääryöyksiöiden liikuttaminen oli kuitenkin vaikeaa. Öljynlautan tehokkaaseen ohjaamiseen tarvitaan kaksi vesitykillistä alusta. Vesitykit tulisi sijoittaa aluksen keulassa. Suurten Järvien harjoituksessa vesitykit oli sijoitettu peräkansille ja alusten ohjailu suihkun optimaalisen suunnan hakemiseksi oli melko kömpelöä. (Hansen 2014, 3-5.)

Hyödynnä myös kaikki mahdollinen luonnosta, sen ilmiöistä ja materiaaleista öljyn leviämisen rajoittamiseksi. Näitä ovat muun muassa lumeen imeyttäminen ja jään sulattaminen tai kasvattaminen luonnollisten puomien muodostamiseksi. (Allen & Nelson 1981, 6.)

Käyttökelpoisimpia ovat yksinkertaiset menetelmät, joiden toimivuus ei ole riippuvainen monimutkaisesta mekaniikasta. Mekaanista rajoittamista helpottaa, jos (EPPR 1998, 5-4):

- öljylautta kerätään niin nopeasti kuin mahdollista sen ollessa vielä paksu. Alle 1 mm:n paksuiset moniväriset öljykalvot eivät ole enää kerättävissä,
- valittua puomitustapaa tai rakennetta ja sen eheyttä tarkkaillaan ja korjataan,
- sään tai merenkäynnin muuttuessa, tai öljyn ominaisuuksien muuttuessa, on varauduttu muuttamaan asetelmaa lyhyessäkin ajassa,
- laitteiden ja välineiden materiaalit on valittu kestämään kylmät olosuhteet ja jään kuormitus, sekä
- polttoaineen, voiteluöljyjen, varaosien ja työkalujen logistiikka on suunniteltu etukäteen.

Kelluvat puomit

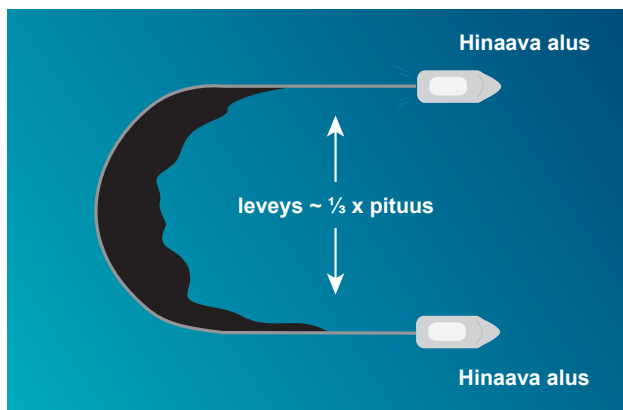
Öljyntorjuntapuomit ovat käyttökelpoisia ohuen jääpeitteen ja vähäisen irtojään vaiheessa. Puomilta vaaditaan, että se kestää jään puristavuutta, mutta

antaa periksi ja päästää jäälautat ylitse silloin kun kuormitus käy kohtuuttomaksi. (Marsh et al. 1979, 4.) Ylimääräiset jäänohjailupuomit ovat välttämättömiä jään peittävyden ylittäessä 30–40 %:a (Marsh et al. 1979, 1; EPPR 1998, 3-26; Exxon Mobil 2008, 15-6).

Puomit voidaan jakaa neljään kategoriaan (EPPR 1998, 5-5):

- kiinteätäytteiset puomit (internal flotation),
- ilmatäytteiset puomit (pressure inflatable),
- itsetäyttyvät puomit (self-inflating) ja
- aitapuomit (fence).

Puomit jaetaan vielä käyttöympäristön mukaan avomerellä tai virtaavissa vesissä käytettäviin ja suojaisammassa vesissä käytettäviin puomeihin. Lisäksi on olemassa erikoispuomeja, kuten palonkestävät puomit ja nuottaukseen tarkoitetut verkkopuomit. Ilmatäytteiset puomit eivät kestä jäälauttojen teräviä kulmia, vaahtotäytteiset ja solumuoviset kestävät pa-



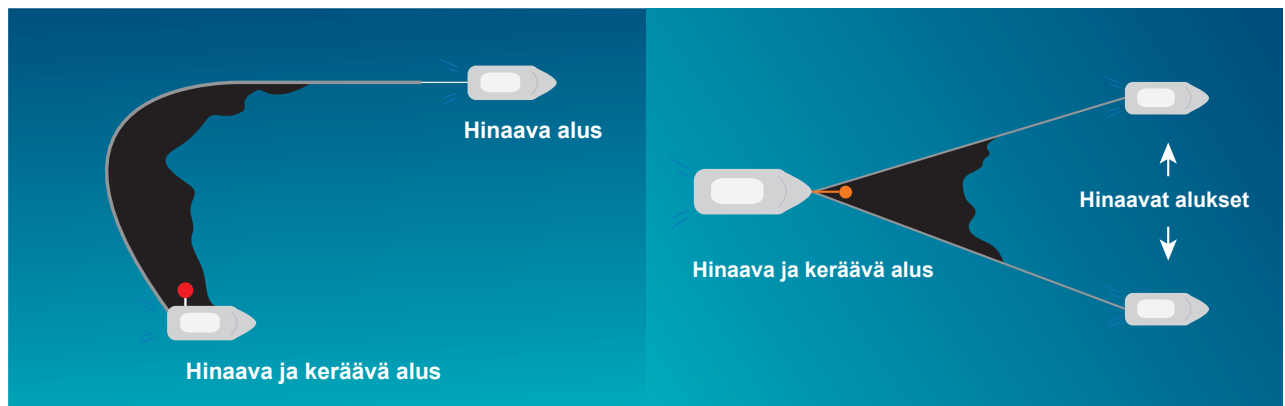
Kuva 20. Kahden aluksen suorittama U-puominuottaus (EPPR 1998, 5-7).

remmin. (IMO 2013, 40.) Talvikäyttöön soveltuvat myös raskaat öljypuomit ja kiinteät kelluntapuomit.

Voi tulla tarpeeseen myös improvisoida puomituksia. Yksi vaihtoehto on ketjumuodostelmaan kiinnitetyt puutukit, joiden jatkokohtiin kiinnitetään pala imeytyspuomia. Tukit ovat halpa, yksinkertainen, kestävä ja tehokas puomituskeino silloin kun veden virtaus on alle 0,2–0,3 m/s. (EPPR 1998, 5-5.) Tukkipuomeja on käytetty ylävirrassa suojaamaan varsinaisia puomituksia ja ohjaamaan jäälautat ohi keräämisalueen (Forsman 2008, 52; IMO 2013, 40). Kettingillä toisiinsa yhdistetyistä tukeista muodostuu jääpuomi, joka ei pidätä öljyä. Tällaisen tukkipuomin avulla muodostetaan jäätön alue, jossa öljyä voidaan rajoittaa ja kerätä normaaleilla menetelmillä. (Forsman 2008, 52.)

Ketjupuomitusta voidaan käyttää erilaisina muodostelmina öljyn keräämiseksi. Kaksi alusta voi hinata puomia ketjussa tai U-muodostelmassa. Tämä tehdään ajaen myötävirtaan, pitäen puomia paikallaan tai ajaen vastavirtaan päästölähdettä kohti. (EPPR 1998, 5-7.) Pidettäessä puomitusta paikallaan annetaan virtausten ja tuulen tuoda öljy puomitukseen. Muodostelmaa voidaan käyttää myös niin, että perässä tulee keulakerääjällä varustettu alus (Kilpeläinen 2014a; Saarinen 2014a). Kovassa aallokossa puomin yli laskettu keulakerääjä saattaa rikkoa puomin. Vaihtoehtona on nuottausjärjestely, jossa nuotan pohjukassa on vajereilla aikaan saatu aukko. Nuotan perässä kulkeva alus kerää aukosta purkautuvan öljyn. (Muhonen 2014.)

Kuva 21. Keräys ja puomitus J- ja V-muodostelmissa (EPPR 1998, 5-8).



Kahden aluksen J-muodostelmassa öljy ohjautuu taaimmaiselle keräävälle alukselle. Nämä menetelmät mahdollistavat samanaikaisen leviämisen estämisen ja öljyn talteenoton. Puomit voidaan asentaa myös V-muotoon, jolloin vajerijärjestelmä pitää muodon yllä. (EPPR 1998, 5-8; Lampela 2014b). V-muodostelmaa käytetään harvoin pelastustoimen kokoonpanoissa, mutta U- ja J-muodostelmaa (joko suljettuna tai aukolla) yhdistettynä keulakerääjään sen sijaan paljonkin (Kilpeläinen 2014a; Saarinen 2014a). Alusten sivu- ja keulakeräimien keräysteho heikkenee jäiden pakkaantuessa puomin pohjukkaan (Kilpeläinen 2014c).

Taulukossa 6 on esitetty neljän peruspuomityypin käytettävyys edellä mainituissa puomimuodostelmissa tyynessä ja suojaisessa vedessä, avomerellä ja irtonaisen jäen seassa. Taulukossa ei ole erikseen huomioitu ankaria jääoloja, koska niissä olosuhteissa puomitusten käyttö on rajoitettua. Myöskään ohjauspuomitusten kohdalla ei ole huomioitu jääoloja johtuen niistä vaikeuksista, joita puomiselvitys ja ylläpito aiheuttaisivat (EPPR 1998, 5-17). Myös liikkuvassa jääkentässä joessa puomituksilla on vain vähän tehoa (EPPR 1998, 5-18).

Taulukko 6. Puomityypin käytettävyys U-, V- ja J-muodostelmissa (EPPR 1998, 5-8, 5-17 ja 5-18).

Puomin käyttöympäristö			Kiinteätäyhteiset (internal flotation)	Ilmatäytteiset (pressure inflatable)	Itsetäyttävät (self-inflating)	Aitapuomit
Meri	Tyynessä vedessä	U/V	Kohtalainen	Hyvä /Kohtalainen	Kohtalainen	Huono
		J	Hyvä	Hyvä	Huono	Kohtalainen
	Suojaisassa vedessä	U/V	Hyvä	Hyvä /Kohtalainen	Kohtalainen	Huono
		J	Hyvä	Hyvä	Huono	Kohtalainen
	Avomerellä	U/V	Kohtalainen	Hyvä	Huono	Huono
		J	Hyvä	Hyvä	Huono	Huono
	Irtojäissä	U/V	Kohtalainen	Kohtalainen	Huono	Kohtalainen
		J	Kohtalainen	Kohtalainen	Huono	Kohtalainen
Meri	Tyynessä vedessä	Suuntauspuomitus	Hyvä	Hyvä	Kohtalainen	Kohtalainen
	Suojaisassa vedessä	Suuntauspuomitus	Hyvä	Hyvä /Kohtalainen	Huono	Huono
	Avomerellä	Suuntauspuomitus	Hyvä	Hyvä	Huono	Huono
	Irtojäissä	Suuntauspuomitus	-	-	-	-
Joki	Tyynessä vedessä	Suuntauspuomitus	Hyvä	Hyvä	Kohtalainen	Kohtalainen
	Suojaisassa vedessä	Suuntauspuomitus	Hyvä	Hyvä /Kohtalainen	Huono	Huono
	Irtojäissä	Suuntauspuomitus	-	-	-	-
Käyttökelpoisuus: Hyvä /Kohtalainen /Huono						



Kuva 22. Konttialus Godafoss ajoi karille Norjan saaristossa 2011 (ITOPF 2011).

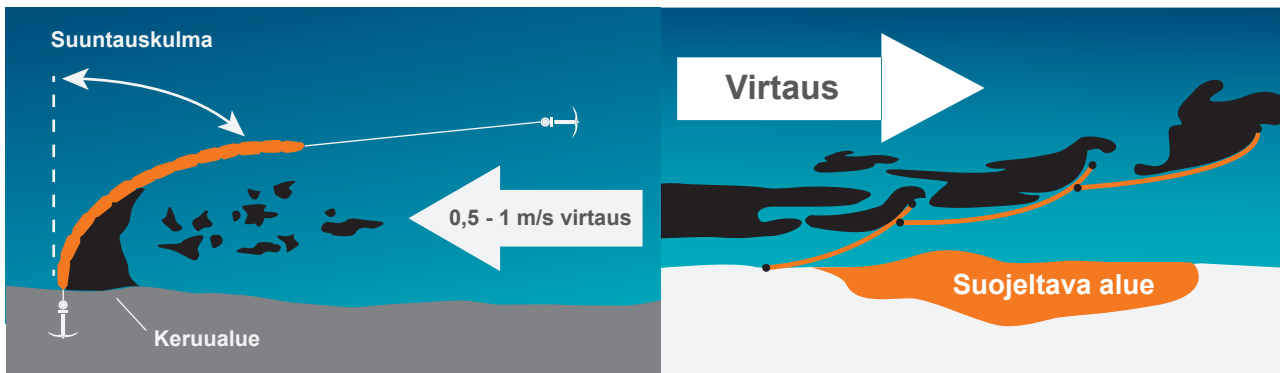
Puomituksesta jääolosuhteissa on saatu kokemusta esimerkiksi MS Godafossin öljyvahingossa Norjassa 2011. Karilleajon seurauksena aluksesta vuoti 112 tonnia raskasta polttoöljyä (IFO 380), josta 55 tonnia saatiin kerättyä merestä jäiden joukosta. Puomitusta ja jäistä keräämistä helpotti vakaa ja tyyni sää. (Boitsov et al. 2012, 25.) Öljy puomitettiin kahdessa kehässä. Jääpeittävyys puomitusten sisällä oli suuri. Puomit joutuivat erittäin kovalle koetukselle ja osittain repeytyivät ja painuivat vedenpinnan alle. (CEDRE 2011, 2-3.) Raskaat öljypuomit ja alusten sivupuomit (sweeping arms) toimivat hyvin jään ja kylmyyden aiheuttamista vaurioista huolimatta (Westerberg 2012, 22). Öljyä kerättiin alusten sivukaseteilla, joissa oli harjahihna (Muhonen 2014).

Ohjauspuomit toimii avovedessä ja rajoitetusti myös rikkonaisessa jäässä. Menetelmä on käyttökelpoinen alle 1 m/s virtauksissa. Kun virtausnopeus ylittää 0,4 m/s tulee puomit asettaa vinoon virtaukseen nähden. Riittävän suuri kulma puomilinjan ja virtaussuunnan välillä pienentää puomiin kohdistuvaa suhteellista virtausvoimaa. Öljy voidaan ohjata rantaan kerättäväksi. (EPPR 1998, 5-16 ja 5-18.) Suojaa ranta kuitenkin ensin rajoituspuomilla ja imeytyspuomilla tai -matolla.

Taulukossa 7 on esitetty suuntauskulmat eri virtausnopeuksissa. Taulukossa on esitetty myös puomiin tarvittava lisäpituus suhteessa suojattavan kohteen, kuten rantaviivan pituuteen nähden, mitä tarvitaan laskemaan suhteellista virtausnopeutta esitetyissä virtausolosuhteissa. (EPPR 1998, 5-16.) Puomitusten maksimipituuksien arviointi ei ole yksiselitteistä, sillä siihen vaikuttaa monta muuttujaa. Näitä ovat muun muassa eri puomimallien koot ja lujuudet, alusten konetehot ja paaluvetokyky sekä puominselvityspaikan ominaisuudet. (Kilpeläinen 2014c; Ritari 2014b.) Rannikkoalueella, jossa syvyys on kohtuullista, voidaan tehdä pitkiäkin puomivetoja kun väliankkurointi hoidetaan asiallisesti (Ekholm 2014b).

Taulukko 7. Vaatimukset puomitukseen voimakkaassa virtauksessa (EPPR 1998, 5-16).

Veden virtausnopeus [m/s]	Suuntauskulma	Tarvittava lisäpituus [%]
0,4	0°	0
0,5	40°	33
0,6	55°	67
0,8	60°	100
1,0	70°	167



Kuva 23. Ohjauspuomitus yhdellä puomilla ja ketjuun asetetuilla puomeilla (EPPR 1998, 5-16 ja 5-17).

Joissakin tapauksissa on mahdollista käyttää ohjaamisen vain yhtä puomia. Vasemman puoleisen kuvan esimerkissä ohjauskulma on noin 60° astetta. Yleensä tarvitaan useamman puomin käyttöä. (EPPR 1998, 5-16.)

On olemassa varta vasten jokiin suunniteltuja puomeja, joissa on jäykistäjät sekä ylä- että alaosassa, jotta ne kestäisivät pystyssä virtauksissa (1 m/s). Jokipuomitus toimii hyvin silloin, kun joen virtaussuunta ei muutu. Jääoloissa joen puomittaminen on aika kyseenalaista. (EPPR 1998, 5-18.) Velez et al. (2011, 5) mukaan Norwegian Clean Seas Association NOFO on kehittänyt erityisesti virtaaviin vesiin soveltuvia puomeja (energy-dissipating multi-barrier booms). Myös Flexi on kehittänyt virtausominaisuuksia virtausköysistöjen avulla (Kilpeläinen 2014c).

Puomitus jäärailoon

Jos jää kantaa torjujat ja heidän varusteensa, voidaan puomitus toteuttaa myös jäähän sahattuun railoon. Kelluntapuomia, vaneria, metalli- tai muovilevyjä voidaan asettaa railoon, jolloin jäänpinnan alla olevan öljyn leviäminen estyy tai sen suunta saadaan muutettua. Jäänläpipuomituksessa kestää hyvin esimerkiksi kiinteäkellukkeinen aitapuomi. Puomiin voidaan kiinnittää myös 5 metrin verho, jolloin puomin syvyys riittää jääkerrosten läpi ja kertyvän öljyn pidättämiseen. (Muhonen 2014.) Virtausten ylittäessä $0,4$ m/s kannattaa railot sahata kulmittain virtaussuuntaan nähden, samoin kuin puomittaessa tehtäisiin. (EPPR 1998, 5-15.) Virtaus kuljettaa öljyä puomin päähän, josta sen kerääminen on mahdol-

lista. Jäiden liikkuaessa rai-lo painuu umpeen, jolloin puomi saattaa jäätyä kiinni ja repeytyä. Myös ke-väällä jäiden liikkuminen ja lähtö asettaa haasteen puomituksille. (Palola 2014b.) Puomirailoon voidaan asentaa esimerkiksi puusta rakennetut stopparilau-dat, jolloin rai-lo pysyy auki (Muhonen 2014).

Suurissa, yli $0,4$ m/s virtausnopeuksissa on huomioi-tava, että öljy on todennäköisesti jo kaukana päästö-tai havaintopisteestä ennen kuin railotus tai puomitus on saatu aikaiseksi. Torjuntaan kuluva selvitysaika mitataan tunneissa. Tämä tulee huomioida railotus-paikkaa valittaessa. Torjuntapaikaksi voidaan myös etsiä alavirrasta suvanto tai hiljaa virtaava paikka. (Kilpeläinen 2014c.)

Vanerinen suuntauspuomi jäärailoon tehdään seu-raavasti. Merkitse puomin linja jäähän. Kairaa lin-jaa myöten reikiä ja yhdistä kairanreiät moottori-sahalla. (Oskins & Bradley 2005, 4.) Moottorikaira on erittäin tarpeellinen useampia reikiä kairattaessa (Palola 2014b). Moottorisahan sijasta voidaan käyt-tää ketjukaivuria tai jääsahaa. Liu'uta vanerilevyt rai-loon ja aseta ne vähän lomittain reunat toistensa päälle. Levyissä on hyvä olla isoja nauvoja tai piik-kejä, jotka tarttuvat jään reunaan ja estävät levyjä vajoamasta jään alle. (Oskins & Bradley 2005, 4.) Vaihtoehtoisesti vanerilevyihin voidaan molemmin puolin kiinnittää kakkosneloset levyjen pituussuun-taan, mutta ei ihan koko levyn pituudelta, että levyt asettuvat limittäin. Näiden stopparilautojen avulla voidaan määritellä vaneripuomille haluttu syvyys (IMO 2013, 40).



Kuva 24. Läpi vuoden Kurikanjoessa pidettävää puomitusta kiinteäkellukkeisella aitapuomilla (Juha Muhonen 2012 ja 2014).

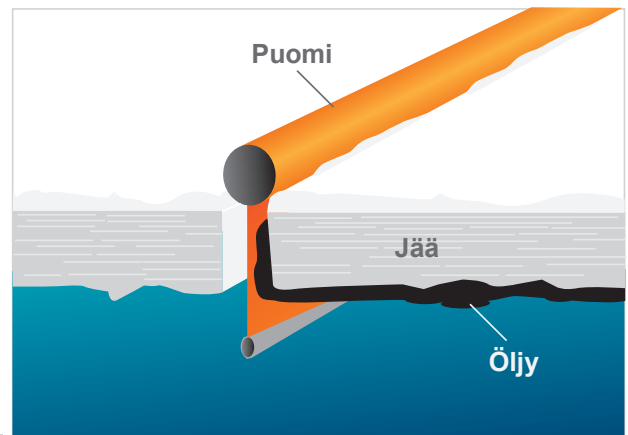
Puomitusrailo voidaan myös räjäyttää (Kilpeläinen 2014a; Palola 2014a). Räjäyttäessä on huomioitava, että jäämurska laskeutuu miltei samoille sijoilleen. Tästä syystä puomin laittaminen railoon voi olla hankalaa, ellei räjäytysjälki ole riittävän leveä. Puomin asettaminen railoon polkemalla on erittäin työlästä ja hidasta. (Palola 2014a ja 2014b.)

Silloin kun kiintojään kantavuus riittää, on mahdollista rajoittaa öljyn leviämistä tai suojata ranta-alueita eräänlaisen jääpuomin avulla (katso kuva 26). Kasvatettaessa jäätä yläpuolelta, jääkansi painuu alaspäin ja muodostaa näin esteen öljyn liikkumiselle. Jäätä voidaan muodostaa ruiskuttamalla vettä jäälle maantiesuola-auton tapaan tai pumpaamalla vettä merestä jään päälle. (Allen & Nelson 1981, 6.)

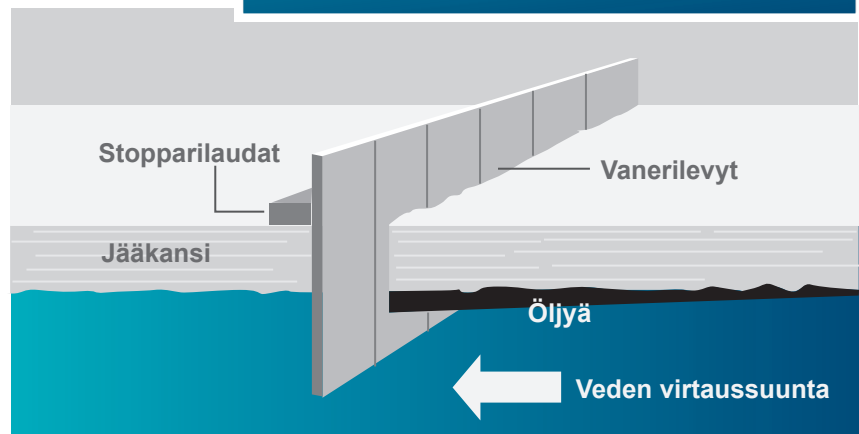
Nuottaaminen

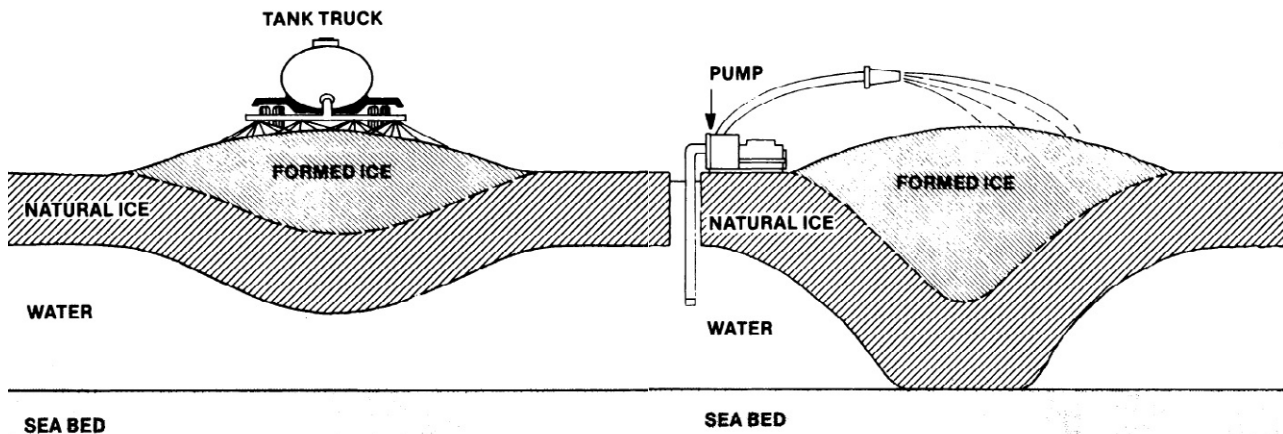
Pinnan alle vajonneen öljyn nuottaaminen onnistuu vain avovesiolosuhteissa. Nuottaa hinataan 1–2 m/s

nopeudella, jolloin pinnalla kelluva ja väliveteen vajonnut öljy kerääntyy puomin alareunasta kiinnitettyyn verkkoon. Öljy ohjautuu verkon molemmilla puolilla olevia tunneleita myöten nuotan perällä olevaan suppiloon. Nuotasta riippuen suppiloihin mahtuu 2–4 tonnia öljyä. Toinen tapa nuotata on asettaa puomit V-muodostelmaan ja sitoa verkko yhdistämään puomien alareunat toisiinsa. (EPPR 1998, 5-12.)



Kuva 25. Puomin käyttö jään läpi leikatuiissa raioloissa (EPPR 1998, 5-15 ja ACS 2012, 38).



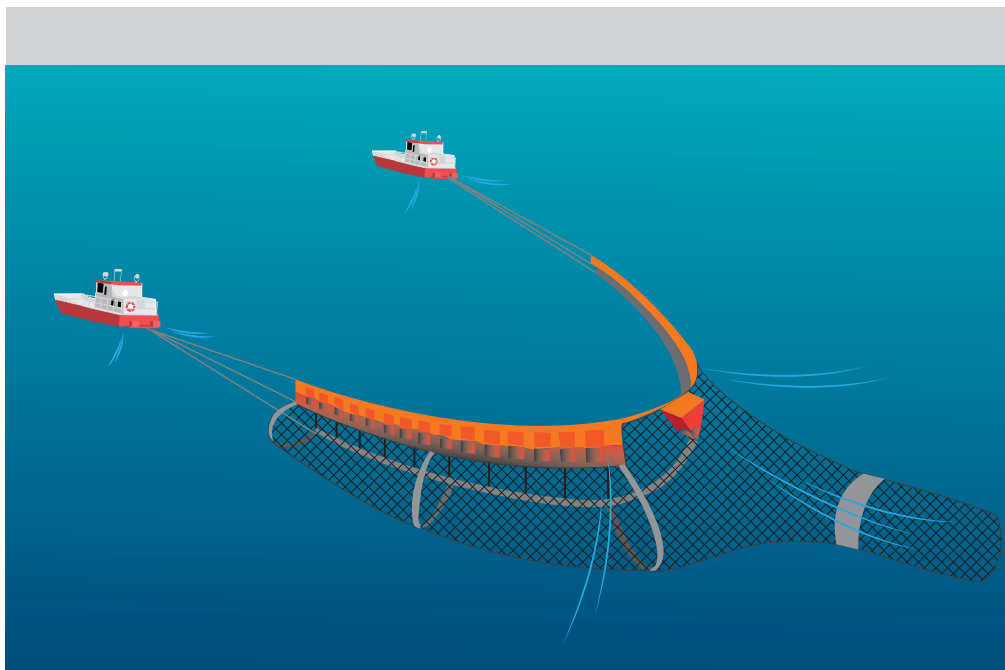


Kuva 26. Alaspäin suuntautuva "jääpuomi" jään alla olevan öljyn liikkumisen rajoittamiseksi. Uuden jään muodostamista säiliöautoista suihkutettavan tai merestä pumpattavan veden avulla. (Allen & Nelson 1981, 6).

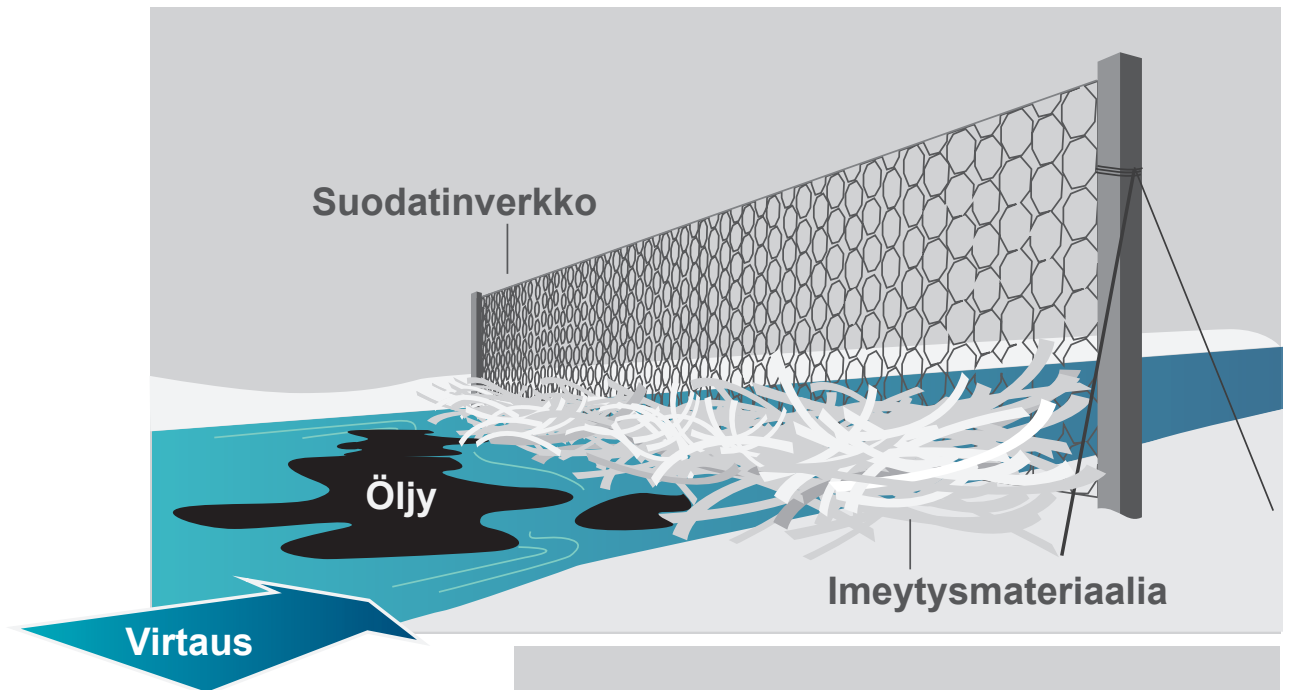
Kiinteät puomitukset

Paikalleen asetettujen kiinteiden puomitusten tarkoituksena on pysäyttää liikkuva öljy siten, että vesi pääsee jatkamaan kulkuaan. Yleensä kiinteitä puomituksia käytetään virtapaikoissa, kanavissa tai salmissa, joissa on kurouma tai kapea kohta, josta öljy kulkee lävitse. Kylmät olosuhteet, jää ja lumi haittaavat kuitenkin tämän tyyppistä torjuntaa. (EPPR 1998, 5-9.)

Jäätömänä aikana pienissä, hitaasti virtaavissa joissa tai virroissa voidaan käyttää rautalankaverkkoa. Verkko paalutetaan ja sen eteen kasataan imeytysmateriaalia. Toinen verkko kannattaa asentaa varsinaisen öljyä keräävän verkon yläjuoksulle, jotta siihen jäisi kaikki ajeltava roska. Imeytysaine levitetään näiden kahden verkon väliin. Kahden verkon käyttö on käytännöllistä erityisesti paikoissa, joissa veden-



Kuva 27. Kelluvan ja pinnan alle vajonneen öljyn nuottaus troolilla (EPPR 1998, 12).



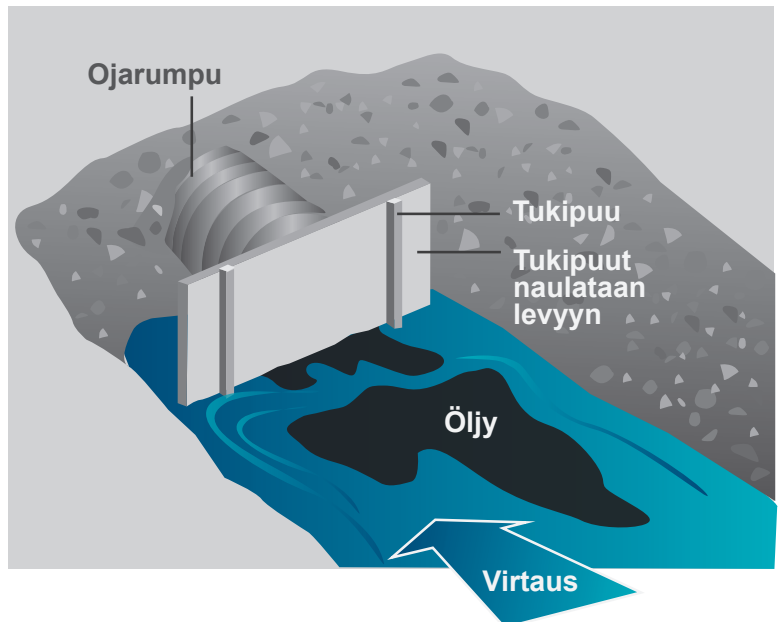
Kuva 28. Suodatinverkon käyttö ja tierummun sulkeminen (EPPR 1998, 5-9).

virtauksen suunta muuttuu. Lisäverkko helpottaa myös kyllästyneen imeytysaineen vaihtamista, sillä näin imeytysaine ei pääse karkaamaan. (EPPR 1998, 5-9.) Pienissä ojissa käy myös kanaverkko.

Viemäriin tai tierumpuun menevä öljy pysäytetään levyn avulla. Putken tuloaukko peitetään osittain esimerkiksi vanerilevyllä, jolloin pinnassa kelluva öljy jää levyyn, mutta vesi pääsee levyn alta. Levyn pystysuoraa paikkaa säätämällä saadaan vedenpinta öljyn keräämiseksi halutulle tasolle. Jos veden mukana tulee jäitä, se hankaloittaa öljyn keräämistä kasaantumalla levyn eteen. (EPPR 1998, 5-9.) Torjunnan tekee hankalaksi myös se, että asetelmaa pitää valvoa ja säätää useasti.

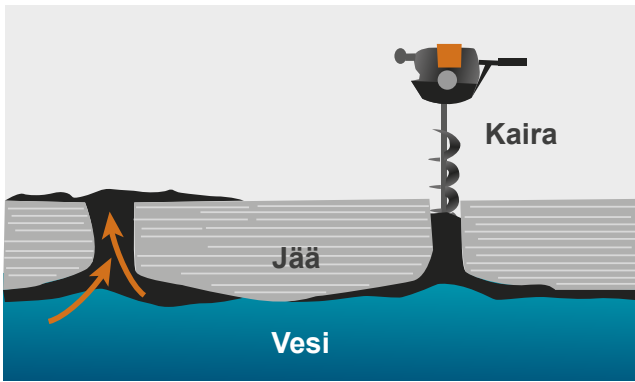
7.2 Keräilyaltaat ja railottaminen jään läpi

Öljy kertyy jääkannen alla tietyille alueelle ja taskuihin (ks. öljyn käyttäytyminen jään alla luvussa 3.2). Kun öljyn sijainti on selvillä, voidaan jäähän sahata railoja tai keräilyaltaita, jolloin öljy saadaan esille



kerättäväksi, pumpattavaksi, skimmeröitäväksi tai imeytettäväksi. (EPPR 1998, 5-15.) Tässä hyödynnetään öljyn taipumusta löytää tiensä ilma/vesi tai ilma/jää -rajapinnoille öljyn ominaistiheyden ansiosta. Kevyempien komponenttien säilyminen öljyssä jään alla aiheuttaa sen, että öljy säilyy kelluvana kunnes se vapautetaan pinnalle. (Allen & Nelson 1981, 4).

Kevyempien ainesosien säilyminen pidempään on huomioitava syttymis- ja räjähdysriskin arvioinnissa kun öljyä kairataan esiin jään alta (Exxon Mobil



Kuva 29. Jään kairaaminen vapauttaa öljyn (Vasen Allen & Nelson 1981, 3 ja oikea Juha Muhonen 2008).

2008, 15-3). Erityisesti rikkipitoisen raakaöljyn tai muiden helposti haihtuvien öljyjen vuotoissa voivat haihtuvat höyryt muodostaa ilman kanssa syttyvän tai räjähdysherkän seoksen (Romberg et al. 2005, 2 ja 3; EPPR 1998, 4-8).

Ennen keräilyaltaiden tekoa jäänpinta aurataan puhtaaksi lumesta (Glover & Dickins 1999, 5-6). Jään sahaaminen aloitetaan merkitsemällä railon linja tai keräilyaltaan koko ja muoto jäänpintaan esimerkiksi kairaamalla, linjanarulla, maalilla, kitillä, kalkilla tai moottorisahalla (Oskins & Bradley 2005, 3). Railojen ja keräilyaltaiden sahaamisesta on toimintaohjekortit tämän luvun lopussa.

Virtausten ylittäessä 0,4 m/s kannattaa keräilyaltaat ja -railot sahata kulmittain virtaussuuntaan nähden, samoin kuin puomittaessa tehtäisiin, jolloin öljy saadaan nousemaan avoveteen paremmin, eikä se virtaa altaan tai railon alta. (EPPR 1998, 5-15.) Keräilyaltaat ja -railot sahataan 20–30° kulmaan veden virtaussuuntaan nähden. Optimaalinen keräilyaltaan leveys on 1,5-kertainen jään paksuuteen verrattuna. Altaan ylävirran puoleinen pää leikataan kaartuen veden virtaussuuntaa kohti (ks. kuva 31). (Oskins & Bradley 2005, 3.)

Jokialueella sahataan toinen keräilyallas joen vastakkaiselle puolelle peilikuvana (IMO 2013, 39). Öljy virtaa railon alajuoksun puoleiseen päähän, josta se voidaan skimmeröidä, pumpata tai imeä pois.

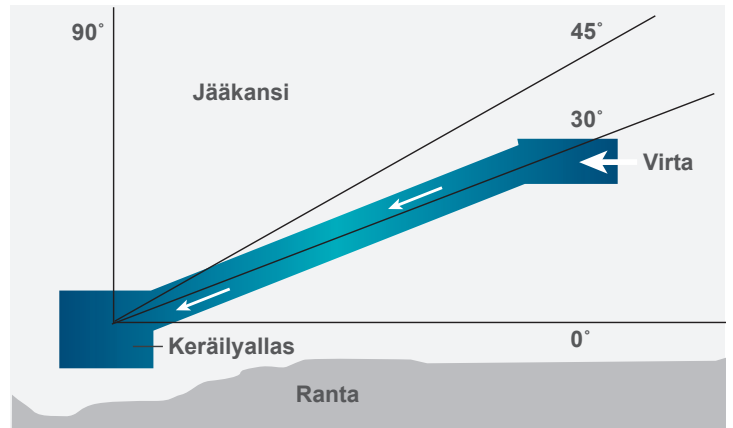
Merkitse ja jaa keräilyaltaan ala hallittavin kokoihin paloihin ja kairaa jokaiseen palaan reikä. Kai-

Kuva 30. Keräilyaltaiden sahausta moottorisahalla Raaseporissa (Jouko Pirttijärvi 2013) sekä sahattujen jäiden nostoa (DOWCAR 2014).

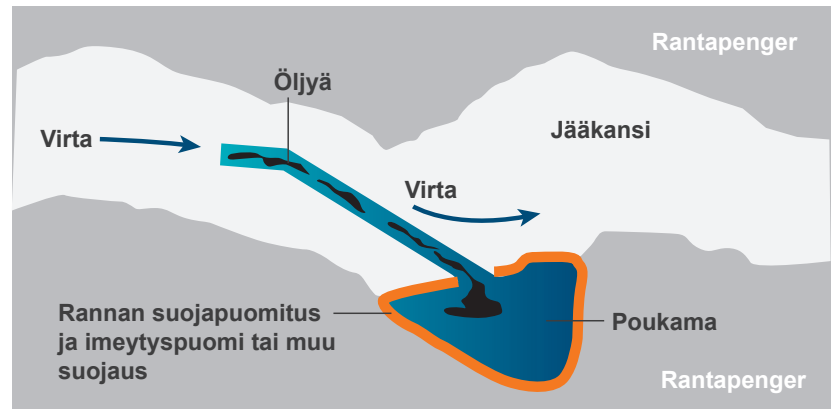


raussuunta tulee olla samassa kulmassa kuin palojen päätyjen sahauskulma. Saha-palat sivuistaan irti. Palojen pitkät sivut sahataan viistoon (ns. Buck's cut) ja palojen päät sahataan jyrkässä kulmassa, molemmat päät samansuuntaisessa kulmassa (kuva 34). Aseta kairattuun reikään T-tanko ja tue sitä jääpalan pohjaa vasten. Vedä tai nosta palat pois yksitellen taljaa käyttäen ja siirrä rannalle. Pidä jää aina puhtaana jääpaloista ja lumesta. Siirtäminen voidaan tehdä koneellisesti tai esimerkiksi pyöreiden tankojen tai putkien päällä pyörittämällä. (Oskins & Bradley 2005, 3-4.) Railojen ja keräilyaltaiden reunamat voidaan tarvittaessa suojata öljyä läpäisemättömällä kalvolla tai matolla (EPPR 1998, 5-15).

Ohuen jään railottaminen voi merkittävästi heikentää jään kantokykyä ja vakautta, ja se on tehtävä erityistä varovaisuutta noudattaen (IMO 2013, 39).

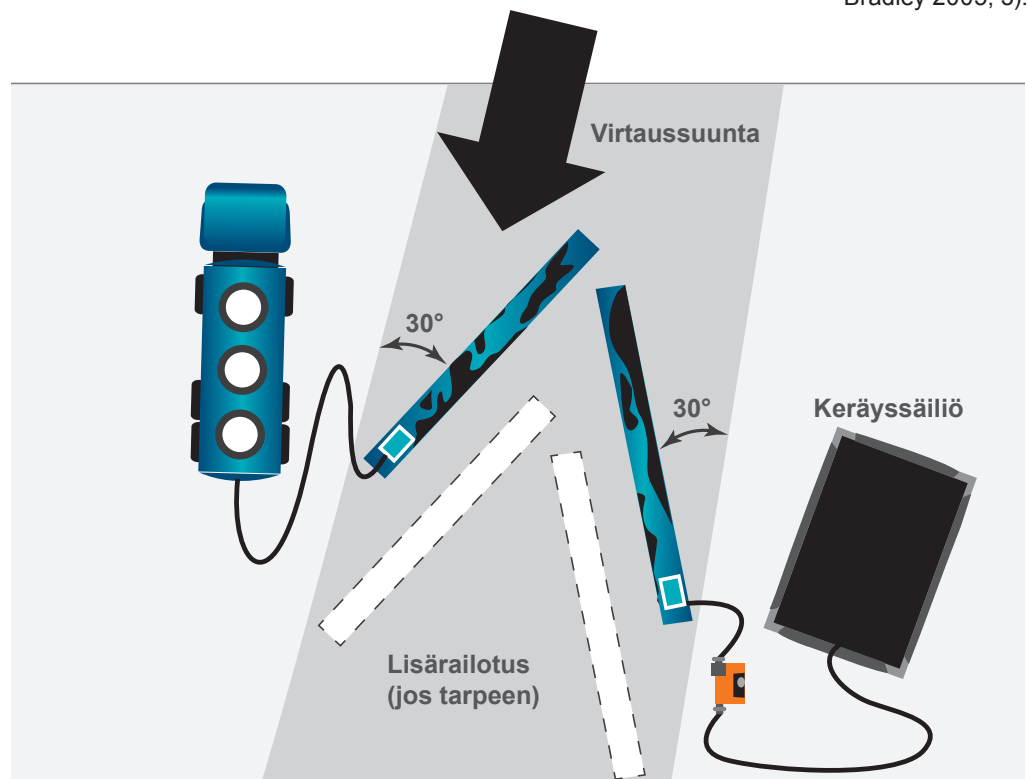


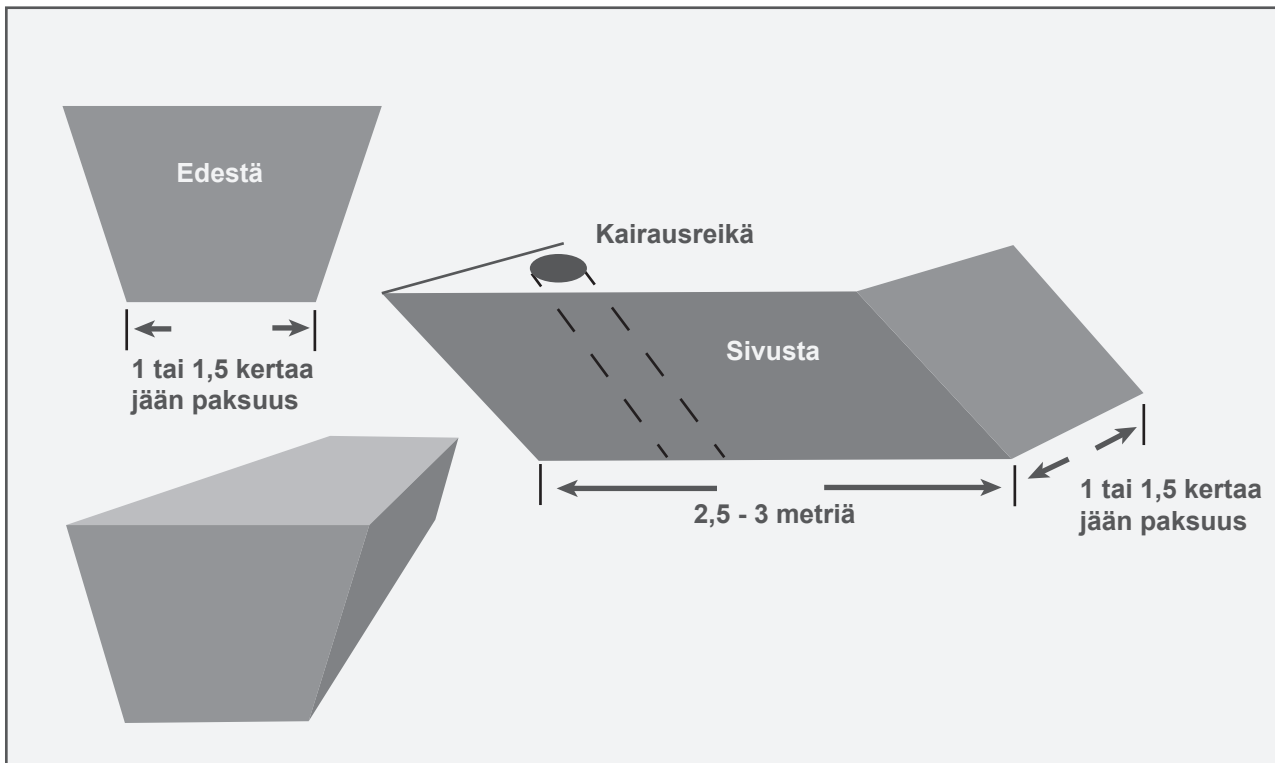
Kuva 31. Keräilyaltan muoto ja leikkauskulma veden virtaussuuntaan nähden (Oskins & Bradley 2005, 3).



Kuva 32. Keräilyaltan paikkana hyödynnetään joen pohjukkaa (Oskins & Bradley 2005, 3).

Kuva 33. Railottaminen joessa (Allen 1979, IMO 2013).





Kuva 34. Jääpalojen leikkaaminen viistoon sekä kairausuunta ja -paikka (Oskins & Bradley 2005, 3).

Jään railottamisessa tarvittavat työkalut (Oskins & Bradley 2005, 3):

<ul style="list-style-type: none"> • jääkaira/moottorikaira • hakku • moottorisaha, jääsaha tai ketjukaivuri • sahanohjain, astekulma 	<ul style="list-style-type: none"> • nostolaite, taljoja • rautakanki, sorkkarauta • T-tanko • (lautaa, vanerilevyä)
---	--

Jään sahaamiseen on olemassa myös siihen tarkoitettuja apuvälineitä, kuten Janicke (JSG) jääsahan ohjain, jolla sahaus onnistuu halutussa kulmassa. Moottorisahalla, joka on asennettuna helposti liikuteltavaan kehikkoon, saadaan ehjiä leikkauksia jäähän, jolloin

palat pystytään painamaan kokonaisina jään alle (Palola 2014b). Leikattujen palojen painamista jään alle voidaan suositella puomitusrailoa sahattaessa, jolloin jäät voidaan painaa puhtaalle puolelle. Keräilyallasta sahattaessa jäät kannattaa nostaa pois, etteivät ne estä öljyn nousemista avantoon ja etteivät ne öljyynny turhaan.

Myös tulvantorjuntaan käytettäviä jääsahoja voidaan käyttää öljyntorjunnassa (Estlander 2014). Jääsahoja on ELY-keskusten käytössä Pohjanmaalla ja Lapissa kaksi kappaletta, ja ne saadaan tarvittaessa Suomenlahdelle (Laine 2014; Kuoksa 2014).

Jääsaha kulkee optimaalisissa olosuhteissa reilun 1 km/h ja tekee 18 senttiä leveää railoa. Hankalammassa, noin 60–70 sentin paksuisessa jäässä, saha kulkee noin 300–400 metriä tunnissa. Jääsahalla voidaan sahata maksimissaan 120 cm jäätä. (Haapakoski 2013; Kuoksa 2014.)

Ympäristöhallinnon jääsahat painavat noin 9000 tonnia. Jäävahvuuden tulee olla vähintään 50 cm:ä,



Kuva 35. Jäänsahaukseen tarkoitettu Janicke -jääsahan ohjain (DOWCAR 2014).

ettei jääsaha painollaan ja värinän vaikutuksesta riko jäätä. Terän korkeutta pystytään säätämään, mutta käytännössä turvavarana tulee pitää 50 cm:n vesisyvyyttä jään alla rikkoontumisten estämiseksi. Terässä on naverokoneen kynnet, jotka voivat osuessaan kiviin tai pohjaan rikkoontua ja tylsyä. Samoin riski on nostolaitteen tai voimansiirron rikkoutumiselle. Jäänsahausta tehdään parityönä. Turvamiehen tehtävänä on varmistaa lähiympäristön jäänpaksuus kairaamalla ja merkitä sahauslinjat. Sahaustyön aikana vaara-alue on 20 metriä sahan ympärillä. (Kuoksa 2014; Ympäristöministeriö 2006a, 23.)

Jääsahan tarvitsema noin 45–50 cm:n jää ei merellä toteudu (Vainio 2014a). Jääsaha kuitenkin kelluu vaikka jää pettäisi. Jääsahan toimintaperiaatetta voitaisiin soveltaa mönkijällä, latukoneella tai vastaavalla, jos riittävä pito varmistetaan (Rasijeff 2014a).

Kuva 36. Jääsaha (Lapin ELY-keskus)



Jäätä voidaan sahata myös koneilla, joita tavallisesti käytetään kaapelin ja kuidun laskemiseen maahan.



Kuva 37. Jään sahausta maakaapelointiin tarkoitetulla ketjukaivurilla eli ns. ditch witch'llä (Oil Spill Solutions 2013).

Kuva 38. Railotusta ketjukaivurilla Virossa (Juha Muhonen 2010).



Ketjukaivureita ja täryauroja löytyy monessa koko- ja teholuokassa. Jääsahausta voi hankkia muun muassa putkistojen vesistöalituksia tekeville yrityksiltä (Kuoksa 2014).

Virossa vuonna 2010 tapahtuneessa öljyvahingossa (DHL Antonov) jään railotusta tehtiin keväällä jäiden jo heikettyä. Noin tonnin painoisen ketjukaivurin alle tarvittiin lankuista rakennetut ajorampit, jotta kaivurin paino levittäytyisi riittävän laajalle alueelle. Noin 850 metriä pitkän railotuksen tekemiseen kului arviolta 20 tuntia. (Muhonen 2014.)

Ennen jääsahojen yleistymistä pienempimuotoista jääsahausta tehtiin traktorikäyttöisellä naverointikoneella (Kuoksa 2014; Ympäristöministeriö 2006a, 24) eli normaalisti suon ojittamisessa käytetyllä jyrsimellä (kopo-jyrsin, käytetään myös nimeä esiojituskaira ja kopo-kaira). Kopo tekee 30 cm:ä leveää ja yhden metrin syvyyttä ojaa. Kairalla ei voi ajaa kuin täyttä syvyyttä ja se työntää runsaasti vettä jään päälle, jolloin jääajo voi olla haastavaa. Ajonopeudeksi suositellaan alle 0,5 km/h. (JPF Peat Oy 2014.) Naverointimenetelmää on käytetty jää- ja hyydepatojen torjunnassa. Toimenpiteenä naverointi on todella hidasta ja vetolaitteen kellumattomuuden vuoksi myös riskialtista (Kuoksa 2014).

Keräilyaltaita on kokeiltu myös räjäyttää. Ongelmaksi on muodostunut jäämurskan laskeutuminen takaisin sijoilleen, jolloin öljyn kerääminen murskan seasta on haastavaa. Veden mataluus saattaa estää räjäyttämisen. (Palola 2014b.) Jos on mahdollista, kannattaa jää sahata palasina mieluummin kuin räjäyttää. Keräilyaltaan sahaaminen mahdollistaa öljyn keräämisen jäättömältä vedenpinnalta. (Forsman 2008, 40; Palola 2014a.)

Läpiviennin saamiseksi jäähän on olemassa myös passiivisia menetelmiä. Jäätä voidaan sulattaa pinnalle asetettavan eristeen avulla. Eriste voi olla esimerkiksi synteettistä routaeristettä ja lunta. Kun jää eristetään, jääkannen lämpötila nousee. (Allen & Nelson 1981, 3-4.) Eristelevyillä toteutetuista öljytasakuista ja läpiviennistä löytyy esimerkkejä (mm. Allen & Nelson 1981; Forsman 2012), muttei tietoa siitä, miten kauan läpiviennin aikaansaaminen kestää. Eristämällä voidaan vahvistaa taskujen syntymistä jään alle ja näin ohjata öljyä kertymään haluttuun paikkaan. (EPPR 1998, 5-15.)

7.3 Ojittaminen jään päällä

Jos öljyvuoto leviää jääkannen päällä, ovat ojat tehokkaita öljyn ohjaamiseen ja keräämiseen. Myös puomi voidaan asentaa koverrettuun ojaan ja antaa



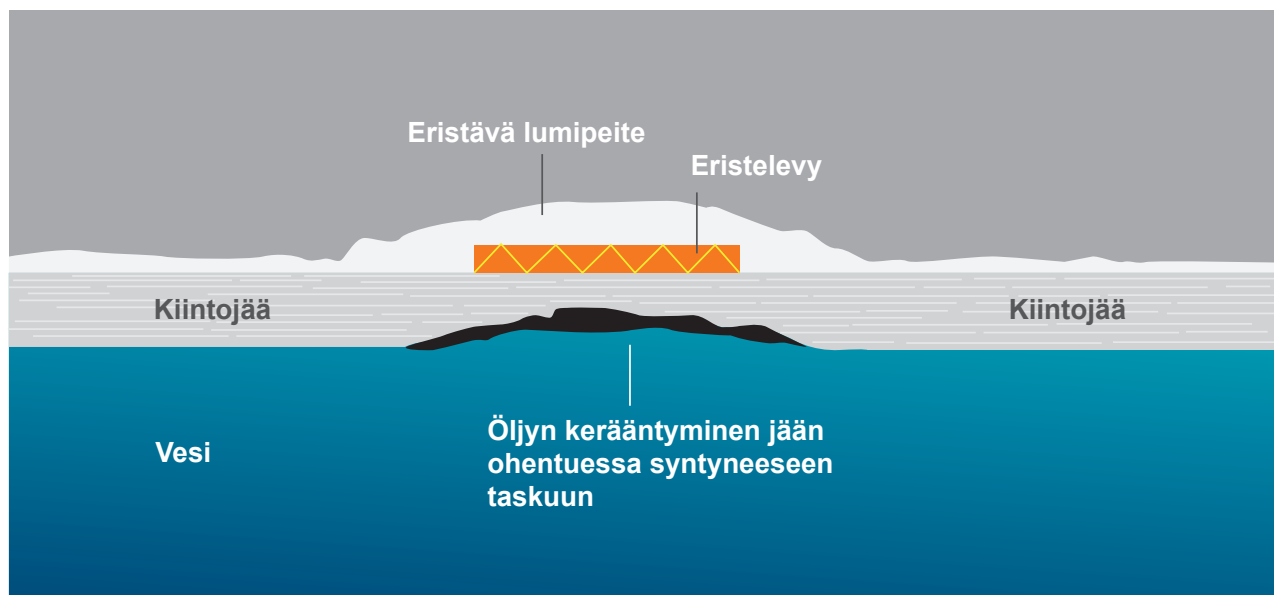
Kuva 39. Suon esiojituskairaa eli kopo-kairaa voidaan käyttää jään railottamiseen. Jäällä vetokone olisi hyvä olla kevyempi, jos vain konetehot riittävät (JPF Peat Oy 2014).

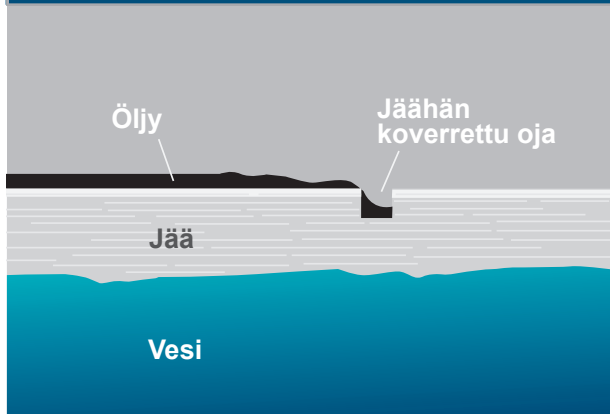
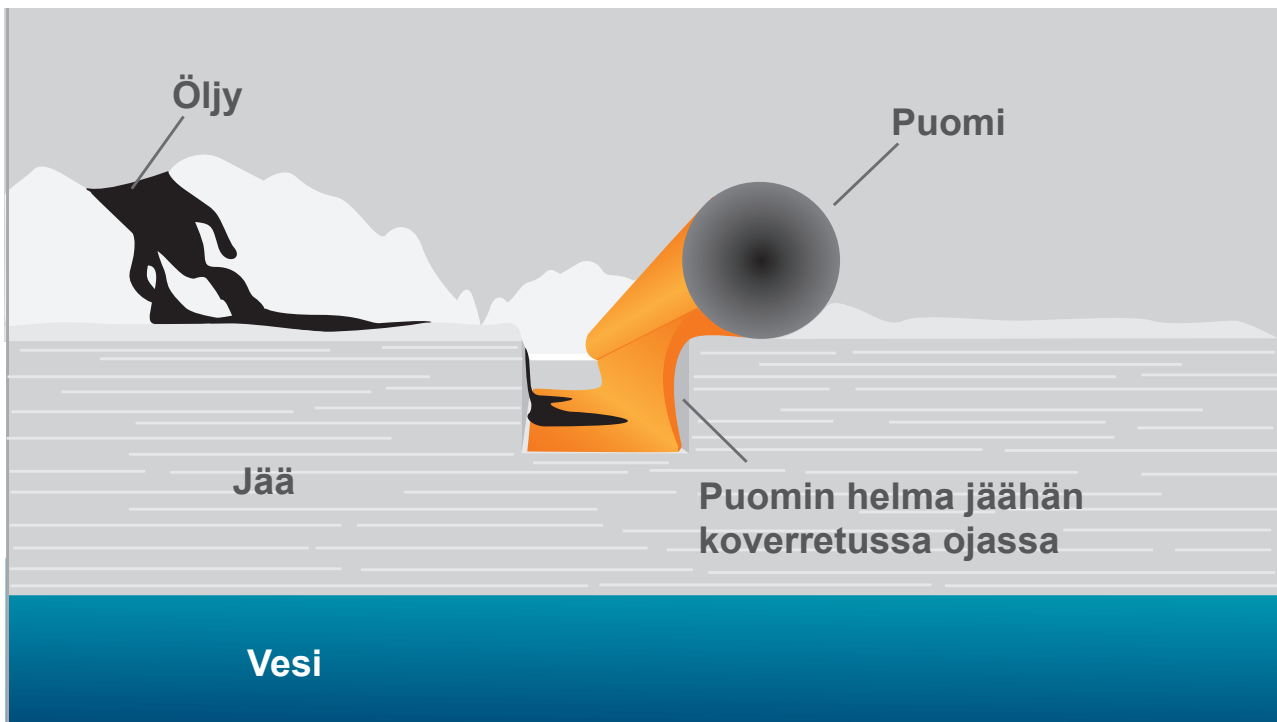
sen jäätyä paikalleen, jolloin se ohjaa öljyn haluttuun suuntaan. (EPPR 1998, 5-14). Jäiden liikkua kiinnijäätynyt puomi saattaa revetä.

7.4 Tulvapenkereet ja vallit

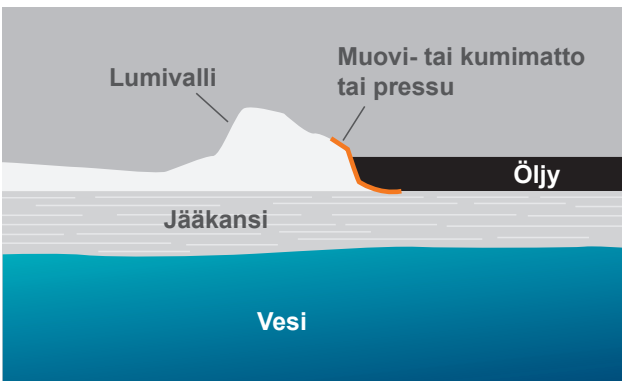
Kiinteille pinnoille voidaan rakentaa tulvapenkereitä ja -valleja lumesta ja maasta. Jäänpinnan epätasaisuus ja lumi yleensä estävät jo itsessään öljyn leviämistä, mutta sitä voidaan vielä tehostaa kasamalla lunta valleiksi ja tulvapenkereiksi. Lumi tulee tiivistää hyvin. Lumivallin päälle ja reunoille voi-

Kuva 40. Läpiviennin aikaansaaminen jäänpinnalle asettua synteettistä eristettä ja lumikerrosta käyttäen (Allen & Nelson 1981, 3; Forsman 2012, 19).





Kuva 41. Puomitus jään päällä (ACS 2012, 38) ja jäähän koverrettu oja (EPPR 1998, 5-14).



Kuva 42. Lumivallin rakentaminen (EPPR 1998, 5-13).

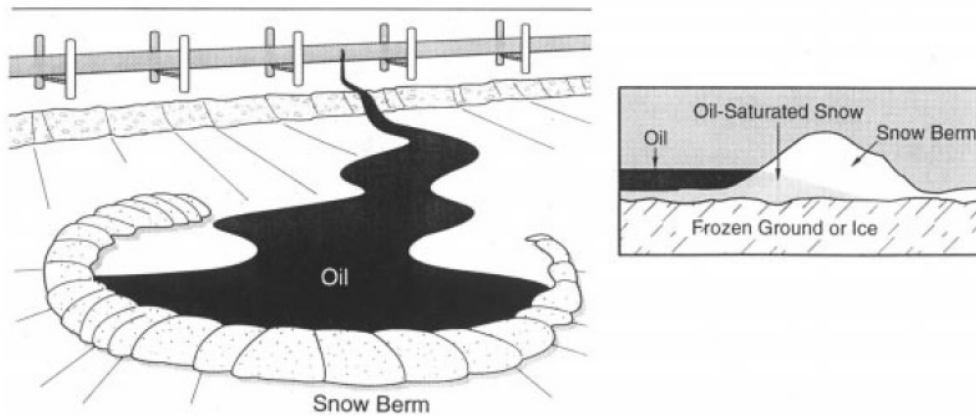
daan sumuttaa vettä, jolloin se jäätyessään muodostaa valliin öljyä läpäisemättömän pinnan.

Dieselin ja kevyen öljyn vuodoissa lumivallit tulee tiivistää kumimatolla tai pressulla, muuten ne leviävät lumessa kapillaarisesti. Näille öljyille voidaan myös käyttää vanerista rakennettuja puomeja. Maavallitkin tulee tiivistää hyvin, ja jos vain aikaa on, päällystää kumimatolla tai pressulla. Penger tulee rakentaa riittävän kauas alamäkeen päästölähteestä. Penkereitä käytetään yleensä yhdessä ojittamisen kanssa. (EPPR 1998, 5-13.)

Jää- ja lumipuomien rakentaminen vuodon ohjaukseen on nopeaa, jos vain välineet ovat saatavilla. Hyödynnä lumilapion ja -kolan lisäksi maantiehöyliä sekä pusku- ja raivaustraktoreita. (EPPR 1998, 3-43 ja 3-45.)

Lumivalleja voidaan hyödyntää myös maalta tulevan vuodon hallitsemiseksi. Ota vallin rakentamispaikan valinnassa huomioon vallitseva tuulensuunta. (Glover & Dickins 1999, 6.)

Patoesteitä voidaan rakentaa vanerista, lumesta, maasta tai vaikka kivenlohkareista. Kivistä raken-



Kuva 43. Lumivallin kasaaminen vuodon rajoittamiseksi (Glover & Dickins 1999, 6).

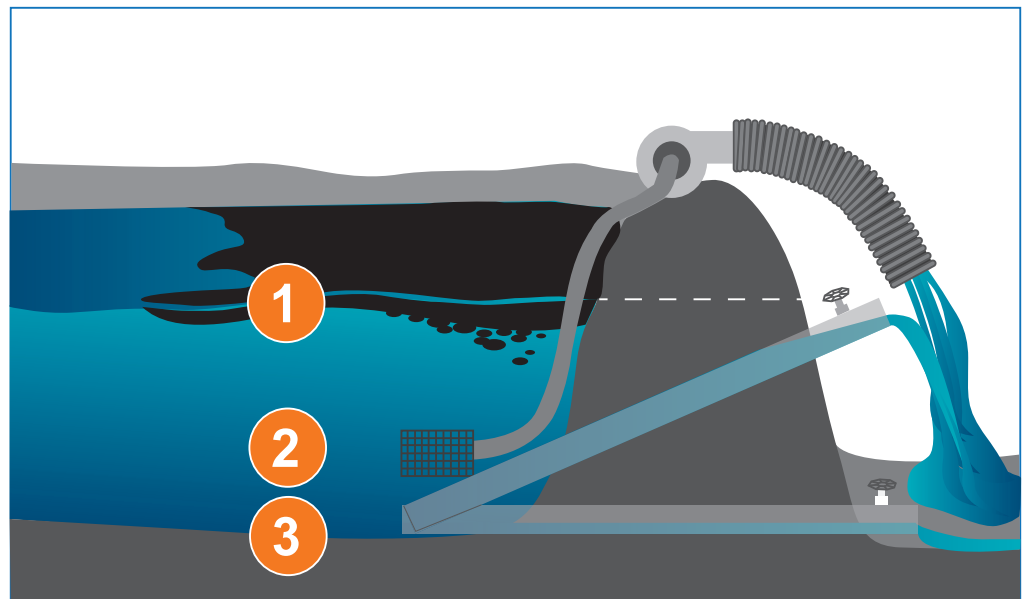
nettaessa tulee kuitenkin käyttää muovimattoa, pressua tai tiivistettyä mutaa tms. jotta padosta tulee tiivis. Putken ja padon reunamat voidaan myös tiivistää, ettei vesi lähde kiertämään estettä. Vanerilevyjä käytettäessä levyjen päät tulee istuttaa hyvin joen reunoihin ja tiivistää esimerkiksi imeytysaineilla. (EPPR 1998, 5-10.)

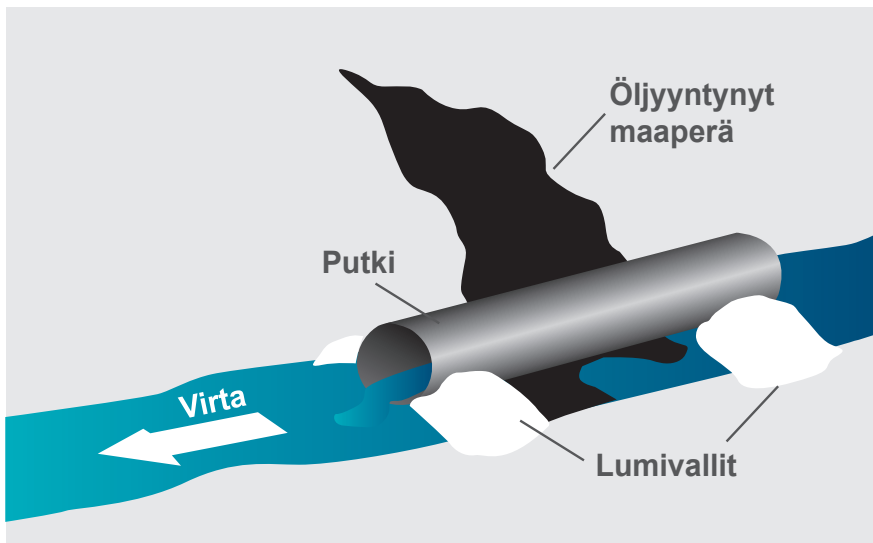
Patoamista voidaan käyttää pienissä virroissa silloin kun veden virtaamaa ei haluta pysäyttää. Yksi tai useampi putki asetetaan maasta tai hiekkasäkeistä tehdyn padon läpi niin, että putken yläjuoksun puoleinen pää on lähellä virran pohjaa ja alajuoksun puo-

leinen pää hieman ylempänä niin, että vesi pääsee tulemaan ulos. Jos käytetään useampaa kuin yhtä putkea, asetellaan ne niin, että kaikki ovat hieman eri kaltevuuskulmissa. (EPPR 1998, 5-10.)

Putken asento on kriittisin tekijä padon tehokkuudelle. Putken yläjuoksun eli veden tulon puoleinen pää tulee olla niin alhaalla, ettei öljy pääse sinne. Haluaisijaltaan suuremmat putket, jotka mahdollistavat suuremman tilavuuden ja hitaamman virtaamaan, minimoivat öljyn sisääntuloa putkeen. Ulostulopää tulee asettaa niin, että läpivirtaus putkessa on jatkuvaa. (EPPR 1998, 5-10.)

Kuva 44.
Patoaminen
(EPPR 1998, 5-10
ja IMO 2013, 31).





Kuva 45. Suojakouru joessa tai ojassa (EPPR 1998, 5-11).

Optimaalisesti loivassa kulmassa oleva putki juokuttaa vettä nopeasti, mutta niin, ettei veden pinta laske. Yhden putken tukkeutumisen varalle (roskasta, jäätä) tai vedenpinnan nousun varalle (sade) voidaan asentaa useampia putkia. Yksinkertainen patosysteemi pidättää öljyn ja jään, mutta sallii veden virrata. Patoja on helppo rakentaa vaikka useampia. Myös pumppuja voidaan käyttää jos on tarvetta säätää vedenpinnan korkeutta (EPPR 1998, 5-10.)

Patoaminen on alun perin suunniteltu avovesiolosuhteisiin, mutta se toimii tehokkaasti myös irtonaisen jään olosuhteissa. Jäät voidaan kerätä padon yläjuoksulla niin kuin öljykin. Kuitenkin ulostulon jäätyminen voi hankaloittaa veden virtausta. (EPPR 1998, 5-11.)

Jos öljyvuoto tai saastunut maa-aines uhkaa valua pieneen jokeen, puroon tai ojaan, voidaan rakentaa vesikouru, joka mahdollistaa veden virtaamisen valuman ohitse. Putki asetetaan lumi- tai maapenkereiden avulla siten, että öljylle jää riittävä keräilyalue putken pituuden alalle. Vallit tiivistetään niin, ettei ohivuotamista tapahdu. Tätä menetelmää on mahdollista käyttää myös irtonaisen jään olosuhteissa jos veden juoksutusta pidetään yllä. (EPPR 1998, 5-11.)

7.5 Kemikaalien käyttö

Dispersanttien eli torjuntakemikaalien käyttöä Itämerellä rajoittavat sekä HELCOMin sopimukset että

kansallinen lainsäädäntömme. Dispersanttien käytöstä säädelään Öljyvahinkojen torjuntalain 41 §:ssä seuraavasti: ”Suomen ympäristökeskus voi poikkeustapauksessa päättää merenkulun ympäristönsuojelulain 2 luvun 2 §:n 1 momentin 3 kohdassa tarkoitettujen öljypitoisten aineiden tai mainitun lain 4 luvun 3 §:n 1 momentin 3 kohdassa tarkoitettujen haitallisten nestemäisten aineiden (torjuntakemikaali) käytöstä alusöljy- ja aluskemikaalivahingon torjunnassa. Suomen ympäristökeskuksen on ennen päätöksen tekemistä varmistuttava, että torjuntakemikaali on kyseisen vahingon torjunnassa huomattavasti muita torjuntamenetelmiä parempi eikä torjuntakemikaalin käytöstä aiheudu ilmeistä vesien pilaantumisen vaaraa eikä muuta haittaa ihmisen terveydelle tai ympäristölle.” (TorjL 2009.)

Dispersanttien käyttö kylmässä olisi melko tehoton. Dispersanttien tarkoituksena on lisätä öljyn hajoamista veteen ja se vaatii veden liikettä ja sekoittumista. Jäät kuitenkin vaimentavat aaltoilua, jolloin liike-energiaa jää puuttumaan. Lisäksi kylmyys jähmentää öljyt. Lisäenergian tuomista ja veden sekoittamista esimerkiksi jäänmurtajien azimuth-potkureilla on testattu, ja sen pohjalta on esitetty, että dispersantit saattaisivat olla käyttökelpoinen menetelmä, mikäli niiden käyttöön saadaan poikkeuslupa (Lampela 2011, 18-19.) Dispersanttien käyttö edellyttää riittävän syvää, noin 20 metrin syvyistä vettä (Lampela 2014a). Itämeren pienen vesitilavuuden

vuoksi dispersoitu öljy ei pääse laimentumaan riittävästi, joten menetelmän käyttö on epätodennäköistä. Dispersanttien käyttö edellyttää myös riittävää veden vaihtuvuutta. (Lewis 2008.)

Kemiallisten rajoitusaineiden ns. kemiallisten puomien (herding agents) tarkoituksena on koota öljylautta paksummaksi kerrokseksi sen polttamista varten. Rajoitusaineiden avulla öljy on saatu palamaan menestyksekkäästi myös jäissä. Uusimpien testien mukaan nykyiset rajoitusaineet ovat tehokkaampia kuin aikaisemmat, ja voivat korvata puomien käytön ainakin teoriassa. Lampelan mukaan menetelmää ei voida kuitenkaan vielä pitää käyttökelpoisena tekniikkana vähäisten käytännön kokemusten vuoksi. (Lampela 2011, 19.)

7.6 In-situ poltto vedessä

Öljyn polttamista ei suositella Suomessa HELCOM-sopimuksen mukaisesti. Saattaa kuitenkin tulla eteen tilanne, jolloin polttaminen on tarkoituksenmukaista. Esimerkiksi Lampelan mukaan (2011, 21) öljyn polttaminen vedessä on käyttökelpoinen menetelmä jääolosuhteissa ja joskus se tarjoaa parhaan vaihtoehdon poistaa vedenpinnassa oleva öljy. Paksum, tuoreen öljylautan in-situ poltto saadaan nopeasti alulle sytyttämällä se öljyä imevän tyynyn (oil-soaked sorbent pad) avulla. Polttamalla voidaan ylittää jopa 90 %:n poistotehokkuus silloin kun öljykerros on paksu. (Lampela 2011, 17.) Jos öljyä on jään alla, tulee se saada esille osaksi lauttaa. Tähän joudutaan käyttämään sukeltajia, jotka ohjaavat ja kasaavat öljyä paksummaksi lautaksi. (Marsh et al. 1979, 3.) Kiintojään alla diesel, polttoöljyt ja raakaöljy saattavat säilyä pitkäänkin säistymättä, jolloin niiden polttamisaikakin pitenee: ne voidaan polttaa vielä kuukausia vuoden jälkeen (EPPR 1998, 3-41).

Öljyä saadaan hävitetyksi noin 2000 kuutiota tunnissa, kun polttoalue on laajuudeltaan noin 10 000 neliötä. Poltto on erityisesti jääolosuhteisiin soveltuva menetelmä, sillä jäälautat toimivat puomeina ja pitävät öljyn paksumpana kerroksena. Poltto on myös kustannuksiltaan alhainen eikä edellytä kallista erikoiskalustoa. (Lampela 2011, 17.)

Vaikka poltto on erittäin tehokas tapa päästä eroon valtaosasta päästöä, on menetelmässä myös erittäin vakavia haittoja. Kaikki öljy ei koskaan pala, vaan aina osa öljystä jää palamatta. Jäännöksen määrä riippuu öljyalaadusta, öljylautan lähtöpaksuudesta ja öljyn säistymisnopeudesta. Palamattoman jäännöksen kerääminen on vaikeaa ja se saattaa upota. Palamisessa syntyvät savu ja noki ovat haitallisia. Aika, jonka sisällä öljy on sytytettävä on rajattu, sillä säistynyt öljy on vaikea sytyttää ja polttaa, ja se vaatii usein erityisiä sytyttimiä. Poltto tulee tehdä hallitusti ja se vaatii luvan. Yleensä poltto sallitaan vain kaukana asutuksesta, noin 3 mailin (noin 5,5 km) päässä siitä. (Lampela 2011, 17.) EPPR (1998, 3-8) mukaan suoja-alueeksi tulee varata 6 mailia (10 km). Näin ollen rantatorjunnassa öljyn in-situ poltto on epätodennäköinen vaihtoehto.

Käyttökohde	Ohjaus- ja sulkupuomitukseen kiintojään läpi	
Turvallisuus	<ul style="list-style-type: none"> Jään alla oleva öljy säilyy yleensä tuoreena. Erityisesti rikkiptoisien raakaöljyn tai muiden helposti haihtuvien öljyjen höyryt voivat muodostaa ilman kanssa syttyvän tai räjähdysherkän seoksen. Jään sahaaminen voi merkittävästi heikentää jään kantokykyä ja vakautta. Selvitä jään kantavuus ja käytettävien koneiden edellyttämät jääpaksuudet. Jääsaha tarvitsee noin 50 cm teräsjäätä. Käytä lautaa tai vanerilevyjä koneiden alla painon jakamiseksi ja pidon lisäämiseksi. Jääsahan työskennellessä vaara-alue on 20 metriä. 	
Tarvittavat välineet	Kaira/moottorikaira Moottorisaha, jääsaha tai ketjukaivuri	(Puupalikoita, lautaa, vanerilevyä)

Kuva: Carl Oskins, DOWCAR Environmental Management Inc.



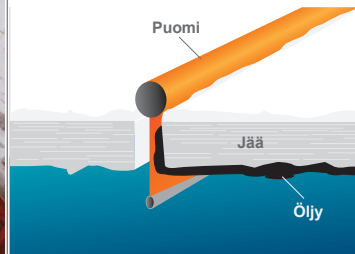
Kuva: Carl Oskins, DOWCAR Environmental Management Inc.



Kuva: Jouko Pirttijärvi, Suomen ympäristökeskus



- Selvitä jään paksuus ja veden syvyys. Huomaa, että jääsahaa käytettäessä veden syvyyden tulee ylittää 0,5 metriä.
- Merkitse jääraillon linja jään pintaan esimerkiksi kairaamalla. Suuntaamiseen tarkoitettu puomitusrailo kannattaa asettaa 20–30° kulmaan veden virtaussuuntaan nähden virtausten ylittäessä 0,4 m/s.
- Railon leveys määräytyy puomin ja tarpeen mukaan. Jääsahalla ja ketjukaivurilla syntyy noin 10–20 cm leveää railoa. Railo voidaan sahata väljemmäksi, jolloin puomin kiinnijäätymisongelma vähenee. Jos railo halutaan leveäksi, toimi keräilyaltaan toimintaohjeen TOK 2 mukaisesti. Keräilyaltaan teosta poiketen, puomitusrailoa sahattaessa jäädästä irtisahatut palat voidaan painaa jääkannen alle puomituksen puhtaalle puolelle.
- Sahaa railo ketjukaivurilla tai jääsahalla jään kantavuuden ja vesisyvyyden ollessa riittävä. Railo voidaan sahata myös moottorisahalla. Kairaa jäähän reikiä puomituslinjan matkalta ja yhdistä kairausreiät moottorisahalla.
- Railon kiinniväätymisen estämiseksi railoon voidaan asettaa stoppariksi T-muotoon liitetyt puupalikat.
- Puomin alavirran tai rannan puoleiseen päähän sahataan tarvittaessa keräilyallas. Virta kuljettaa öljyn puomin päähän ja öljy nousee avoveteen, josta se kerätään pois.
- Railon ja keräilyaltaan reunamat voidaan tarvittaessa suojata öljyä läpäisemättömällä matolla.






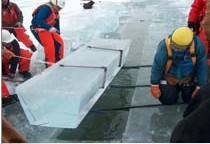

Kuva: EPPR 1998 mukaillen



Kuva: Juha Muhonen, Lamor Corporation Ab.



Kuva: Juha Muhonen, Lamor Corporation Ab.

Käyttökohde	Jään alla olevan öljyn ohjaamiseksi avoveteen ja sen keräämiseksi.	
Turvallisuus	<ul style="list-style-type: none"> Jään alla oleva öljy säilyy yleensä tuoreena. Erityisesti rikkipitoisen raakaöljyn tai muiden helposti haihtuvien öljyjen höyryt voivat muodostaa ilman kanssa syttyvän tai räjähdysherkän seoksen. Jään sahaaminen voi merkittävästi heikentää jään kantokykyä ja vakautta. Selvitä jään kantavuus ja käytettävien koneiden edellyttämät jääpaksuudet. 	
Tarvittavat välineet	Kaira tai moottorikaira Moottorisaha, jääsaha tai ketjukaivuri Sahanohjain tai astekulma Nostolaite, taljoja	Rautakanki, sorkkarauta T-tanko (Lautaa, vanerilevyä)
    	<ol style="list-style-type: none"> Selvitä jään paksuus ja veden syvyys. Huomaa, että jääsahaa käytettäessä veden syvyyden tulee ylittää 0,5 metriä. Auraa tai kolaa jäänpinta puhtaaksi lumesta. Merkitse keräilyaltaan muoto jäänpintaan esimerkiksi maalilla, kairaamalla tai moottorisahalla. Virtausten ylittäessä 0,4 m/s suunnittele keräyssallas 20–30° kulmaan veden virtaussuuntaan nähden. Optimaalinen keräilyaltaan leveys on 1,5-kertainen jään paksuuteen verrattuna. Altaan ylävirran puoleinen pää muotoillaan kaartuen veden virtaussuuntaa kohti (katso kuva alla). Jaa ja merkitse keräilyaltaan ala hallittavin kokosiin paloihin. Kairaa jokaiseen palaan reikä, kairaussuunta samassa kulmassa kuin palan päätyjen tuleva sahauskulma (katso kuva alla). Sahaa palat irti. Jääpalan reunat sahataan viistoon. Sahaa myös palojen päädyt viistoon, molemmat päät samansuuntaisessa kulmassa. Jääsahaa tai ketjukaivuria käytettäessä vain altaan toinen reuna voidaan sahata koneella. Aseta kairattuun reikään T-tanko ja tue sitä jääpalan pohjaa vasten. Vedä tai nosta palat ylös yksitellen taljaa käyttäen. Leikattujen palojen painamista jään alle ei suositella, sillä ne voivat estää öljyn virtaamista ja nousemista keräilyaltaaseen. Siirrä irrotetut palat kauemmaksi tai rannalle. Pidä jää aina puhtaana jääpaloista ja lumesta. Siirtäminen voidaan tehdä koneellisesti, tai esimerkiksi pyöreiden tankojen tai putkien päällä pyörittämällä. Keräilyaltaan reunamat ja työskentelyalue suojataan öljyä läpäisemättömällä muovilla tai kumimatolla. 	

Kuva: Carl Oskins, DOWCAR Environmental Management Inc.

Kuva: Juhana Muihonen, Lamor Corporation AB

Kuvat: Carl Oskins, DOWCAR Environmental Management Inc.

Kuvat: Carl Oskins, DOWCAR Environmental Management Inc. mukailien

8 Keräysmenetelmät

Suomessa on käytössä erilaisia öljynkeräysjärjestelmiä, kuten aluksiin kiinteästi asennettuja ja laidan ulkopuolella käytettäviä pintakeräjiä, joilla voidaan kerätä öljyä myös jäissä. Suurin osa näistä tekniikoista edellyttää talvimerenkulkuun soveltuvien alusten käyttöä. Tässä luvussa on tarkoitus tarkastella niitä tekniikoita, joita pelastustoimella on mahdollisuus hyödyntää omalla vastuualueellaan tapahtuvassa talvitorjunnassa, eikä teksti siten kata kaikkia kylmän ajan öljyntorjuntatekniikoita.

Mekaaninen keräys koneellisesti ja käsin toimivat myös talviolioissa. Käyttökelpoisimmat tekniikat perustuvat pääasiassa lämpösaatolla varustettuihin harjakeräimiin (Singsaas & Lewis 2011, 69), harjakauhoihin ja skimmereihin, sekä pumppaukseen ja alipaineimuun. Harjakauhat toimivat jääolosuhteissa öljyn keräämiseen veden pinnalta ja jääkannen puhdistamiseen. Skimmerit ovat käyttökelpoisia öljyn poistamiseen keräilyaltaista, railoista ja väyliltä. Myös imeytystä voidaan käyttää niin kauan kuin öljy on nestemäisessä muodossa tai vähintäänkin tarttuvaa. Imeytyspuomeja voidaan käyttää jäiden seassa, jäihin tehdyissä keräilyaltaissa ja joskus jopa jään alla (Forsman 2012, 35-36). Myös jään alla käytettävien öljynkeräystekniikoiden kehitystyö on meneillään (Muhonen 2014).

8.1 Harjakauha ja harjakeräimet

Öljyntorjuntaan tarkoitetut harjakauhat ovat liitettävissä tavanomaisiin kaivinkoneisiin ja myös amfibikaivinkoneisiin. Alun perin rantojen puhdistamiseen kehitetty yksiharjainen harjakauha toimii myös jäissä, vaikkakin pienemmällä puhdistusteholla kuin alkuperäisessä tarkoituksessaan. (Lampela & Jolma 2011, 6.) Harjakauhan keräysteho rikkonaisessa jäässä osoittautui VTT:n testissä 50 %:a avoveden keräystehoa pienemmäksi (Jensen 2004, 20). Harjakauhat ovat talviolosuhteissa käyttökelpoisin tekniikka.

Harjakauhaa on päästy testaamaan hyvin tuloksin myös oikeissa öljyvahingoissa (Jensen 2004, 20), muun muassa Runner4 -tapauksessa Virossa 2006

(Muhonen 2014). Runner4 -aluksen uppoamisesta Suomenlahdella 5.3.2006 seurannutta vuotoa oli ensimmäiset viikot vaikea seurata ja jäljittää vaikeiden jääolosuhteiden vuoksi. Torjuntatyöt aloitettiin, kun tuuli työnsi jäälautat sivuun ja vahinkoalue avautui. Öljyä kerättiin useilla harjakauhoilla yhteensä noin 15 tonnia. (Lampela 2012.)

Dokumentoituja käyttökokemuksia harjakauhasta löytyy myös Ruotsin Sundsvallissa 2008 sattuneen 25 tonnin bunkkerivuodon yhteydestä. Kyseisessä vahinkotapauksessa jääolosuhteet olivat suhteellisen helpot: osittain avovettä, jonka pinta jäätyi yöllä. Öljyä kerättiin laiturialueilta ja ympäröiviltä ranta-alueilta, aluksista ja veneistä sekä maalta käsin. Rannikkovartioston alus KBV005 avusti paikallista pelastustoimea. Aluksella oli käytössään harjakauha, jota käytettiin aluksen kannelta pitkän hydraulitoimisen nosturinvarren päässä keräämään öljyä jäälauttojen välistä ja jään päältä. Harjakauha toimi suhteellisen hyvin. Suurimmat öljymäärät saatiin kuitenkin kerättyä lieteautoilla, jotka pystyivät imemään laituriin olleiden aukkojen kautta sen alle paksummaksi kerrokseksi kerääntyneen öljyn. Harjakauhan käytöstä saatujen kokemusten pohjalta huomattiin, että kerääjän tehokasta käyttöä haittasivat aluksen liikkeet. Aluksen keinumisen vuoksi harjaa oli vaikea pitää juuri optimaalisella etäisyydellä veden ja öljylautan pinnasta ja näin varmistaa paras mahdollinen keräysteho. Kiinteältä alustalta käsin toimittaessa tätä ongelmaa ei ollut. Työskenneltäessä laiturilta harjakauhalla saatiinkin kerättyä merkittävä määrä öljyä, lopulta enemmän kuin keulakerääjällä varustetulla torjunta-aluksella. (Forsman 2008, 57.)

Harjakauhaa testattiin myös Suurilla Järvillä 2012. Harjakauhan asennus sujui nopeasti ja helposti, mutta valittu asennuspaikka proomun keulaan ei ollut toimiva. Vain keulan lähellä ollut öljy saatiin kerättyä. Harjoituksen jälkeen todettiin, että asentamalla harjakauha proomun pitkälle kyljelle, olisi proomun runkoa voinut käyttää öljylautan rajoittamiseen. (Hansen 2014, 4-5.)



Kuva 46. Suomen ympäristökeskuksen harjakauha sekä Lamorin Oil Recovery Bucket (SYKE 2003 ja Juha Muhonen 2005).

Harjakauhasta on saatavilla myös malli, jossa harjasosan ympärillä olevan teräskehikon avulla jäitä voidaan painaa alas ja sivuun, jolloin öljy voidaan kerätä suuremmalla hyötysuhteella. Sternmax -arktisessa peräharjassa on lämmitys muun muassa kehikossa ja kuorintakammassa. Aluksiin tarkoitettuja peräharjoja on saatavilla eri kokoluokissa. Lapin pelastuslaitoksen alukseen on tulossa noin 20 tonnin painoinen Sternmax -peräharja. (Muhonen 2014.)

Yksiharjaisen harjakauhan lisäksi pelastuslaitoksilla on käytössä kaksiharjainen harjakauha, jossa on molempiin pyörimissuuntiin kuoriva lämpökampa. Kai-vinkoneen lisäksi kerääjäyksikköä voidaan operoida myös nosturista roikottaen tai skimmerityyppisesti ponttoniin asennettuna. Harjakauha toimii hyvin myös jääoloissa. Nosturilla roikotettava keräin toimii kaikissa jääpeittävyyksissä, mutta skimmerinä käytettynä operointiin tarvitaan riittävästi avovettä. Harjakauhan soveltuvuus kylmiin olosuhteisiin on varmistettu lämmitettävällä kuorintakammalla sekä öljynkeräystilan pohjalämmityksellä. Lämmön tuottoon käytetään höyryä. (Kilpeläinen 2014c.)

Kilpeläisen (2014c) mukaan epäpuhtaissa olosuhteissa öljyn siirto tapahtuu alipainetekniikalla. Ylipainetekniikkaa öljynsiirtopumpulla voidaan käyttää jääkeräyksessä. Kerääjäyksikkö on irrotettavissa



Kuva 47. Suuren Sternmax-peräharjan paino on noin 32 tonnia (Juha Muhonen 2014).



Kuva 48. Harjakauha. Kauhan kiinnitys tässä mallissa NPT-10 kaivinkoneeseen (Olli Kilpeläinen 2014).



Kuva 49. Mäntyöljyä kerättiin Kaskisissa noin $-1-0^{\circ}\text{C}$ lämpötilassa. Vasemman kuvan harjahihnassa ei ollut lämpökamppaa (Juha Muhonen 2011). Oikeanpuoleinen kuva on Norjan Hvalerista 2011, jossa raskasta polttoöljyä kerättiin jäiden joukosta -20°C pakkasessa (Swedish Coast Guard 2011).

kauhasta. Kauhan ja keräysyksikön sijaitessa erillään toisistaan, toiminnan aikainen puhdistustarve pienee oleellisesti. Kaksiharjaisen harjakauhan keräystehokkuutta testattiin Runner4-tapauksessa vuonna 2006. (Kilpeläinen 2014c)

Harjakeräystekniikkaa hyödynnetään monenlaisissa ja -kokoisissa keräimissä, sekä alus-, nosturi-, kauha-kuormaaja-, harveri- ja käsikäyttöisinä keräysjärjestelminä. Käsikäyttöinen rock cleaner soveltuu myös käytettäväksi kylmissä olosuhteissa.

Pelastuslaitosten mukaan aluksiin asennettujen harjakeräinten käytettävyyttä heikentää lämpökampojen puuttuminen. Öljy läjittyy kampojen kylmälle metallipinnalle, eikä jäykkä öljy valu öljykeräystilaan (Kilpeläinen 2014a; SRÖTVA 2008). Laittevalmistajan mukaan kammalle läjittyminen ei ole ongelma, sillä kun öljyä on riittävästi, se putoaa tankkiin (Muhonen 2014).

Keräystankin päällä olevan ritilän tarkoituksena on kerätä öljyn mukana tulevat roskat, kuten kaislat ja kuolleet linnut. Roskaa tulee yllättävän paljon ja ritilän siivoamiseksi tarvitaan arviolta kuution verran välivarastointikapasiteettia. (Muhonen 2014.) Suurimpiin aluksiin integroidut järjestelmät ovat lämmitettyjä (Ritari 2014b). Alusten keula- ja sivukeräimet eivät toimi jäiden seassa (Kilpeläinen 2014c) jään

pakkaantuessa puomin kainaloon. Lisäksi aallokko heikentää keräystehokkuutta, sillä keräysviiksien varalaidan korkeus on 0,3–0,4 metriä, jolloin aallokko vie öljyn viiksien yli. (SRÖTVA 2008, 15.)

8.2 Skimmeröinti

Öljykeräinten toiminta perustuu joko vedessä olevan öljyn tarttumiseen keräimen liikkuvaan tartuntapintaan (oleophilic skimmers), öljyn valumiseen vedenpinnan alapuolella olevan keräimen sisään (ylivuoto- tai kauluskeräimet, weir skimmers), keräimen imuun (suction skimmers) tai öljy-vesiseoksen siirtoon kohti keräintä (hydrodynamic skimmers). (Hietala 2011, 17.)

Keräimen tartuntapinnan liikkeeseen perustuvia keräimiä ovat kiekko- (disk-), rumpu- (drum-) ja harjakeräimet (brush skimmers). Veden pinnalla oleva öljy tarttuu harjoihin, kiekkoihin tai rumpuun, joista se pyörimisliikkeellä pyyhkäistään keräimen sisään. Kiekko- ja rumpukeräimet soveltuvat keskiras-kaiden ja osittain myös kevyiden öljyjen keräämiseen. Harjakeräimet toimivat hyvin raskaiden ja keskiras-kaiden öljyjen keräämiseen sekä pyörimisnopeutta lisäämällä myös kevyempien öljyjen keräämiseen. (Hietala 2011, 19; Muhonen 2014.)

Tartuntaan perustuvia keräimissä on rinnakkaisia akselinsa ympäri pyöriviä harjoja, kiekkoja tai rumpuja

asetettuna esimerkiksi kolmion, neliön tai ympyrän muotoiseen kehikkoon. Osa keräimistä on rakennettu siten, että keräävä yksikkö ovat vaihdettavissa, jolloin sama keräin voidaan varustaa harja-, rumpu- tai kiekkoyksiköillä. Harja-, kiekko- ja rumpukeräimiä on saatavilla kelluvina, nostopuomilla ohjailtavina sekä omalla propulsiolaitteistolla ja kauko-ohjauksella, myös Ex-suojatulla ohjaimella, varustettuna. (Hietala 2011, 19; Muhonen 2014.)

Muita tartuntaan perustuva keräintyyppisiä ovat nauhakeräin (sorbent lifting belt), öljyn pinnan alle painava nauhakeräin (submersion plane/belt) ja nostopykälän varustettu nauhakeräin (paddle belt). Öljyn pinnan alle painava nauhakeräin on tehokkaimmillaan kerätessään keskiraskaita tai kevyitä öljylaatuja ohuista öljykalvoista. (Hietala 2011, 31.)

Ylivuotoon perustuvat kauluskeräimet soveltuvat kevyen öljyn keräämiseen tyynen veden pinnalta. Niiden haittapuolena on huono öljy-vesi-keräyssuhde, eli ne keräävät öljyn ohella paljon vettä. (Muhonen 2014.) Kauluskerääjä voidaan varustaa pyörivillä harjoilla, jolloin jäät eivät kulkeudu kaukaloon ja pumpulle. (Forsman 2008, 24.)

Skimmerin valintaan vaikuttaa öljyn viskositeetti ja öljylautan paksuus, ympäristön lämpötila sekä jää tai muu roska, jota veden pinnalla on. Skimmerit toimivat sitä tehokkaammin, mitä paksumpi on kerättävä öljykerros. Puomitusten avulla pyritään varmistamaan riittävä kerrospaksuus, mikäli jään reuna ei itsessään rajoita öljyn leviämistä. Öljyä voidaan myös nuotata puomien avulla laajemmalla alueelta suurempaan kerrospaksuuteen keräimen ulottuville. (Jolma 2014; Hietala 2011, 17.)

Skimmerien ja pumppujen käytettävyyttä kylmissä olosuhteissa on tutkittu sekä koealtaissa että oikeissa olosuhteissa. Käyttökelpoisimmat menetelmät ja tekniikat perustuvat pääasiassa harjakeräysteknologiaan (Lampela 2011, 9; CEDRE 2011, 3; Muhonen 2014). Esimerkiksi Godafossin öljyvahingossa Norjassa 2011 jo luonnostaan korkeaviskoosisen raskaan polttoöljyn (IFO 380) kerääminen ja pumppaaminen oli -20°C lämpötilassa haasteellista. Nauhaskimmereitä

(steel belt) kokeiltiin, mutta lämmityksellä varustetut harjaskimmerit osoittautuivat kuitenkin tehokkaimmiksi. (CEDRE 2011, 3.)

Lämpötilan ollessa nollan alapuolella suurimmalla osalla perusskimmereistä toimintavarmuus heikenee. Skimmerien letkut ja pumput jäätyvät. Lisäksi ongelmana ovat kylmäkäynnistys ja muovi- ja metalliosien haurastuminen pakkasessa. Myös keräävä mekanismi, kuten harjasto tai nauha, voi jäätä. Talviolioissa käytettävissä skimmereissä tulisi olla lämmitysmahdollisuus, esimerkiksi höyrysaatto, lämminvesikierto tai lämmitetty kotelo tai koppa. (EPPR 1998, 5-20.) Lisäksi käytettävien pumppujen tulee pystyä pumppaamaan raskaita ja jähmeitä öljyjä (Lampela 2011, 9). Suurella osalla Itämerellä kuljetettavista öljyistä on korkea viskositeetti ja ne ovat jäykkiä ja tahmeita. Myös osa öljyistä, jotka olisivat lämpimässä säässä helppo kerätä, ovat jähmeitä pakkasasteissa ja niitä on mahdotonta kerätä kevyimmille öljyalaaduille tarkoitetuilla skimmereillä. (Lampela 2011, 5.) Laittevalmistajan mukaan lämmitysmahdollisuus on hyväksi, muttei välttämätön sillä öljy ei jäädy. Skimmerikopan päälle kertyneen jään voi sulattaa höyrypesurilla. (Muhonen 2014.)

Jääpeittävyuden ollessa 0–30 %:a voidaan käyttää normaaleja avovesiolosuhteisiin tarkoitettuja skimmereitä (Lampela 2011, 9; EPPR 1998, 5-21). Jäälohkareiden tulee tällöin olla aika pieniä, alle 1 metriä (EPPR 1998, 5-21). Skimmereille tulee puomitaa keräysalue, jossa jääpeittävyys lasketaan alle 10 %:iin (DeCola et al. 2006, 33; Jensen 2004, 16).

Jääpeittävyuden ollessa 30–70 %:a tarvitaan erikoisskimmereitä, jotka on rakennettu kestävästi liikkuvan jään aiheuttamaa kuormitusta ja puristusta. Skimmerin tulee myös olla riittävän painava, että se pitää oman uppoumatilansa jäiden liikkeessa. Esimerkiksi alumiinista valmistettu arktinen skimmeri on noin tonnin painoinen. Siihen asennettu teräsritilä estää jäätä kulkeutumasta keräystilaan (Forsman 2008, 20; Muhonen 2014). Tehokkaan keräämisen ja kohdistettavuuden takia jään seassa käytettävät skimmerit tulee olla ohjailtavia. Yli 70 %:n jääpeittävydessä keräimet olisi hyvä olla integroituna suo-



Kuva 50. Lamor Arctic skimmeri on operoitavissa joko nostopuomilla tai itsekelluvana (Juha Muhonen 2007 ja 2009).

raan jäävahvistettuun alukseen. (Lampela 2011, 9.) Kiintojäättilanteessa käytetään kannettavia skimmeriä niille avatuissa keräilyaltaissa ja -railoissa, tai kun öljy on saatu puomitettua tietylle alueelle (EPPR 1998, 5-20; 5-24).

Ohjailtavat skimmerit

Ohjailtavat skimmerit voivat olla omalla propulsiojärjestelmällä varustettuja, hinattavia tai aluksen nosturilla operoitavia. Nostopuomilla operoitavan skimmerin etuna on hyvä kohdistettavuus. Kerääminen on tehokasta kun ei ole jatkuvaa tarvetta ohjata jäitä pois keräysyksiköstä (Lampela 2011, 10; Kilpeläinen 2014c). Esimerkiksi arktinen skimmeri on operoitavissa joko nostopuomilla tai itsekelluvana. Lamor Arctic skimmerin lisäksi muita liikuteltavia talvitoimintakykyisiä kerääjiä ovat esimerkiksi Desmi Polar Bear-skimmerit. Nosturilla operoitavien skimmerien, erityisesti roikkuvaköystöisen ropemop-skimmerin, siirtelyssä leviää öljyä ympäröiville alueille ja työskentelyalueen tai -kannen suojaaminen on tärkeää (Jensen 2004, 15).

Myös harjakauhaa voidaan operoida nosturista roikottaen tai skimmerityyppisesti ponttoniin asennettuna. Nosturilla roikotettava keräin toimii kaikissa jääpeittävyksissä, mutta skimmerityyppisesti kelluva tarvitsee riittävästi avovettä. (Kilpeläinen 2014c.)

Kuva 51. Skimmeri, jota voidaan käyttää jääolosuhteissa nosturista riiputtaen tai ponttonin päällä kelluttaen. Kuvat Helsingin pelastuslaitoksen Sirkka-harjoituksesta (Melinda Pascale 2008).



Kirjallisessa lähdeaineistossa (mm. Allen & Nelson 1981, 8; EPPR 1998, 4-4; Majors & McAdams 2008, 4) useasti mainittu ropemope-skimmeri eli köysimoppikeräin ei ole erityisen talvikeräyskykyinen. Pakkasoloissa ropemopin köysistö jäätyy, jolloin keräysteho heikkenee huomattavasti. Joihinkin malleihin on lisätty lämmitys lämpimällä vedellä (Lampela 2011, 10). Ropemopin käyttö hankaloituu kovalla tuulella. Suurilla Järvillä 2012 tehdyn testin mukaan ropemopin kohdistaminen öljylauttaan oli hankalaa eikä köysistö täysin pysynyt vedenpinnalla (Hansen 2014, 3). Köysi myös menettää imukykyä nopeasti (Muhonen 2014).

Kannettavat skimmerit

Pienempiä, kannettavia skimmereitä käytetään kun öljy on saatu puomitettua tietylle alueelle tai ohjattua keräyskuoppaan tai -railoon. (EPPR 1998, 5-24). Porvoossa talvella 2002 sattuneen dieselveuodon yhteydessä öljyä kerättiin ensin imuautoilla, mutta

huonon öljy-vesi-keräyssuhteen (1:240) vuoksi siirryttiin skimmerikeräykseen. Öljyä kerättiin neljällä skimmerillä yhteen imuautoon jakotukin avulla. Skimmerien öljy-vesi-keräyssuhde oli huomattavasti parempi, noin 1:1,1. Kuivassa pakkasilmassa (-20°C) ja tyynessä vedessä jäätäminen ei aiheuttanut ongelmia. (Muhonen 2014.)

Höyry- tai lämminvesiliitännällä varustettua rumpuskimmeriä testattiin Suurilla Järvillä 2012. Rum-



Kuva 52. Dieselin keräystä noin -20°C pakkasessa Minimax 12-skimmereillä (Juha Muhonen 2002).



puskimmeri osoittautui liian kevyeksi, jotta se olisi jäissä pysynyt riittävässä kontaktissa veteen. Skimmeri toimii paremmin avovedessä ja jäälautojen väliin jäävillä avovesialueilla. Testissä kokeiltiin myös

Helix-skimmeriä ja osoittautui, että sen letkut ja liittimet vaurioituivat jäiden hankauksessa. (Hansen 2014, 2.)

Taulukko 8. Skimmerityyppien käytettävyys (ACS 2012, 162; EPPR 1998, 5-23 ja 5-26; Hietala 2011, 18-31; Lampela 2011, 10; Muhonen 2014).

Skimmeri-tyyppi	Käyttökohde	Rajoitteet	Talvitoimintakyky
Harja-skimmerit	<ul style="list-style-type: none"> •Kerää kaikkia tarttuvia öljyjä. Toimii keskiraskaille ja raskaille öljyille, kevyille nopeammalla pyörimisnopeudella. •Keräystehokkuus korkea. 	<ul style="list-style-type: none"> •Suurten skimmerien kuljetus ja alusten kantokyky. 	<p>Oleophilic Brush – Hyvä. Roskan ja jään sietokyky hyvä. Öljy/vesi-keräyssuhde hyvä.</p>
Kiekko-skimmerit	<ul style="list-style-type: none"> •Toimii suojaisissa ja tyynissä vesissä, mieluiten avovedessä keskiraskaille ja kohtalaisesti myös kevyille öljyille. •Keräystehokkuus riippuu öljykalvon paksuudesta ja levyjen pyörimisnopeudesta. Kerää jopa 1 mm:n öljykalvoa 97 %:n keräysteholla. •Suurimmissa kiekkoskimmereissä on siivekkeet, jotka suojaavat roskalta. •Huollontarve vähäinen; ajoittainen puhdistus ja kaavintalevyn vaihto. 	<ul style="list-style-type: none"> •Kallis ja muita skimmereitä haavoittuvampi. •Ei toimi raskaille tai roskaisille öljyille. Raskaat öljyt läjittyvät ja skimmeri tukkeutuu. •Kevyiden öljyjen tarttumisen heikkoa, mutta niidenkin kerääminen onnistuu. 	<p>Oleophilic Disc – Kohtalainen. Öljy/vesi-keräyssuhde kohtalainen. Siivekkeet mahdollistavat keräyksen harvassa jäässä.</p>
Rumpu-skimmerit	<ul style="list-style-type: none"> •Toimii suojaisissa ja tyynissä vesissä, kohtalaisesti myös avomerellä. •Tehokkain keskiraskaille, toimii kohtalaisesti myös kevyille ja raskaille öljyille. •Kestävät roskaa paremmin kuin disc-skimmerit. •Suurten disc-skimmereiden keräystehokkuus hyvä. 	<ul style="list-style-type: none"> •Pienet disc-skimmerit tehotomia aallokossa. •Keräystehokkuus laskee jos öljylautan kerospaksuus jää alle parin millimetrin. 	<p>Oleophilic drum – Kohtalainen. Öljy/vesi-keräyssuhde kohtalainen.</p>
Nauha-skimmerit	<ul style="list-style-type: none"> •Nauhakeräimet toimivat parhaiten keskiraskaille öljyille. •Öljyn pinnan alle painava nauha-keräin on tehokkaimmillaan kerätessään keskiraskaita tai kevyitä öljylautoja ohuista öljykalvoista. 	<ul style="list-style-type: none"> •Sorbent lifting belt ei käy mataliin vesiin, mutta paddle belt käy. •Sorbent lifting belt-kerääjää lukuunottamatta nauhaskimmerit eivät toimi tehokkaasti avomeriolosuhteissa. 	<p>Sorbent lifting belt – Hyvä Toimii avomerellä keskiraskaille ja raskaille öljyille. Jään ja roskan sietokyky hyvä. Öljy/vesi-keräyssuhde kohtalainen.</p> <p>Submersion plane/belt- Huono Toimii tyynessä tai suojaisassa vedessä keskiraskaille öljyille. Jään ja roskan sietokyky huono. Öljy/vesi-keräyssuhde kohtalainen.</p>

Skimmeri-tyyppi	Käyttökohde	Rajoitteet	Talvitoimintakyky
Nauha-skimmerit			<p>Paddle belt - Huono Toimii tyynessä vedessä keskiraskaille ja raskaille öljyille. Jään ja roskan sietokyky kohtalainen. Öljy/vesi-keräyssuhde kohtalainen.</p>
Kaulus-kerääjät	<ul style="list-style-type: none"> •Paksun öljykerroksen keräämiseen tyynessä vedessä. •Sopii kevyiden ja keskiraskaiden öljyjen keräämiseen. Ei tehoa raskaiden voiteluöljyjen, säistyneen raakaöljyn, öljy-vesiemulsion tai raskaan polttoöljyn keräämiseen. •Pienet kannettavat skimmerit helposti kuljetettavia ja liikuteltavia. Huolto rajoittuu tukkeumien poistoon operoitaessa sekä käytön jälkeiseen puhdistamiseen. 	<ul style="list-style-type: none"> •Joissakin malleissa keräyssyvyys asetetaan manuaalisesti etukäteen öljylautan paksuuden mukaan. Keräyssyvyyden jatkuva muuttaminen ja pumppaustehon säätö saattaa johtaa suuren vesimäärän keräämiseen öljyn mukana. •Tukkeutuu korkeaviskoosista öljyistä. •Saattavat tukkeutua roskasta. •Eivät toimi aallokossa. •Keräystehokkuus riippuu pumppaustehosta, silloin kun öljy kerros on paksu. Pienemmillä kaulusskimmereillä pumppaustehoa laskemalla öljy-vesi keräyssuhde nousee. 	<p>Simple weir – Kohtalainen. Toimii tyynessä avovedessä kevyille ja keskiraskaille öljyille. Öljy/vesi-keräyssuhde huono: kerää paljon vettä. Tukkeutuu jäädästä.</p> <p>Self-levelling weir– Huono. Toimii tyynessä avovedessä kevyille ja keskiraskaille öljyille. Öljy/vesi-keräyssuhde huono: kerää paljon vettä. Tukkeutuu jäädästä.</p> <p>Screw auger weir – Kohtalainen. Toimii tyynessä ja alle 1 m/s virrassa avovedessä kevyille ja keskiraskaille öljyille. Öljy/vesi-keräyssuhde kohtalainen. Kestää vähän jäätä.</p> <p>Advancing weir- Huono. Toimii alle 1 m/s virrassa avovedessä kevyille ja keskiraskaille öljyille. Öljy/vesi-keräyssuhde kohtalainen. Tukkeutuu jäädästä.</p>
Ropemop-skimmeri	<ul style="list-style-type: none"> •Toimii avomerellä keskiraskaille ja kohtalaisesti myös kevyille ja raskaille öljyille. •Taipuisuus mahdollistaa tehokkaan käytön aallokossa. •Voidaan käyttää matalissa vesissä, virtaavissa paikoissa ja jään alla. •Tehokkain kevyille ja keskiraskaille öljyille. Voi kerätä myös raskasta, mutta juoksevaa öljyä. Ei häiriinny roskasta. 	<ul style="list-style-type: none"> •Tehokas pienille öljymäärille, mutta tehokkuus laskee suurissa öljymäärissä. •Keräystehokkuus häviää köyden kyllästyessä öljystä. •Toimii yleensä parhaiten yli 15°C:een lämpötiloissa. Jäätyy. •Viskoosit öljyn jäävät kiinni köysistöön ja hidastavat ”mankelia”. •Käyttöönotto hankalampaa ja selvitys aikavievempää kuin muissa skimmereissä. •Öljy valuu köysistöstä kun skimmeriä siirretään. •Köysistö kuluu nopeasti jos se hankautuu. •Köysistö saattaa sotkeentua ja kiertyä virtauksissa. 	<p>Zrv rope mop – Huono. Toimii alle 1 m/s virrassa. Öljy/vesi-keräyssuhde kohtalainen. Köysistö jäätyy.</p> <p>Oleophilic ropemop – Huono. Öljy/vesi-keräyssuhde hyvä. Köysistö jäätyy.</p>
Käyttökelpoisuus: Hyvä /Kohtalainen /Huono			

Suurimmissa skimmereissä on usein sisäänrakennettu pumppu, mutta osa pienemmistä yksiköistä vaatii erillisen pumpun. Kun pumppu on kelluvan keräimen ulkopuolella, jää keräimen paino pienemmäksi ja se mukautuu herkemmin aaltojen liikkeisiin. Jääolosuhteissa painosta on kuitenkin on hyötyä. Painava skimmeri ei jäälauttojen voimasta irtaannu kosketuksesta veteen. Keräin, jossa pumppu on sisäänrakennettuna, kerää myös paremmin raskaita öljyalaatuja öljyn pudotessa suoraan pumpun imusuppiloon. (Muhonen 2014; Hietala 2011, 21.) Pumpuista lisää seuraavassa luvussa 8.3. Keräimet tarvitsevat myös hydraulivoimayksikön eli power packin. Talviolosuhteissa käytettävissä power packeissa on oltava lohkolämmitin tai muu hydrauliohjlyn esilämmitin. (Kilpeläinen 2014c; Muhonen 2014; Ritari 2014b.)

8.3 Alipainetekniikat ja pumppaus

Alipainemenetelmät ovat tehokkaita ja nopeita suurten öljymäärien keräämiseen, jos vain öljy-vesi-keräysuhde saadaan pysymään hyvänä. Alipainemenetelmät soveltuvat eri viskositeetin omaaville öljyille ja sietävät vähän roskaakin. Menetelmä mahdollistaa valikoivan keräämisen, joten jätemäärä pysyy kohtuullisena. Se myös vähentää öljy-vesiemulsion

Kuva 53. Kevyttä polttoöljyä kerättiin Raaseporissa suoraan imuautoon, jossa oli lämmitettävät tankit. Veden muukaantulon välttämiseksi imuletkua oli pideltävä tarkasti vedenpinnan korkeudella. (Länsi-Uudenmaan pelastuslaitos 2012)



syntymistä, sillä se kerää ”varovasti”. (EPPR 1998, 5-27.) Valikoiva kerääminen edellyttää imuletkun pitämistä tarkasti vedenpinnan korkeudella (Saarinen 2014a). Öljyn ollessa ohuena kalvona valikoiva kerääminen vaikeutuu ja mukaan tulee paljon vettä. Vesi tulee erottaa väliavarastointitarpeen pienentämiseksi (Jolma 2014). Turvallisuussyistä alipaineimua ei saa käyttää helposti haihtuville öljyille, eikä se myöskään sovellu erittäin viskoosille öljyille (EPPR 1998, 5-59).

Alipainekeräämiseen on käytettävissä lisälaitteita, kuten Manta Ray-skimmeri, joka kelluttaa imupäätä vedenpinnan korkeudella. Puolipallonmuotoisessa litteässä kappaleessa on useita imukanavia. Manta Ray toimii parhaiten ohuille öljykalvoille tyynessä vedessä. Jäät tulee ohjata sivuun. Yläkansi on kuitenkin irrotettavissa, jos skimmeri tukkeutuu roskasta tai jäädästä. Käyttökokemuksia talviolosuhteissa on saatu muun muassa Raaseporin öljyvahingosta talvella 2012–2013. (Saarinen 2014a; Muhonen 2014.)

Jään alle taskuihin jäänyt öljy voidaan pumpata pois kolostaan, kunhan se on saatu esille. Jos vahinkoalueelle pääsee raskaalla ajoneuvolla, järjestetään pumppaus suoraan imuautoon. Imuautot ovat painavia (arvioi jään kantavuus) ja niiden nostokorkeus rajoittuu 10 metriin. Alipaineimua voidaan käyttää öljyn keräämiseen myös jäiden seasta, mutta silloin on kiinnitettävä huomioita letkujen jäätymisen ja tukkeutumisen vaaraan. (EPPR 1998, 5-27.)

Pumppujen kapasiteetti on usein vahvasti viskositeettiriippuvainen. Keräysteho vähenee lämpötilan laskiessa ja öljyn viskositeetin kasvaessa. Öljyntorjuntakäyttö asettaa korkeat vaatimukset pumpuille. Ne joutuvat kovalle kuormitukselle, sillä öljyn mukana voi tulla paljon kiintoainesta. Keräystyömaalle kannattaa ottaa mukaan varapumppuja. (Helland et al. 1997, 7; Forsman 2008, 53).

Talviolosuhteissa pumpuilta vaaditaan kykyä pumpata korkeaviskoosisia öljyjä sekä sietää jäätä ja sohjoa. Jäätymisen estämiseksi pumpussa tulee olla tyhjennysventtiili. Pumpuille asetettavat teho vaatimukset riippuvat tarvittavista siirtomatkoista ja nostokorkeuksista.



Kuva 54. Manta Ray -skimmerin avulla on mahdollista nostaa imuauton hyötysuhdetta (Juha Muhonen 2013 ja Jouko Pirttijärvi 2013).

ta. Kun pumpppua käytetään öljy-vesiseoksen siirtoon skimmeriltä tilapäissäiliöön, riittää pumpun nostokorkeudeksi tavallisesti 2–6 metriä. (Hietala 2011, 21-22.)

Ruuvipumput (screw/auger) soveltuvat parhaiten korkeaviskoosisten ja jääsohjoa sisältävien öljyseosten pumppaamiseen. Leikkausterillä varustetut Arkhimedes-ruuvipumput eivät tukkeudu myöskään pitkänomaisista roskista kuten kaisloista. Osa ruuvipumppuista kestää myös kuivakäynnin ilman pumpattavaa nestettä. Ruuvipumppujen haittapuolia ovat heikko imu- ja nostokorkeus, siemenveden tarve, heikko pumppauskapasiteetti, pumpun tehoon nähden korkea hinta ja taipumus ajoittaiseen takaisinvirtaukseen painepuolella. Ruuvipumput, joiden toiminta perustuu ulkoiseen voimanlähteeseen, ovat paloturvallisia myös syttymisherkkiä seoksia pumpattaessa. (Exxon Mobil 2008, 11-11; Hietala 2011, 23.)

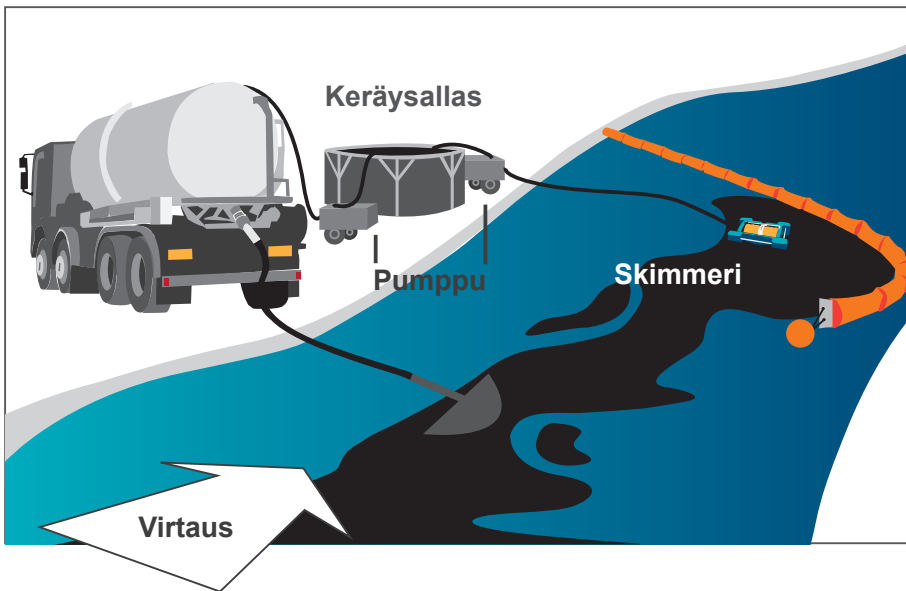
Kalvopumput (diaphragm pump) soveltuvat pienten öljymäärien pumppaamiseen. Pumput kestävät kuivakäyntiä ja pumppaavat myös hienojakoista roskaa sisältävää öljy-vesi-seosta. Kompressorikäyttöisten mallien haittapuolena on jäätymisherkyys talviolosuhteissa. (Exxon Mobil 2008, 11-14; Hietala 2011, 24.)

Letkupumput (peristaltic pump/ hose pump) soveltuvat hyvin Suomen olosuhteisiin. Talvella niillä voi

pumpata keski- ja matalaviskoosia öljyjä ja kesällä myös korkeampiviskoosisia öljyjä. Pumpun koosta riippuen pumpattavan seoksen joukossa voi olla halkaisijaltaan jopa 25 mm:n kokoisia roskia ja jääpalloja. Pumput kestävät kuivakäyntiä, niissä on hyvä imukorkeus ja ne eivät tarvitse siemenvettä. (Exxon Mobil 2008, 11-15; Hietala 2011, 24.)

Keskikapopumput (centrifugal pump) tekevät kerätystä aineksesta herkästi öljy-vesi-emulsiota, jonka jatkokäsittely on hankalaa. Muita huonosti öljynkeräykseen soveltuvia pumpputyyppejä ovat lohkoroottoripumput (lobe pump), hammaspyöräpumput (gear pump), lamellipumput (rotary vane pump) ja siipipyöräpumput (flexible impeller pump). Lohkoroottori- ja hammaspyöräpumppujen heikkoutena on se, etteivät ne kestä hiekkaa tai muuta karkeaa ainesta kuten jääsohjoa pumpattavan nesteen seassa. Lamelli- ja siipipyöräpumppujen heikkoutena on, etteivät ne kestä kuivakäyntiä. (Exxon Mobil 2008, 11-5–11-10; Hietala 2011, 19 ja 24.)

Siirtoputkissa oleva höyrystaatto pitää öljymassan juoksevampana, jolloin pumppaaminen helpottuu (Helland et al. 1997, 7). Erittäin viskoosien öljyjen pumppaamista kylmissä oloissa voidaan tehostaa päästämällä vettä imuvirtaan mukaan (Forsman 2012, 37; MSB et al. 2010, 80). Lämpimän veden mukaanotolla on havaittu testeissä olevan merkittä-



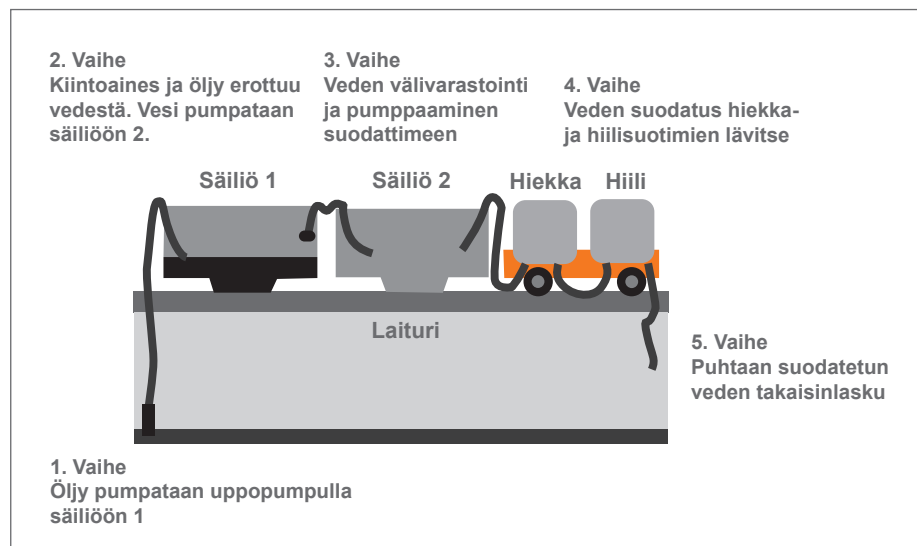
Kuva 55.
Öljyn pumppaus
suoraan imuautoon tai
keräilyaltaaseen (ACS
2012, 72).

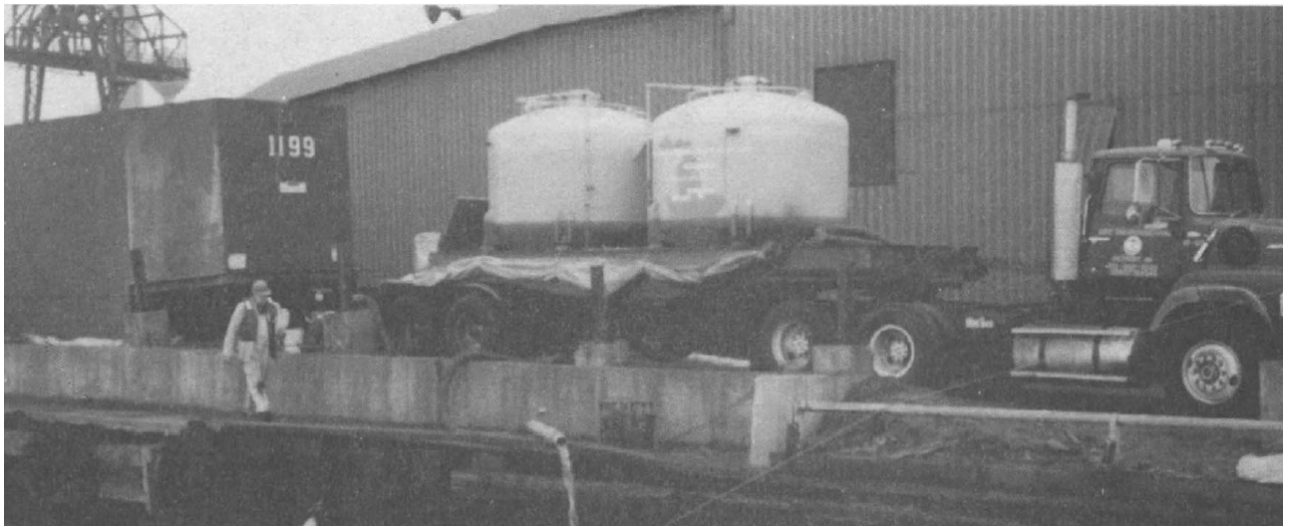
vä vaikutus pumppauskapasiteetin tehostamiseen. SSPA Sweden AB:n mukaan (Forsman 2008, 53) pumpunvalmistajat Desmi, Foilex ja Lamor osallistuivat laajaan testiin, jossa osoitettiin, että pumppujen suoritustehoa voidaan kasvattaa kylmien ja viskoosien öljyjen pumppaamiseen veden avulla ilman hintavia muutostöitä. Kapasiteetin kasvu perustuu siihen, että vesi tekee öljyn ja putken väliin voitelevan kalvon. Myös Suomen ympäristökeskus oli osallistujana testissä. Tulos oli suunnilleen samanlainen riippumatta siitä, lisättiinkö vettä imu- tai painepuolelle. Myös veden lämpötilan merkitys oli pienehkö. Näissä pumpuissa on nykyisin valmiit liitännät veden syötölle. (Lampela 2014b.) Lisäksi öljyyn voidaan lisätä vastusta pienentäviä petroleumpohjaisia aineita

ns. DRA-agentteja (drag reducing agents) tehostamaan öljyn pumppaamista pitkiä matkoja (Majors & McAdams 2008, 4).

Pumppauksen tai imun yhteydessä tulee aina vettä, toisilla tekniikoilla enemmän toisilla vähemmän. Vettä kevyempi öljy nousee veden pinnalle, jolloin tankin pohjalla jäävää vettä voidaan vesittää pois ja laskea tarvittaessa öljynerottimen kautta takaisin vesistöön. Veden erottelemiseksi voidaan hyödyntää erottelu- eli setlinkitankkien sarjaa. Pumpattu öljyn ja veden seos erotellaan ensimmäisessä tankissa painovoimaisesti. Kuvassa (kuva 56) kerätty öljy vettä raskaampana painuu tankin pohjalle. Dekantoitu vesi tankin yläosasta siirretään hydraulikäyttöisellä up-

Kuva 56. Raskaan öljyn ja veden selkeytys ja suodattaminen (Helland et al. 1997, 4).





Kuva 57. Öljyisen veden suodattimet trailerin päällä (Helland et al. 1997, 5).

popumpulla seuraavaan tankkiin, jossa se selkeytyy lisää mahdollisista kiinteistä aineista. Toisesta tankista vesi pumpataan vielä hiekkasuodattimen läpi hiilisuodattimeen ja siitä takaisin mereen. Suodattimet on asennettu trailerin päälle, mikä mahdollistaa jäteveden käsittelyn paikalla. (Helland et al. 1997, 3.) Vettä kevyemmällä öljyllä siirtopumpauksen imu sijoitetaan vastaavasti tankin alaosaan.

Suodatetun veden laskeminen takaisin mereen vähentää kuljetustarvetta ja loppukäsittelyyn vietävän jätteen määrää. Öljyisen veden laskeminen mereen edellyttää kuitenkin ympäristöviranomaisten lupaa (Heino 2014a). MARPOL-konvention (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships) vesistöön laskettavan veden öljypitoisuus on oltava alle 15 ppm (MARPOL Annex 1, reg. 15). Öljyvahinkotilanteessa tästä voidaan poiketa kansallisen vastuuviranomaisen päätöksellä (MARPOL Annex 1, reg. 4).

Öljynerottimien tehokkuus heikkenee jos öljy-vesiseoksen öljypitoisuus on suuri tai jos vedessä olevan öljyn viskositeetti on korkea (Hietala 2011, 28).

Porvoon dieselveudossa 2002 kerättäessä öljyä suoraan imuautoihin, jouduttiin autojen säiliöt vesittämään yli kymmenen kertaa. Noin 170 kuution keräyserässä oli öljyä arviolta 0,7 kuutiota. (Muhonen 2014.)

Setlinkitankkien koko tulee olla riittävä. Esimerkiksi Detroit-joen (1996) onnettomuudessa, jossa joen pohjasta pumpattiin noin 13 kuutiota tervamaista öljyä, 80 kuution tankit osoittautuivat liian pieniksi. Vettä tuli öljyn mukana runsaasti ja sitä suodatettiin yhteensä noin 990 kuutiota. Yhtä kerättyä öljykuutiota kohti käsiteltiin siis noin 75 kuutiota öljyistä vettä. Keräystä jouduttiin keskeyttämään, jotta vesi ja öljy ehtivät dekantoitua tankeissa. Jos keräystyömaalla vain on tilaa, kannattaa veden ja öljyn erottamisen tehostamiseksi varata useampia perättäisiä setlinkitankkisarjoja. (Helland et al. 1997, 7.)

Detroit-joen vahinkotapauksessa torjuntaa tehtiin -18°C asteen lämpötilassa. Torjunnan alkuvaiheessa suodatus ei toiminut, koska vesi jäättyi suodattimiin. Ratkaisuna oli siirtää suodatinyksikkö lämmitettyyn satamahalliin ja tuoda se keräysalueelle vasta, kun setlinkitankit olivat melkein täynnä (3/4) ja selkeytyneet. Lisäksi käytettiin lämmittämiä suodatintrailerin alla. (Helland et al. 1997, 7.)

8.4 Imeyttäminen

Imeytystä voidaan käyttää niin kauan kuin öljy on nestemäisessä muodossa tai vähintäänkin tarttuvaa. Imeytyspuomeja voidaan talvisaikaan käyttää samalla tavoin kuin muissakin olosuhteissa. Imeytyspuomit toimivat jäiden seassa, jäihin tehdyissä railoissa ja avannoissa. Imeytyspuomeja on käytetty myös

jään alla. (Forsman 2008, 51; MSB et al. 2010, 79; Forsman 2012, 35-36.)

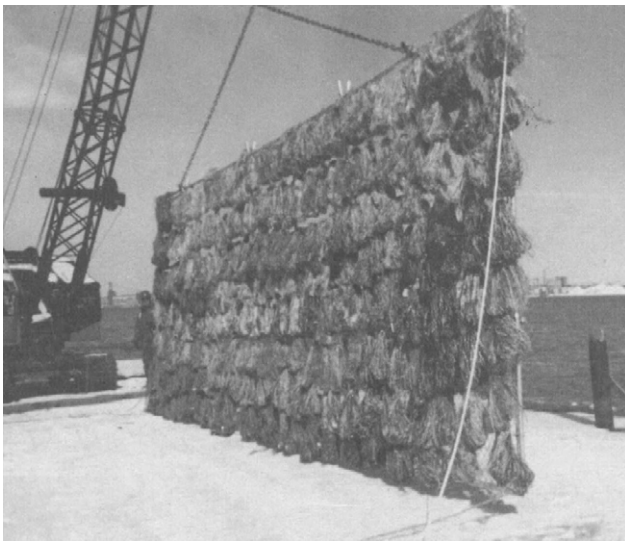
Ei ole tiedossa, onko luonnonkuiduista kuten puuvil-
lasta, valmistetuilla imeytyspuomeilla tai synteetti-
sillä polypropyleenipuomeilla lämpötilasta riippuen
erilainen imeytyskyky ja siten erilaiset käyttöomi-
naisuudet talvisaikaan (Forsman 2008, 51).

On olemassa aitapuumityyppinen imeytyskankaas-
ta valmistettu imeytyspuomi, jossa on alahelma.
Puomityyppi on käyttökelpoinen erityisesti pieniin
vahinkoihin, joissa öljy on vajonnut väliveteen.
Puomi ei kuitenkaan kestä jääolosuhteissa. (Tolo-
nen 2014b.)

Imeytysmateriaalien avulla voidaan myös itse tehdä
keräys- tai suojarakenteita. Esimerkiksi Detroit-joen
öljyvahingossa (1996) veteen upotettiin imeytyssei-
näke ruoppaustyöstä alavirtaan (kuva 58). Imeytys-
seinäke oli rakennettu teräsverkkoon kiinnitetyistä
imeytysmaton ja -kankaan paloista. (Helland et al.
1997, 4-6).

Imeytysmattojen tai -tyynyjen käytöstä talviolosu-
hteissa oikeassa öljyvahingossa ei löydy dokumentoi-
tuja kokemuksia. Liikkuva jää saattaa hankaloittaa
imeytysmattojen asettamista ja paikoillaan pysymis-

Kuva 58. Teräsverkkoon solmituista imeytyskankaan tup-
suista rakennettu suojaseinäke (Helland et al. 1997, 6).



tä sekä voi repiä mattoa. Jään kasvamisen aikoihin
voi imeytysmaton tai tyynyjen kiinnijäätyminen tai
päälle satanut lumi hankaloittaa likaantuneiden vaiht-
tamista uusiin. Rannansuojamattojen voidaan kui-
tenkin olettaa olevan käyttökelpoisia lyhytkestoisissa
tehtävissä, kuten pesutekniikoiden käytön yhteydes-
sä ja suojattaessa ympäröiviä alueita sekundaariselta
likaantumiselta (Forsman 2008, 48).

Myös erilaisia imeytysrouheita voidaan käyttää,
mutta tuulet ja vedenpinnan vaihtelut voivat aiheut-
taa ongelmia. Lisähaastetta saattaa tuoda vahinko-
paikan saavutettavuus. Imeytysaineet kyllästyvät
nopeasti ja niitä pitää vaihtaa usein jopa suhteelli-
sen pienessä vuodossa. Tämä lisää niin työtä kuin
jätettäkin. Osaa imeytysaineista voidaan myös
käyttää uudelleen. Kaupalliset aineet ja tuotteet ovat
usein imeytyskyvyltään tehokkaampia kuin turve tai
oljet. (EPPR 1998, 5-59.)

Myös lumeen voidaan imeyttää. Lumen imeytysky-
vystä on arvioita 1 prosentista (EPPR 1998, 4-97)
20–70 prosenttiin (Owens et al. 2005, 2; Allen &
Nelson 1981, 1). Korkeammat imeytysarvot koskevat
kuivan ja karkean lumen imeytyskykyä raakaöljyillä
ja raskailla öljyillä, pienimmät arvot koskevat kevyi-
tä öljyä. Lisätietoa lumen imeytyskyvystä löytyy
luvusta 3.

Puhtaan lumen sekoittaminen tarkoituksellisesti öljyyn saattaa vaikuttaa samalta kuin puhtaan veden lisääminen öljyjätteeseen. Tämän ei kuitenkaan pitäisi olla ongelma, jos lunta käytetään imeytysaineen tapaan ja massa kerätään välittömästi pois. (Heino 2014a.)

Öljyyntynyt lumi kerätään kasaan esimerkiksi kauhakuormaajalla ja viedään sulatettavaksi, jolloin vesi ja öljy voidaan erottaa toisistaan. Uutta puhdasta lunta kasataan likaantuneelle alueelle ja kerätään pois, ja toistetaan tätä niin kauan, että kaikki irtonainen öljy on imeytynyt (Majors & McAdams 2008, 1 ja 3). Likaantunut lumi ja jää voidaan sulattaa vedeksi ja öljyksi joko paikanpäällä tai loppukäsittelypaikalla (Glover & Dickins 1999, 6).

Öllyisen lumen käsittelymahdollisuudet ovat yksi haaste. Esimerkkejä siitä, miten paljon energiaa ja astiakapasiteettia varastoiminen ja lumen sulattaminen vie, ei ole saatavilla. Öllyisen lumen välivarastointiin voidaan todennäköisesti käyttää nestemäisille aineille tarkoitettuja keräysaltaita ja suojattuja kuljetusyksiköitä. Suuren massan sulattaminen edellyttää lumen sulatukseen soveltuvia paikkoja tai tiloja. Hyvin suojatussa välivarastointiyksikössä olevan lumen jättäminen luonnollisesti sulamaan tuntuu taloudellisemmalta vaihtoehdolta, vaikka se sitookin paljon varastointikapasiteettia.

8.5 Jäälohkareiden puhdistaminen

Jääolosuhteissa toimivat öljynkeräystekniikat keräävät usein myös vaihtelevan määrän jäätä ja pieniä jäälohkareita. Normaalisti ongelmana on veden tuleminen mukaan kerätessä öljyä, mutta talvisaikaan joudutaan miettimään myös, miten öljy ja kerätty jää saadaan eroteltua toisistaan, mieluiten jo keräysvaiheessa. Tämän ongelman monimutkaisuus riippuu lämpötilasta sekä siitä, miten perusteellisesti öljy on jäiden joukossa, millainen on keräyslaitteen keräystehokkuus ja öljyn ominaisuudet. Pakkasessa öljy-vesi-jää-seoksen varastoiminen aiheuttaa vakavia ongelmia, ellei varastointiyksiköihin saada liitettyä lämmitystä. (Jensen 2004, 15.)

Jäät voivat likaantua myös itse keräystoiminnasta johtuen. Esimerkiksi ropemop-skimmerit voivat sotkea paljonkin. Ympäröivän alueen, jääkannen tai jäälohkareiden suojaaminen tulee miettiä jokaisen torjuntamenetelmän yhteydessä. (Jensen 2004, 15.) Esimerkiksi ennen raitotusten tai keräilyaltaiden avaamista tulee lumi ja jään ylimmäiset kerrokset aurata sivuun sekundäärisen likaantumisen vähentämiseksi (Glover & Dickins 1999, 5-6).

Öllyntyneen jään mekaaninen puhdistus voidaan jakaa kahteen tapaan: öljyiset jäälohkareet nostetaan vedestä ja puhdistetaan, tai öljy irrotetaan lohkarista niiden ollessa meressä. Jälkimmäinen menetelmä on Itämeren alueella yleisimmin käytössä. Se edellyttää, että öljy kelluu veden pinnalla tai on kiinnittyneenä jäähän. (Lampela 2011, 9.) Alhaisen suolapitoisuuden vuoksi Itämeren jää on pääasiassa melko kiinteää ja tiivistä, ilman suolavesikanavia. Tästä syystä öljy

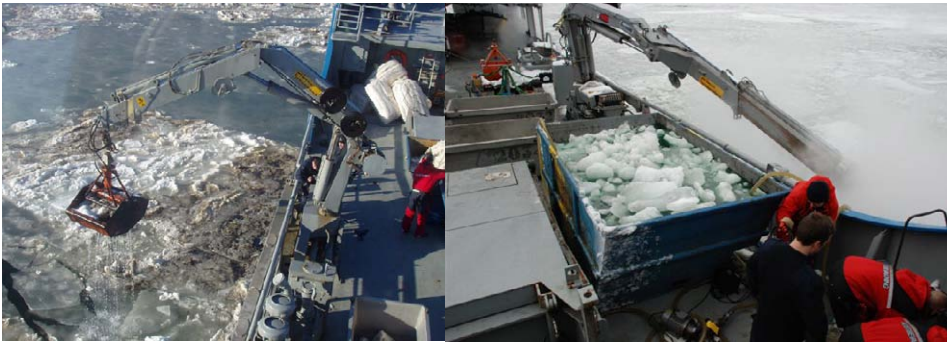
kiinnittyy melko heikosti jäälohkareisiin, ja suurin osa öljystä on suhteellisen pientä energiamäärää käyttäen mahdollista irrottaa lohkarista. (Lampela 2011, 5; Lampela & Jolma 2011, 3). Meressä jäät voidaan puhdistaa esimerkiksi harjakauhalla. Jäitä voidaan myös huuhdella meressä painamalla jäälohkareet veden alle (Ahoranta & Muizis 2013, 21).

Öljyjääerotin kiinnitetään sisäisellä keräyslaitteistolla varustetun öljyntorjunta-aluksen laitaan (LOIS System). Tärytettävää kaltevaa säleikköä ajetaan puhdistettavien jäiden yli, jolloin öljy erottuu jäistä ja se voidaan kerätä talteen. (Lampela & Jolma 2011, 5-7.) Suomen ympäristökeskuksen kehittämä öljyjääerotin toimii hyvin, jos öljyä on paljon (Lampela 2014a) ja se on tarkoitettu käytettäväksi rikkonaisessa jäässä sekä jäärännissä (Jensen 2004, 21). Lisäksi MORICE-skimmeri on suunniteltu erityisesti jäälohkareiden puhdistamiseen (Lampela 2014b).

Öljyn irrottamiseksi jäistä käytetään myös ilmavirtaa ja pulputusta. Ilmakuilien avulla öljyä voidaan jossain määrin erottaa ja irrottaa jäälohkareista ja ohjata vapaaseen veteen ilmavirran avulla (pulputus). Öljyä voidaan ohjata myös potkurivirtausten tai paineilman avulla jäiden alta. (Lampela 2011, 20; Lally 2011, 4; Ahoranta & Muizis 2013, 22.) Potkurivirtausten vaarana saattaa olla öljyn emulgoituminen.

Jäälohkareiden puhdistamiseen voidaan käyttää höyrypressureita mutta se vie paljon energiaa, erityisesti jos se tehdään ulkona avoimessa altaassa (Forsman 2008, 53).

Jos jäätä ei saada puhdistettua meressä, öljyyntynyt jää nostetaan vedestä kahmarilla, ruoppaajalla tai kai-vurilla esimerkiksi proomuihin, lavoille tai altaisiin (Marsh et al. 1979, 3; Forsman 2012, 33; Ahoranta & Muizis 2013, 12). Myös itsepurkavia irtolastialuksia voidaan käyttää tehtävään. Maaliskuussa 2004 työntöproomu yhdistelmän Herakles-Bulkin haaksirikossa Selkämerellä öljyyntyneitä jäitä nostettiin ylös kahmarilla. Jäitä kerättiin valtavasti, mutta öljyä vaatimat-tomasti. (Forsman 2008, 55.) Jäälohkareet lastattiin kontteihin, jotka sitten vietiin telakalle sulatettavaksi, jolloin öljy saatiin eroteltua vedestä (ampe.info 2014).



Kuva 59. Öljyisten jäiden nostoa puski Heraklesin ja proomu Bulkin öljyvahingossa 2004 (Vasen Swedish Coast Guard, Ampe.info 2014 mukaan ja oikea Swedish Coast Guard 2014).

Öljyiset jäälohkareiden nostaminen kahmareilla on arvioitu hyväksi menetelmäksi jos käytettävissä on sopiva proomu ja lämmitettävät säiliöt. Myös kahmarin tyypillä on merkitystä. Kahmarista tulee saada valutettua suurin osa vedestä pois. Yleensä keräystehokkuus on seuraavanlainen: jäätä 70 %:ia, vettä 10 %:ia ja öljyä 10 %:ia. Huonona puolena on suuri lämmitysenergian tarve. On arvioitu, että yhden kuution -10°C -asteista jäätä sulattamiseen vaaditaan energiaa noin 325 MJ eli 90 kWh. Lukuarvoon tulee vielä lisätä lämmöntuottamiseen ja jäiden käsittelyyn sekä liikutteluun vaadittava energia. (Ahoranta & Muizis 2013, 12 ja 21.) Kahmareiden käyttö soveltuu parhaiten työskentelypaikan avaamiseksi skimmereille tai muille kerääjille. Kahmarin käyttö ei saa jääkenttää ja öljylauttaa niin suureen liikkeeseen kuin esimerkiksi alusten potkurivirtaukset.

8.6 Kahmarit ja ruoppauskauhat

Korkeaviskoosista öljyä voidaan kerätä veden pinnasta ja jäiden joukosta kahmareilla. Näin tehtiin esimerkiksi Godafossin öljyvahingossa 2011 Norjassa (Westerberg 2012, 20). Ongelmaksi muodostui mukana tuleva suuri määrä jäätä (Bergström 2011, 3).

Erittäin säästyneen öljyn poistamiseksi merenpohjasta voidaan käyttää ruoppausta. Öljy on silloin tyypillisesti niin jäykkää, ettei sitä voida imeä, vaan se tulee ylös kiinteinä paloina. Tällaisen öljyn keräämiseen on käytettävissä umpikauharuoppaus-menetelmä (environmental clamshell dredging). Kauha on suunniteltu siten, että sillä saa tarkan ohuen siivun ylös merenpohjasta. Se myös sulkee itsensä noston aikana niin, ettei jätettä pääse valumaan ulos. Nostoissa tulee mukana paljon vettä, joten sen käsittelylle on varattava riittävästi setlinkitankkeja. Ruoppausmas-



Kuva 60. Erittäin säästyneen öljyn keräämiseen käytetty ruoppauskauha (Helland et al. 1997, 5).

sa kerätään proomuun tai tiiviille lavoille. Työtä voi vaikeuttaa merenpohjassa olevat kaapelit. (Helland et al. 1997, 4-7.) Ruoppauskohdasta alavirtaan voidaan käyttää veteen upotettavaa imeytysseinäkettä (ks. luku imeytyksestä). Jos ruoppauksen mukana tulee jäätä, tulee välivarastointia varten järjestää tilapäisaltaita tai tiiviitä kuormalavoja ja paikka, missä jäät sulatetaan. Sulattaminen ja lämmitetyn hallin käyttö saattaa olla hintavaa.

Oihonnan vahingossa (8.3.1995 Kotka) mereen pääsi raskasta polttoöljyä. Satama-altaasta veden pinnalta nostettiin kauhalla jähmeää raskasta öljyä yhteensä 112 tonnia. Vesi valui pois kauhasta ja öljy kerättiin muovisuojatuille kuorma-auton lavoille. Nostoissa tuuli irrotti öljystä pitkiä rihmoja, jotka sotkivat ympäröivää aluetta. Haveristi hinattiin uivaan telakkaan Hietaseen torjunta-aluksen varmistuessa siirtoa aluksen perässä. Alus puomitettiin heti. Loput öljyiset vedet hulahtivat telakka-altaaseen, jonka puhdistaminen maksoi noin miljoona markkaa. (Tolonen 2014a ja 2014b.)

9 Rantatorjunta talviolosuhteissa

9.1 Rannan suojaaminen

Rannansuojapuomit, joita pelastuslaitoksella on yleisimmin käytössä, ovat suunniteltu suojaisiin kohteisiin, saaristoon tai satamiin. Niitä ei ole suunniteltu kestäämään ajelehtivien jäälauttojen tai yhteen ajautuneen jääsohjon aiheuttamaa kuormaa. Suojapuomien käyttö on siten rajoitettua jääolosuhteissa (katso luku 7) ja liikkuvassa jääkentässä se saattaa olla jopa mahdotonta (Exxon Mobil 2008, 15-4). Kylmyys ja jäätäminen voivat hankaloittaa puomien käyttöä avovedessä. Jos ilman lämpötila on veden jäätymisastetta alempi, puomitusten yläosaan alkaa kertyä jäätä ja puomi kaatuu. (Forsman 2008, 49.)

Rannan suojaamisessa voidaan hyödyntää puomitusta suuntaamaan öljy vähemmän herkälle alueelle. On huomioitava, että öljyn ohella yleensä myös jäälautat ja sohjo tulevat ohjatuksi valittuun kohteeseen. Jos on odotettavissa että öljy ajautuu rannan kiintojään alle, voidaan puomitus railottaa jäähän ja ohjata öljy näin vasten rantaa tai keräilyaltaaseen. (Forsman 2008, 49.) Puomitusten käyttö on suunniteltava hyvin etukäteen, sillä niiden siirtäminen ja uudelleen asettelu voi olla erittäin aikaa vievää. Rannansuojauksessa voidaan puomitusten lisäksi käyttää imeytyspuomia ja -mattoja.

Rannan suojaamiseen käytetään rajoituspuomia. Rajoituspuomin rannanpuolelle asetettavan imeytyspuomin tavoitteena on suojata rantaviivaa ja edesauttaa öljyn keräämistä vedenpinnalta eikä rantamateriaalin pinnalta. Imeytyspuomi ei yksistään riitä suojausmenetelmäksi, paitsi mahdollisesti pienillä öljymäärillä. Imeytyspuomeja voidaan suositella käytettäväksi vain suojaisilla rannoilla alle 0,1–0,2 m/s virtaavassa vedessä (EPPR 1998, 4-23). Perustyyppinen imeytyspuomi on heikkotehoinen suojausväline, koska siinä ei ole öljyä pidättävää helmaa veden alla (Kilpeläinen 2014c). Aitapuomityyppinen alahelmalinen imeytyspuomi ei toimi jääolosuhteissa eikä suurilla öljymäärillä (Tolonen 2014b). Myös rannansuojamattojen käytettävyys on rajoitettua jääolosuhteissa (MSB et al. 2010, 80). Matto voi olla vaikea

selvittää, erityisesti kivikkoisilla rannoilla (Ekholm 2014b) eikä se pysy paikoillaan jäiden liikkeessä. Matot myös saattavat jäätyä kiinni.

Pitkomaisia imeytyspuomeja voidaan käyttää keräämiseen talvisaikaan samalla tavoin kuin muissakin olosuhteissa. Muotonsa ja mukautuvuutensa ansiosta imeytyspuomeja voidaan käyttää jäälauttojen seassa keräämään öljyä niiden välistä ja jopa jään alta. (Forsman 2008, 51.) EPPR:n arktisessa öljyntorjuntoppaassa (1998, 5-19) esitetyt vedellä täyttyvät rannansuojapuomit eivät toimi jääoloissa eivätkä pakkasessa.

9.2 Rantapuhdistus jäätyneillä ja lumipeitteisillä rannoilla

Yleensä rantapuhdistusta tarvitaan silloin kun ei ole kiintojään tarjoamaa suojaa, esimerkiksi ulko-saariston luodoilla. Rantaviivaa saattaa öljyyntyä myös keväällä sulamisaikaan tai syksyllä jäätymisen aikaan. Näissä tilanteissa tarvitaan jäisissä ja lumisissa olosuhteissa toimivia tekniikoita. Tässä luvussa esitellään talvella käytettävät rantakeräysmenetelmät. Lisätietoa keräysmenetelmistä löytyy *SÖKÖ II-manuaalista* sekä tukea puhdistusmenetelmien valintaan Kaakkois-Suomen ELY-keskuksen raportista 8/2013 *Suosituksia rannikon herkkien alueiden puhdistukseen öljystä*.

Rantapuhdistuksen tavoitteena on joko nopeuttaa öljyn hajoamista tai poistaa öljy. Valittaessa menetelmää jäätyneellä tai lumen peittämällä rannalla tapahtuvaan torjuntaan, ei öljyn määrällä ole kovin suurta merkitystä. Valintaan vaikuttaa ennen kaikkea lämpötila sekä jään ja öljyn ominaisuudet. EPPR:n manuaalin mukaan (1998, 4-50) hapertuvan jään aikaan käytetään eri menetelmiä kuin jäätymisen aikana. Samoin sileä jäänpinta mahdollistaa erilaisia toimia kuin karkea. Manuaalissa ei kuitenkaan tarkemmin eritellä menetelmiä näiden tekijöiden suhteen. Avoimilla, aallokalle alttiina olevilla rannoilla öljy on kerättävä pois nopeasti, ettei se aaltojen vaikutuksesta muokkautu sedimenttien sekaan ja hautaudu, (EPPR 1998, 3-10) tai lähde uudelleen liikkeelle.

Öljyn käyttäytymistä ja menetelmien soveltuvuutta arvioitaessa rantatyytit jaetaan läpäiseviin ja läpäisemättömiin. Läpäisemättömälle rannalle on tyyppilistä, ettei siinä ole irtosedimenttejä. Läpäisevällä rannalla on orgaanista tai epäorgaanista ainesta ja öljy saattaa tunkeutua pintamateriaalin alle. Luminen ranta luokitellaan läpäiseväksi, jäinen läpäisemättömäksi. (EPPR 1998, 4-34.) Kuitenkin kaikki paitsi erittäin viskoosit öljyt voivat tunkeutua suurimpaan osaan jääpeitteisistä rantamateriaaleista (EPPR 1998, 4-50).

Rantapuhdistusmenetelmät voidaan jakaa neljään kategoriaan:

- ”ei tehdä mitään”-menetelmiin, eli annetaan alueen puhdistua omassa tahdissaan,
- pesumenetelmiin,
- mekaanisiin menetelmiin ja
- kemiallisiin tai biologisiin menetelmiin.

Mekaaniset menetelmät jakautuvat vielä keräys- ja poistomenetelmiin sekä in-situ menetelmiin, joita ovat sekoittaminen ja sedimenttien siirto. Kaikki menetelmät, luonnollista puhdistumista lukuun ottamatta, muuttavat jollain tavoin rantaympäristöä. (EPPR 1998, 5-39.) Taulukossa 9 on kuvattu rantapuhdistusmenetelmien soveltuvuutta eri rantatyypeille.

Manuaalinen ja konevoimainen mekaaninen keräys toimivat myös talvioloissa. Manuaalisten menetelmien käyttökelpoisuus heikkenee jos öljyä tai öljyistä lunta on paljon. Myös pesu ja huuhtelukniikat ovat käyttökelpoisia edellyttäen, ettei pesuvesi, pumput tai letkut jäädy. Pesumenetelmien haittana saattaa olla myös rannan tahaton jäädyttäminen ja siitä syntyvä liukkaus. Imeytysaineita voidaan käyttää niin kauan kuin öljy on nestemäisessä muodossa tai vähintäänkin tarttuvaa. (Forsman 2012, 35; MSB et al. 2010, 79.)

Ojittaminen on nopea ja tehokas menetelmä ottaa öljy hallintaan ja estää sen lähteminen uudelleen liikkeelle. Ojittaminen toimii hyvin suojaisilla, vähän aallokolle alttiilla rannoilla, joissa on hienojakoista rantamateriaalia. Ojista öljy kerätään esimerkiksi imuautoilla. (EPPR 1998, 3-10.) Maan ollessa jäässä tämän menetelmän käyttö estyy.

Jäisillä rannoilla tyyppillisimpiä menetelmäkombinaatioita ovat (EPPR 1998, 4-49):

- Matalapainepesu ja irtonaisen öljyn kerääminen, jonka jälkeen lopun öljyn kerääminen käsin, alipainemua tai imeytysaineita käyttäen.
- Mekaaninen kaavinta, jonka jälkeen lopun öljyn tarkempi manuaalinen kerääminen.

Lumisilla rannoilla tyyppillisimpiä menetelmäkombinaatioita ovat (EPPR 1998, 4-98):

- Manuaalinen keräys yhdistettynä alipainetekniikoihin ja imeyttämiseen.
- Mekaaninen kaavinta ja poisto, jota seuraa manuaalinen keräys jäämien poistamiseksi.

Taulukossa 10 on esitetty jääpeitteisillä ja lumisilla rannoilla käytettävien menetelmien soveltuvuutta kevyille, keskiraskaille ja raskaille öljyille.

Poikkeuksellisen öljyvahingon seurauksena pilaantuneen rantavyöhykkeen torjunnan jälkeisen puhtausasteen määrittäminen ole aivan yksiselitteistä. Tavoitetason puuttuminen on koettu haitaksi tarkoituksenmukaisten keräystoimenpiteiden suunnittelussa. Vastaus kysymykseen ”milloin on riittävän puhdasta” on kuitenkin aina tapauskohtainen. Pelastustoimi kuulee ELY-keskusta torjunnan lopettamispäätöstä tehdessään (TorjL 2009, 24 §). Riittävän puhtaaksi saattamista pohditaan lähinnä hienopuhdistuksessa jälkitorjuntavaiheessa. Pelastustoimelle kuuluvaa karkeapuhdistusta määrittää ennen kaikkea menetelmän soveltuvuus tiettyyn kohteeseen, olosuhteisiin, ranta- ja öljytyyppiin sekä menetelmän keräystehokkuus. (Heino 2014a.)

Talvella torjuntatoimien tarkoituksenmukaisuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota, muutoin toiminnasta saattaa tulla näytösluontoista ja syntyy turhia kustannuksia. On hyväksyttävä, että joissain tilanteissa voidaan joutua odottamaan tehokkaihin torjuntatoimiin ryhtymistä, ehkä kevääseenkin asti. Tällöin on pohdittava miten pitkälle kevääseen odotetaan; ryhdytäänkö toimiin heti ilmojen lämmittyä ja ennen kuin kasvit nousevat esille. (Heino 2014a.)

Taulukko 9. Kooste rantapuhdistusmenetelmien käyttökelpoisuudesta talviolosuhteissa eri rantatyypeillä (Ehrnsten 2013, 9; EPPR 1998, 5-40, 4-99 ja 4-50).

Puhdistusmenetelmä	Rantatyyppi									
	Lumi-nen	Jääpeit-teinen	Kallio	Raken-nettu ranta	Hiekka	Sora	Kivikko	Louhik-ko	Hieta	Muta
Luonnollinen puhdistuminen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Huuhtelu	-	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Kohta-lainen	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä
Matalapainepesu kylmällä vedellä	-	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Kohta-lainen	Kohta-lainen	Kohta-lainen	Hyvä	Huono	Huono
Matalapainepesu lämpimällä vedellä	-	Hyvä	Kohta-lainen	Hyvä	Huono	Kohta-lainen	Kohta-lainen	Kohta-lainen	Huono	Huono
Korkeapainepesu kylmällä vedellä	-	-	Hyvä	Hyvä	Huono	Huono	Huono	Kohta-lainen	Huono	Huono
Korkeapainepesu lämpimällä vedellä	-	-	Kohta-lainen	Hyvä	Huono	Huono	Huono	Kohta-lainen	Huono	Huono
Höyrypesu	-	-	Kohta-lainen	Hyvä	Huono	Huono	Huono	Huono	Huono	Huono
Hiekkapuhallus	Huo-no	-	Huono	Kohta-lainen	-	Huono	Huono	Huono	-	-
Manuaalinen poisto	Koh-talain-nen	Kohta-lainen	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Kohta-lainen	Huono
Alipainetekniikat	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Kohta-lainen	Kohta-lainen
Mekaaninen poisto	Hyvä	Hyvä	-	-	Kohta-lainen	Kohta-lainen	Kohta-lainen	Kohta-lainen	Kohta-lainen	Huono
Kasvillisuuden raivaus	-	-	Kohta-lainen	Hyvä	-	-	-	Kohta-lainen	-	Huono
Imeytysaineet	Koh-talain-nen	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Kohta-lainen
Sekoittaminen	-	-	-	-	Kohta-lainen	Kohta-lainen	Kohta-lainen	-	Kohta-lainen	Huono
Sedimenttien siirto	-	-	-	-	Kohta-lainen	Kohta-lainen	Kohta-lainen	-	Huono	Huono
Bakteerien käyttö	-	-	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä

Käyttökelpoisuus: Hyvä /Kohtalainen /Huono

Taulukko 10. Rantapuhdistusmenetelmien soveltuvuus eri öljytyypeille (Lähde EPPR 1998, 4-50 ja 4-99).

	Puhdistusmenetelmä	Öljyn viskositeetti		
		Kevyt	Keskiraskas	Raskas
Jäisillä rannoilla tai jäällä	Luonnollinen puhdistuminen	Hyvä	Hyvä	-
	Huuhtelu	Hyvä	-	-
	Matalapainepesu kylmällä vedellä	Hyvä	Hyvä	Kohtalainen
	Matalapainepesu lämpimällä vedellä	-	Hyvä	Hyvä
	Manuaalinen poisto	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen
	Alipainetekniikat	Hyvä	Hyvä	-
	Mekaaninen poisto	Hyvä	Hyvä	Hyvä
	Imeytysaineet	Kohtalainen	Kohtalainen	-
Lumi-peitteillä rannoilla	Luonnollinen puhdistuminen	Hyvä	Kohtalainen	-
	Manuaalinen poisto	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen
	Alipainetekniikat	Hyvä	Hyvä	-
	Mekaaninen poisto	Kohtalainen	Hyvä	Hyvä
	Imeytysaineet	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen
Käyttökelpoisuus: Hyvä /Kohtalainen (pienille öljymäärille) /-				

9.2.1 Luonnollinen puhdistuminen

Luonnollinen puhdistuminen on tarkoitettu kaikille rantatyypeille, joilla on vain vähän ei-pysyvää öljyä ja erityisesti sellaisille alueille, joilla torjuntatyö ja liikkuminen voivat itsessään aiheuttaa enemmän haittaa kuin öljy. Menetelmää käytetään myös sellaisissa olosuhteissa, joissa mikään muu menetelmä ei ole käyttökelpoinen. Tällainen tilanne saattaa tulla vastaan silloin, kun mikään tyypillinen keräysmenetelmä ei pysty kiihdyttämään luonnollista hajoamista, tai silloin kun torjuntahenkilöstön turvallisuuden vuoksi muiden menetelmien käyttö estyy. (EPPR 1998, 5-41.)

Vaikka luonnollinen hajoaminen on talvella hitaampaa, voi alueen jättäminen ilman toimenpiteitä olla hyvä vaihtoehto (MSB et al. 2010, 79). Luonnollista toipumista suositetaan yleensä haihtuvien, kevyi-

den öljyjen vahingoissa. Tämän menetelmän käyttö estyy, jos on vaarana, että öljy lähtee uudelleen liikkeelle ja likaa ennestään puhtaita alueita (EPPR 1998, 5-42). Jos rannalla esiintyy lintuja tai ranta on virkistyskäytössä, luontainen puhdistuminen ei riitä (Ehrnsten 2013, 11-21).

Luontainen puhdistuminen toimii parhaiten aallokalle alttiilla rannoilla. Se ei kuitenkaan sovellu raskaille öljyille tai säistyneelle raakaöljylle. Se ei sovellu myöskään käytettäväksi syksyllä juuri ennen pakkaa, sillä silloin öljy saattaa jäätyä kiinni tai jäädä jään alle, jolloin kevään sulaminen irrottaa sen liikkeelle. (EPPR 1998, 4-48.)

9.2.2 Pesumenetelmät

Pesumenetelmät ovat merkittävä torjuntakeino läpäisemättömillä rantatyypeillä eli kalliorannoilla ja

rakennetuilla rannoilla, hienojakoisilla tiiviillä ranta-
materiaaleilla (hiekk- ja mutarannoilla) sekä kasvil-
lisuuden peittämällä rannoilla. Pesu on käyttökelpoi-
nen ja tehokas vaihtoehto torjunnan alkuvaiheessa
silloin kun öljy ei ole ehtinyt säistyä (EPPR 1998,
3-10.) Pesua voidaan hyödyntää myös talvisaikaan
jos huomioidaan veden jäätymiseen ja tahattomaan
jäänmuodostumiseen liittyvät ongelmat (MSB et al.
2010, 79). Pesumenetelmiä ei tule käyttää pohjavesi-
alueella (Heino 2014a).

Öljyntorjunnassa käytettäviä pesumenetelmiä ovat
(EPPR 1998, 5-43):

- huuhtelu runsaalla vedellä,
- matalapainepesu kylmällä vedellä,
- matalapainepesu lämpimällä tai kuumalla vedellä,
- korkeapainepesu kylmällä vedellä,
- korkeapainepesu lämpimällä tai kuumalla vedellä,
- höyrypesu ja
- hiekkapuhallus.

Huuhtelu runsaalla vedellä

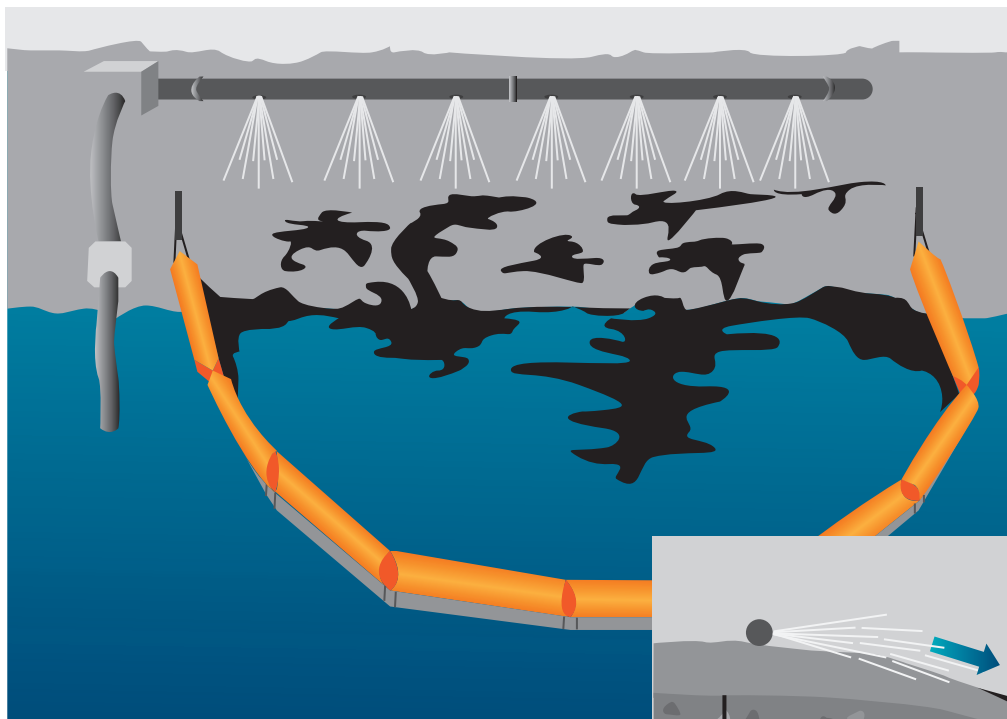
Huuhtelu runsaalla vedellä voidaan tehdä suoraan
paloletkulla tai sitten rei'itetyn putken avulla. Putki,
johon on tehty noin 0,25–0,5 cm:n reikiä asetetaan

rannalle vesirajan suuntaisesti öljyyntyneen alueen
yläpuolelle. (EPPR 1998, 5-45.)

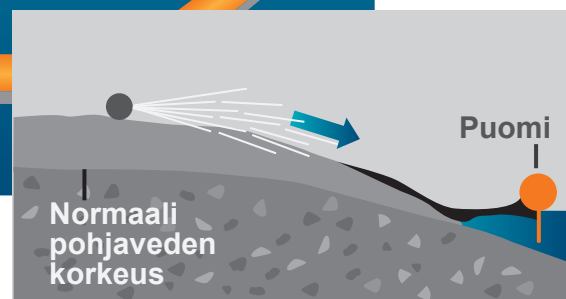
Matalapainepesu

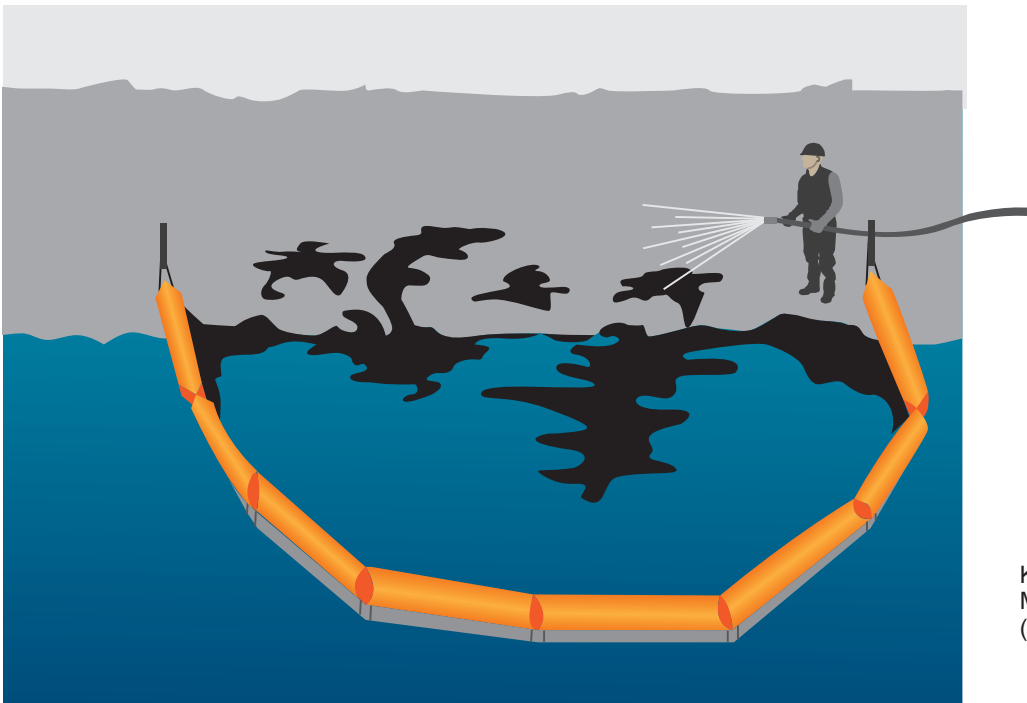
Matalapainepesu kylmällä vedellä on tehokas ja käy-
täännöllinen tekniikka suurimmassa osassa läpäise-
mättömiä rantamateriaaleja, kuten kalliopohjaisilla
ja rakennetuilla rannoilla, sekä myös osalle läpäise-
viä, kuten lohkareikkorannoilla. Menetelmän tehok-
uus laskee kun öljyn viskositeetti kasvaa ja mitä
syvemmälle rantamateriaaliin öljy on tunkeutunut.
Pesumenetelmät toimivat huonosti hiekk- ja hiekk-
sorarannoilla eivätkä toimi ollenkaan mutarannoilla.
(EPPR 1998, 5-45.)

Matalapainepesua voidaan tehdä myös lämpimällä
tai kuumalla vedellä. Pelastuslaitoksilla on olemassa
maastokäyttöisiä painepesureita, jotka lämmittävät
veden itse. Muita pesumenetelmiä ovat korkeapain-
pesu kylmällä vedellä, korkeapainepesu lämpimällä
tai kuumalla vedellä, höyrypesu sekä hiekkapuhallus.
Näiden menetelmien toimintaohjekortit löytyvät
SÖKÖ II-manuaalin vihkosta 9. Pesuteknisten me-
netelmien soveltuvuudesta herkille alueille löytyy
ranta- ja luontotyyppikohtaiset ohjeet julkaisusta



Kuva 61. Huuhtelu
rei'itetyn putken avulla
(EPPR 1998, 5-45).





Kuva 62.
Matalapainepesua
(EPPR 1998, 5-46).

Suosituksia rannikon herkkien alueiden puhdistukseen öljystä (ELY-keskuksen raportteja 18/2013). Esimerkiksi korkeapainehuuhtelua ja höyrypesua ei suositella kalkkikallioille eikä hiekan tai muun hienorakeisen materiaalin peittämille rannoille (Ehrns-ten 2013, 9). Painepesusta läpäisevillä rantamateriaaleilla on kokemusta muun muassa Exxon Valdezin torjuntatyössä, jossa öljy tuli pestyksi sisään rantamateriaaliin (Heino 2014a; Kilpeläinen 1014a).

Pesumenetelmällä irrotettu öljy tulee kerätä talteen, muuten menetelmästä ei ole kuin haittaa (EPPR 5-46). Pesumenetelmien käytössä on erotettavissa seuraavat vaiheet: pesu, öljyisten pesuvesien ohjaaminen, pesuvesien keruu ja käsittely. Työ aloitetaan puhdistettavan alueen valmistelemisesta siten, että pesuvedet ohjautuvat haluttuun paikkaan. Pesuvedet voi johtaa keräilykuoppaan tai -ojaan tai takaisin mereen, johon on puomitettu keräysalue. (EPPR 1998, 5-43).

Vedenkorkeusvaihteluiden aikaan tulee välttää korkeamman vesirajan jäljiltä ylhäälle jääneen öljyn pesemistä alemmas alueille, joilla on kasvillisuutta ja eliöstöä. Useimmiten alemmat osat ovat vielä puhdaita ja alamäkeen pesemisestä olisi huomattavaa va-

hinkoa. Suositeltavaa on odottaa kunnes vesi on taas samalla korkeudella kuin vuodon sattuessa, jolloin alemmat osat ovat suojassa vedenpinnan alla. (EPPR 1998, 4-38; 4-39 ja 5-46.)

Korkeapainepesua ja pesua lämpimällä tai kuumalla vedellä, mukaan lukien höyrypesu ja hiekkapuhallus, tulee välttää, koska ne irrottavat öljyn lisäksi myös puhtaat organismit. Näitä menetelmiä voidaan käyttää kohdennettuna pistepesuna alueilla, joilla ei ole kasveja, tai joilla öljy on jo ne tappanut. Kuitenkin kasvien, öljyn tappamienkin, poistaminen viivyyttää luonnon palautumista entiseen tilaansa. Vältä myös suolaisen veden kasvien pesua makealla vedellä, käytä merivettä. (EPPR 1998, 4-38; 4-39 ja 5-46.) Kuumaa vettä ja korkeaa painetta tulee käyttää vain laitureilla ja muilla rakennetuilla alustoilla (Forsman 2012, 37).

Pestessä tulee varoa öljyn pesemistä syvemmälle sedimentteihin. Lämmin vesi yleensä hetkellisesti auttaa irrottamaan öljyn, mutta sitten öljy lähtee leviämään laajemmalle tai syvemmälle. Lämmitetty öljy valuu esimerkiksi rantaa alas ja kun lämpö haihtuu öljystä sen liikkua tai kohdatessa kylmemmän veden, se alkaa kasaantua. (EPPR 1998, 4-65.) Huomioi

myös, että korkeapainepesu saattaa emulgoida öljyn (EPPR 1998, 5-46) jolloin jätemäärä kasvaa.

Ohuen öljykerroksen, toisin sanoen kevyen öljysumun tai pienen määrän öljyä poistamiseen lumen pinnalta voidaan käyttää vesisumua. Paloletkulla tai säiliöautolla maantiesuolauksen tapaan ruiskutetaan kevyt vesisumu likaantuneen alueen ylle. Vesi jäätyessään kapseloi öljyn sisäänsä. (Majors & McAdams 2008, 2.) Menetelmän edut verrattuna suoraan lumeen imeyttämiseen ja öljyyntyneen lumipinnan poistamiseen eivät selvinneet. Vesisumumenetelmää ei suositella käytettäväksi lämpötilan ollessa plussan puolella. (Ritari 2014b.)

Pesumenetelmien käyttökokemuksia talvioloissa

Alaskassa 2005 sattuneessa vahingossa ranta-alueelta poistettiin ensin lumi ja alue jaettiin sen jälkeen pesusektoreihin shoreseal-puomilla. Ranta-alueita huuhdeltiin lämpimällä, noin 40°C-asteisella, runsaalla vedellä ja matalalla paineella. Alue huuhdeltiin moneen kertaan. Lopuksi pestylle alueelle kasattiin taas lunta, ettei se sulaisi keväällä muita alueita nopeammin. (Majors & McAdams 2008, 1.)

Höyrypesureita on käytetty kiinteiden pintojen pesuun ja öljyn pesemiseksi irti ylös nostetuista jäälohkareista. Höyryn käyttö jään puhdistamiseen vie paljon energiaa, erityisesti jos se tehdään ulkona

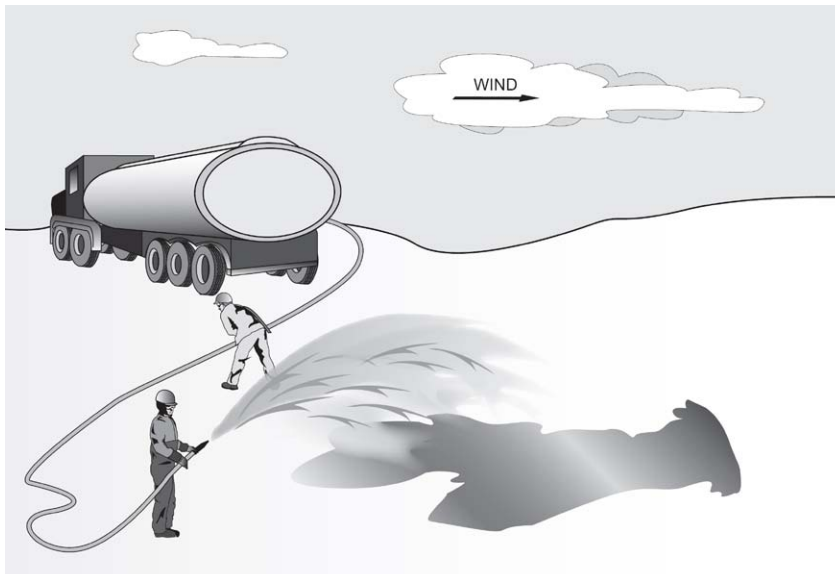
avoimessa altaassa tai vastaavassa. Höyrypesureiden käyttö rajoittuukin lähinnä jähmettyneen ja pump-puihin tukkeutuneen öljyn lämmittämiseen sekä jäätyneiden kerääjien, suuttimien, liittimien tai muiden osien sulattamiseen. (Forsman 2008, 53.)

9.2.3 Mekaaniset menetelmät

Mekaanisten menetelmien käyttö on mahdollista talvella samoin edellytyksin kuin muinakin vuodenaikoina. Pilaantuneen maa-aineksen keräämisen lisäksi koneellisia menetelmiä voidaan hyödyntää öljyyntyneiden jää- ja lumimassojen keräämiseen. (MSB et al. 2010, 79.) Mekaanisen menetelmän valintaan vaikuttavat likaantuneen alueen koko, öljyn määrä ja tyyppi, alueen saavutettavuus ja rantatyyppi. Myös menetelmän tehokkuuteen ja taloudellisuuteen tulee kiinnittää huomiota, kuten siihen, kuinka paljon jätettä syntyy ja kuinka monta kertaa tiettyä jätemassaa käsitellään ja siirretään. (EPPR 1998, 5-47.) Puhdistustyössä tulee mahdollisuuksien mukaan välttää työkoneista aiheutuvaa haittaa, maaperän muokkaamista ja maamassojen poistamista (EPPR 1998, 3-10).

Manuaalinen kerääminen

Manuaalinen kerääminen on suositeltua pienille määrille keskiraskasta ja raskasta öljyä sekä asfaltimaisia jakeita, ja silloin kun öljy on maan pinnalla tai lähellä pintaa. Manuaalista keräämistä tehdään alueella, jolle ei kalustolla pääse tai jossa ei ole tilaa



Kuva 63. Kevyesti öljyyntynyt lumi voidaan stabiloida hienolla vesisumulla (ACS 2012, 82).

työskennellä muulla kalustolla. (EPPR 1998, 5-50.) Manuaalinen kerääminen on aikaa ja työvoimaa vaativa menetelmä, mutta se tuottaa vähän ylimääräistä jätettä ja jäte on tehokkaasti lajiteltavissa. Manuaalinen kerääminen tapahtuu kuten normaaliaikanakin, katso lisätietoa SÖKÖ II-manuaalin vihkosta 9.

Manuaalisessa keräämisessä voidaan hyödyntää lapioiden lisäksi kannettavia harjakeräimiä. Vaikka rock cleanerin käyttö vaikeakulkuisessa maastossa edellyttää noin 10 hengen tukiryhmää letkujen ja keräyssäiliöiden operointiin, suurempi keräystekokkuus nostaa sen hyötysuhteen korkealle (Tolonen 2014c).

Mekaaninen keräys koneellisesti

Mekaaninen keräys koneellisesti on manuaalista keräystä nopeampaa, mutta se tuottaa suuremman määrän jätettä. Koneellisen keräyksen tehokkuus riippuu pitkälti käytettävissä olevasta kalustosta ja sen soveltuvuudesta rantavyöhykkeellä operointiin. Kalustotyyppin tehokkuutta voidaan arvioida sen mukaan, miten nopeasti puhdistaminen kalustolla sujuu ja miten paljon jätettä kyseisen kaluston käyttö tuottaa. (EPPR 1998, 5-52.)

Mekaanista koneellista keräämistä voidaan tehdä kaikkialla muualla paitsi herkillä rantatyypeillä. Esimerkiksi vahinkojätteen poistoa jyrällä tai hiekanpuhdistuskoneella ei suositella herkillä rantatyypeillä (Ehrnsten 2013, 9).

Käyttökelpoisen menetelmän valinnassa määräviä tekijöitä ovat rantamateriaalin kantokyky, rannan kaltevuus ja kaluston etenemisominaisuudet. Esimerkiksi harjakauhalla varustetut metsäkoneet ja harverit soveltuvat hyvin vaikeaan maastoon (Ritari 2014b, Kilpeläinen 2014c). Pehmeällä, upottavalla hiekalla auttaa rengaspaineiden vähentäminen tai vaihtoehtoisesti käytetään telaketjukoneita. Telaketjujen käyttöä ei kuitenkaan sulan maan aikana suositella, sillä ne muokkaavat öljyä paljon enemmän sedimenttien sekaan kuin mitä pyörät tekevät. Tiehöylät voivat toimia vain kantavilla ja tasaisilla alueilla. Kauhakuormaajat ja kaivurit voivat työskennellä monenlaisissa ympäristöissä ja kalustoa, joilla on ulottuvuutta voidaan käyttää myös proomusta käsin. (EPPR 1998, 5-56 ja 5-57.)

Erityisen käyttökelpoisia rantojen puhdistukseen ovat kaivinkonekiinnitteiset harjakauhat (Lampela & Jolma 2011, 6). Harjakauha amfibiokulkuneuvon kiinnitettynä on yksi harvoista varta vasten rannanpuhdistamiseen suunnitelluista laitteista (Lampela 2014b).

Alipainetekniikat

Alipainetekniikoita käytetään keräämään lammitoitunutta, huuhtelemalla tai pesutekniikoilla keräilykuoppaan tai -ojaan ohjattu öljy. Alipainetekniikoiden käyttöä talviolosuhteissa käsiteltiin luvussa 8.3. Alipaineimu, pumppaus ja skimmerointi ovat mahdollisia kaikilla rantatyypeillä (Ehrnsten 2013, 9).

Kuva 64. Kaksiharjainen harjakauha (Melinda Pascale 2008) sekä SYKE:n harjakauha raakaöljyn keräyksessä Vainikkalassa (Uudenmaan ELY-keskus).



Kasvillisuuden leikkaus

Kasvillisuuden, esimerkiksi kaislikon leikkaus on työvoimaa vaativa menetelmä ja sitä käytetään vain, jos on vaarana että öljy likaa lintuja tai eläimiä. Juurien vahingoittamista tulee välttää. (EPPR 1998, 5-58.) Kasvillisuuden poisto on mahdollista kaikilla rantatyypeillä (Ehrnsten 2013, 9).

Imeyttäminen

Imeytystä voidaan käyttää sekä suojaukseen että keräämiseen. Imeytystä käsiteltiin tarkemmin luvussa 8.4. Imeyttäminen on sallittua kaikilla rantatyypeillä (Ehrnsten 2013, 9).

Lumiselle rannalle ajautunut öljy imeytyy osaksi lumeen. Öljyistä lunta voidaan kerätä käsin tai koneellisesti. (EPPR 1998, 4-49.) Lumessa olevan öljyn määrällä ei ole suurta vaikutusta valittavaan keräysmenetelmään. Suojalumi saattaa edellyttää kuljetus- ja välivarastointikapasiteettia enemmän kuin kevyt, kuiva pakkaslumi. Lumen ominaisuudet, kuten huokoisuus ja tiiviys, sekä öljyn ominaisuudet vaikuttavat öljyn imeytymistapaan (katso luku 3). Kaikki paitsi aivan jäykimmät öljyt tunkeutuvat lumipeitteisen rantamateriaalin lävitse. (EPPR 1998, 4-99.)

Sekoittaminen ja sedimenttien siirto

In-situ eli paikan päällä hyödynnettävien menetelmien tarkoituksena on muuttaa öljyn ominaisuuksia tai vaihtaa öljyn paikkaa sellaiseen kohtaan, jossa se joutuu alttiiksi säistymiselle ja luonnolliselle hajoamiselle. Menetelmien etuna on, ettei niistä synny kuljetusta ja loppukäsittelyä vaativaa jätettä. In-situ menetelmiä ovat esimerkiksi sekoittaminen ja sedimenttien siirto. (EPPR 1998, 5-60.)

Sekoittamismenetelmässä öljyntyntynyt maanpinta kaivetaan ja sekoitetaan paikallaan. Tekniikkaa kutsutaan myös ilmaamiseksi, maanmuokkaukseksi tai kompostoinniksi. Sedimenttien siirtoa käytetään siirtämään öljyntyntynyt maamassa esimerkiksi enemmän aallokolle alttiiksi, jolloin se säistyy nopeammin. (EPPR 1998, 5-61 ja 5-62.) Menetelmät eivät sovellu suurille öljymäärille eikä maamassoja saa siirtää paikkaan, josta öljy voi lähteä uudelleen

liikkeelle (EPPR 1998, 5-63). Maankäntöä tai maanaineksen väliaikaista siirtoa ei suositella myöskään merenrantaniityille, soille tai puustoisille rannoille (Ehrnsten 2013, 9).

Sekoittaminen ja siirtäminen ovat mahdollisia moreeni-, kivikko-, lohkare- ja hiekkarannoilla (Ehrnsten 2013, 9) ja ne soveltuvat käytettäväksi silloin, kun suurin osa öljystä on jo muilla menetelmillä saatu poistettua tai silloin, kun viimeistellään erittäin pieniä öljyjäämiä (EPPR 1998, 5-62). Tavoitteena maankäännössä ja maan siirrossa on saada öljy paremmin säistymiselle alttiiksi. Siksi öljyn hautaamista on vältettävä (EPPR 1998, 5-63).

In-situ poltto rannalla

Öljy, joka on lammikoitunut tai kerääntynyt ojiin tai painanteisiin voidaan polttaa. Poltto tulee tehdä hallitusti ja se edellyttää lupaa ympäristöviranomaisilta. Yleensä poltto sallitaan vain kaukana asustuksesta. Suoja-alueen tulee olla vähintään 6 km (Lampela 2011, 17) mutta mieluiten yli 10 km (EPPR 1998, 3-8). Näin ollen öljyn in-situ poltto rantatorjunnassa on epätodennäköinen vaihtoehto.

Ulkosaariston luodoilla ja rannoilla, jossa on pelkiä kiviä, polttaminen voisi olla looginen vaihtoehto (Lampela 2014a). Rannalla olevan öljyn polttamisessa ei tarvitse pelätä palamisjäännöksen uppoamista (Ekholm 2014a; Heino 2014a ja 2014b, Kilpeläinen 2014b; Saarinen 2014b; RasiJeff 2014a). Rannalla oleva öljy sinällään ei tue polttamista, mutta jos öljy on liannut palavaa materiaalia, kaislaa, ajopuuta tai vastaavaa, voidaan ne koota yhteen poltettavaksi (EPPR 1998, 5-62). Kotkassa vuoden 2000-luvun tienoilla sattuneessa vahingossa, jossa öljyntyntyi saarien ja luotojen rantoja, todettiin, että öljyä pitää olla paljon ja sen tulee olla tuoretta, että sen saa palamaan. Sytyttämistä yritettiin nestekaa-supolttimella. (Tolonen 2014b.)

Kasvillisuuden polttamista, tai polttamista ylipäättään, ei nykytietämyksen valossa suositella, vaikka ne ovatkin todettu tehokkaiksi menetelmiksi (Ehrnsten 2013, 6).

9.2.4 Bioremedaatio eli bakteerien tai ravinteiden käyttö

Bioremedaatioissa öljyn luonnollista biohajoamista kiihdytetään lisäämällä ravinteita, öljyä hajottavia bakteereja tai molempia, sekä varmistamalla hapen pääsy öljyyntyneeseen maamassaan. Alhainen veden lämpötila tai jää hankaloittaa bioremedaatiota vähemmän kuin on aikaisemmin oletettu. Näin ollen bioremedaatio on käyttökelpoinen rantapuhdistusmenetelmä myös kylmissä olosuhteissa. Se on kuitenkin hidas prosessi, jota harvoin jos koskaan voidaan pitää ensisijaisena torjuntamenetelmänä. Tarkoituksenmukaisinta bioremedaation käyttö on toissijaisena torjuntamenetelmänä täydentämään puhdistusastetta esimerkiksi mekaanisen keräämisen jälkeen. (Lampela 2011, 20; Lampela 2014b.)

Ravinteiden lisääminen on tehokas, joskin hidas prosessi (EPPR 1998, 5-68) ja se on mahdollista kivikko- ja hiekkarannoilla ja myös kasvipeitteisillä rannoilla.

Ravinteiden käyttöä ei kuitenkaan suositella alueilla, joista ne voivat huuhtoutua helposti mereen, sillä se aiheuttaa rehevöitymistä. (Ehrnsten 2013, 6 ja 9.) Ravinteiden lisääminen on osoittautunut tehokkaaksi puhdistusmenetelmäksi erityisesti kevyelle dieselöljylle. Menetelmä on myös halpa eikä sillä oikein käytettynä ole merkittäviä haittavaikutuksia. Ravinteiden lisäämistä voidaan suositella erityisesti herkille luontokohteille. (Ehrnsten 2013, 6.)

Ravinteista hitaasti liukeneva typpi on käyttökelpoisinta. Myös sopivia kaupallisia aineita löytyy, kuten kiinteät hitaasti veteen liukenevat lannoitteet, joiden typpi-fosforisuhde on 10:1, esimerkiksi metyleeniurea. Ennen lannoitteen levittämistä poistetaan irtonainen öljy. Muualla kuin kivikko- ja sorarannoilla saatetaan tarvita maan muokkausta, esimerkiksi äestämistä tai sekoittamista, ilmanvaihdon ja siten koko prosessin tehostamiseksi. (Ehrnsten 2013, 6.)

10 Logistiikan järjestäminen

Öljyntorjuntalogistiikan järjestämisestä kylmissä olosuhteissa ei juuri löydy aikaisempia selvityksiä. Kirjallisuutta jätteen käsittelystä tai välivarastoinnista talvisessa rantatorjunnassa ei myöskään ole (Forsman 2008, 23). Polariksen (2009) jäteoppaassa *Guidelines and Strategies for Oil Spill Waste Management in Arctic Regions* vahinkojätelogistiikan järjestämistä peilataan pääasiassa arktisen alueen harvaan tai olemattomaan infrastruktuuriin ja pitkiin välimatkoihin. Kylmien olosuhteiden vaikutusta käytännön järjestelyihin ei kuitenkaan käsitellä. Tässä luvussa esitetyt huomiot logistiikan järjestämisestä ovat pääosin kerätty eri vahinkotapausten kuvauksista.

Torjuntalogistiikka

Torjunnan onnistumiseen vaikuttaa erityisesti kaksi logistista seikkaa: 1) päästölähteen ja puhdistettavien alueiden luokse pääseminen ja 2) käytössä oleva kuljetuskapasiteetti torjuntahenkilöstön ja kaluston kuljettamiseksi alueelle ja huoltamiseksi torjuntapai-

kalla. Koska nämä tekijät ovat suorassa yhteydessä toisiinsa, ongelmat kohteen saavutettavuudessa moninkertaistuvat logistiikan järjestämisessä (Reiter 1981, 2) etenkin jääolosuhteissa (Lampela 2014b). Kalastusalue Ryuo Marun (Alaska 8.11.1979) öljyvahingossa torjunnan tukikohta sijaitsi saarella ja yhteysliikenne hoidettiin pääasiassa helikoptereilla. Torjuntalogistiikkaa helpottamaan saarelle toimitettiin useita lisäajoneuvoja, mikä johti kuitenkin ongelmiin polttoaineen riittävyudessa. Logistiikan etukäteissuunnittelun tärkeys korostui, kun onnettomuuspaikalle lähetettiin liikaa ja vääränlaista kalustoa sekä liikaa henkilöstöä, jolloin edestakaisten matkojen järjestäminen ja suuren joukon huolto ja majoitus kuormittivat turhaan torjunnanjohtoa. (Reiter 1981, 1-2.)

Jääolosuhteet ovat logistiikan järjestämisen kannalta kriittisin tekijä. Jään paksuus määrittää aluskaluston käyttökelpoisuuden ja jään kantavuus työskentelypisteiden ja jääteiden perustamismahdollisuudet. Pelastustoimen torjuntatehtävissä toimintaympäris-

tönä ovat tyypillisesti vesialueet rantaviivan läheisyydessä ja rannalla. Jää saattaa estää aluskaluston pääsyn kohteeseen ja veden mataluus esimerkiksi jäänmurtajien käytön (Marsh et al. 1979, 1). Kiintojäätä käytetään työskentelyalustana, mikäli se kestää torjuntajoukkojen ja kaluston painon (Glover & Dickins 1999, 5; Oskins & Bradley 2005, 2; Exxon Mobil 2008, 15-4; MSB et al. 2010, 77). Torjuntajoukkoja huolletaan ajoneuvojen, ilmatyynyalusten tai helikoptereiden avulla (Marsh et al. 1979, 1-2) vahinkoalueen sijainnista ja jään kantavuudesta riippuen. Kulunpuron öljyntorjuntatyössä (Kajaani 2012) ilmatyynyaluksia oli kaksi ja ne osoittautuivat erittäin tarpeellisiksi suoritettaessa torjuntatyötä osittain heikoilla jäillä (Palola 2014b). Helikoptereita saatetaan tarvita esimerkiksi tiedusteluun ja öljyn leviämisen seurantaan, lääkinnälliseen apuun ja evakointiin sekä kaluston siirtoihin ja nostoihin (Marsh et al. 1979, 1-4).

Siirtymävaiheissa ja paksun, liikkuvan jääpeitteen tilanteessa torjunta keskittyy ensisijaisesti alustointeihin jäänmurtoavustuksella, mutta torjuntajoukkoja voi olla tarpeen varustaa myös jäälle (Marsh et al. 1979, 1). Logistiikan järjestämiseen tarvitaan jäissäkulkukykyisiä aluksia. Osa pelastustoimen aluksista pystyy liikkumaan murretussa jäärännissä, esimerkiksi F-luokka 10 cm:n ja I-luokka 20 cm:n jääpaksuudessa (Pajala 2011, 16). Siirtymävaiheissa käyttökelpoisimpia ovat potkurialukset, sillä jäät ja sohjo saattavat tukkia jetit, rikkoo ulkolaitamoottorit sekä niiden jäähdytysvedenotot (EPPR 1998, 3-26; Glover & Dickins 1999, 5).

Ohuen jääpeitteen ja harvan jään aikana jääolot eliminoivat mahdollisuuden työskennellä jäältä käsin. Tämnäntyyppinen tilanne on logistiikan kannalta miltei verrattavissa avovesiaikaiseen torjuntaoperaatioon ja toimintaa ohjataan mereltä päin. (Marsh et al. 1979, 1.)

Rantatorjunnassa talviolosuhteet saattavat helpottaa liikkumista keräysalueella. Rannan kantavuus yleensä kasvaa maan jäätyessä. Kasvillisuuden tallomista ja raskaiden koneiden käyttöä tulee normaalisti välttää, sillä se lisää öljyn sekoittumista syvemmälle maahan ja näin kasvattaa jätemäärää. Maan ollessa jäässä tämä ongelma vähenee (Owens & Michel

2003, 4). Upottava hanki hidastaa lähinnä jalan liikkuvia, esimerkiksi tiedustelujoukkueita.

Vahinkojätelogistiikka

Vahinkojätteen kuljetuksissa hyödynnetään vaihtolava-autoja, lokakuljetuksiin käytettäviä imuautoja tai traktoreita sekä jäälle tuotuja välivarastotankkeja ja -säiliöitä. Myös maastokelpoiset ajoneuvot, moottorikelkat ja mönkijät käyvät tukimuotona jätteen siirtokuljetuksiin. Suurimpien vahinkojäte-erien kuljetukset voidaan järjestää proomuilla (Glover & Dickins 1999, 3; Polaris 2009, 42.) tai kelluvilla tilapäissäiliöillä.

Kustannustehokas vahinkojätelogistiikan järjestäminen edellyttää jätteen lajittelua ja kuljetusyksiköiden merkitsemistä. Eri torjuntamenetelmät tuottavat erityyppistä jätettä. Karkein jako jätetyyppien välillä on jako nestemäiseen ja kiinteään jätteeseen. Toiseksi, jätteet voidaan jakaa öljyisyyden perusteella joko puhtaisiin ja öljyyntyneisiin, tai vielä tarkemmin öljypitoisuuden mukaan. Lajittelun etuna on, että näin voidaan jätekuormaa jakaa eri käsittelylaitoksiin. (Polaris 2009, 22.)

Vahinkojätteen logistiikassa voidaan tyypillisesti erottaa kaksi eri vaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa jäte kerätään keräysalueella keräysastioihin. Toisessa vaiheessa ne kootaan suuremmiksi eriksi kuljetusta varten. Käsittelykertojen minimoimiseksi jäte kannattaa kerätä suoraan kuljetusyksikköön aina kun mahdollista tai järjestää uudelleenpakkaus jo keräysalueella. Osa keräyskalustosta, kuten imuautot, voivat kuljettaa vahinkojätteen suoraan loppukäsittelypaikalle ja kauhakuormaajat vastaavasti likaantuneen maamassan suoraan vaihtolavalle. Muut menetelmät saattavat vaatia vähän moniportaisemman jätelogistiikan. Esimerkiksi tiehöylät kasaavat öljyisen massan sivuun, josta se pitää vielä kerätä erikseen kauhakuormaajilla (EPPR 1998, 5-52).

Keräysaluksissa öljy voidaan kerätä suoraan erikoisiin, noin 5–25 kuution kelluviin kumisäiliöihin. Säiliöiden kumimateriaali kestää pakkasta, mutta haasteena on öljyn jäähdyttäminen säiliön sisään. (Tolonen 2014c.)

Säkitysjärjestelmän säkit voidaan jättää talveksi saaristoon sillä edellytyksellä, ettei niitä nosteta tai siirretä silloin kun sisällä oleva öljyinen vesi on jäässä. Säilytyksessä säkit pinotaan pystyasentoon ja suojataan valolta peitteellä. Kun sisältö kevään mittaan sulaa, voidaan säkit siirtää nostolenkkiä käyttäen. (Halonen 2014.)

Kuljetettavan jätemäärän vähentämiseksi voidaan rannalle järjestää öljy-vesiseoksen erottelu, emulsion hajottaminen (emulsion breaking), öljyisen lumen sulatus ja liikuteltavia jätteenpolttoköyköitä. Öljyisen veden dekantoiminen ja puhtaan veden laskeminen öljynerottimen läpi takaisin mereen vähentää nestemäisen jätteen kuljetustarvetta. (Polaris 2009, 23-24.) Siirrettävät termodesorptiolaitteistot voisivat vähen-

tää öljyjätteen kuljetustarvetta sekä helpottaa suurissa vahingoissa muodostuvaa loppukäsittelylaitosten kapasiteettivajetta. Olisi tutkittava miten termodesorptiolaitteistot toimivat talviolosuhteissa, kun käsiteltävän massan lämpötila voi olla alhainen ja massan seassa saattaa olla jäätä tai vettä (Heino 2014a).

Varastointitankkien ja -altaiden riittävyyden arvioiminen saattaa isossa öljyvahingossa olla haasteellista. Varastointikapasiteetin puuttuminen hidastaa keräystä tai pysäyttää sen pahimmassa tapauksessa kokonaan. Arvioitaessa kokonaiskapasiteetin tarvetta vuotaneen öljymäärän perusteella on huomioitava, että esimerkiksi raakaöljy emulgoituessaan saattaa kasvaa tilavuudeltaan 1,5-kertaiseksi. Lisäksi keräystavan öljy-vesikeräyssuhde vaikuttaa tarvittavaan

Kuva 65. Öljyisten nuottien pakkaamista Kelloniemen öljyvahingossa. Kuvan alalaidassa näkyy ensimmäinen suojapuumi (Pohjois-Savon ELY-keskus).



varastointikapasiteettiin. Jos kerätystä nesteestä noin 30 %:a on öljyä, keräyslaite, jonka keräyskapasiteetti on esimerkiksi 1000 tonnia, tarvitsee tankkikapasiteettia 3000–3500 tonnia. (DeCola et al. 2006, 30.) Detroit-joen (1996) onnettomuudessa, jossa öljyä pumpattiin joenpohjasta, yhtä kerättyä öljykuutiota kohti dekantoitiin noin 75 kuutiota öljyistä vettä (Helland et al. 1997, 7-8). Lisäksi kerättävässä jätteessä on oletettavasti paljon jäätä tai jääsohjoa mukana. Huomioi tämä keräyssäiliöitä järjestettäessä (Exxon Mobil 2008, 15-6; EPPR 1998, 3-27). Pakkassessa öljy-vesi-jää-seoksen varastoiminen aiheuttaa vakavia ongelmia, ellei varastointiyksiköihin saada liitettyä lämmitystä (Jensen 2004, 15).

10.1 Alusten operointikyky ja käytettävyys talvitorjuntaan

Öljyntorjuntaan osallistuvilta aluksilta vaaditaan tiettyjä rakenteellisia ominaisuuksia. Alusten ja veneiden käytettävyyden määrittelee suurelta osin käytössä oleva propulsiojärjestelmä ja sen jäähditys menetelmä sekä jäissäkulkukyky.

Suomenlahdella pelastustoimen alukset ovat pääsääntöisesti varustettu vesisuihkupropulsiolla (Kilpeläinen 2014c). Potkurikäyttöisten torjunta-alusten painopiste on Itäisellä Suomenlahdella. Kymenlaakson pelastuslaitoksen F-luokan öljyntorjunta-alus Suihku etenee potkuripropulsiolla ja meneillään olevien alushankintojen jälkeen pelastuslaitoksella on käytössään yhteensä neljä potkurikäyttöistä keräävää alusta (Tolonen 2014c). Itä-Uudenmaan pelastuslaitokselle on myös tulossa potkurialus.

Vesisuihku ei hyväksytä propulsiojärjestelmäksi kiintojäähän. Valmiiksi murretussa rännissä kulkuun vesisuihkut voidaan hyväksyä kaksoisasennuksina, mikäli niissä ei katsota olevan erityisesti jääkuormalle alttiita osia, kuten esillä olevia hydrauliletkuja. (Työveneoheisto 2006, luku 40.) Vesisuihkun ongelmana on, että se tukkeutuu helposti jääsohjoista, jolloin veneet ovat toimintakyvyttömiä sohjon ja hyytöjen paksuuntuessa. Myös ulkolaitamoottoreilla varustettujen veneiden käytettävyys heikkenee. Potkurikäyttöiset alukset säilyttävät toimintakykynsä pisinpäin. (Glover & Dickins 1999, 5.) Potkurikäyt-

toisten alusten etuna on myös niiden parempi ohjailtavuus alhaisissa nopeuksissa.

Pelastustoimen öljyntorjunta-aluksia ei ole suunniteltu vaativiin jääolosuhteisiin. Alusluokilta D, F, H ja I vaaditaan etenemiskykyä tai hinattavuutta ohuessa jäässä ja E-luokan veneen tulee olla hinattavissa murretussa jäässä. D- ja F-luokan aluksia voidaan käyttää 5 cm:n paksussa tasaisessa jäässä, I-luokan aluksia 10 cm:n tasaisessa jäässä. Murretussa rännissä voidaan ajaa F-, H ja I-luokan aluksilla. (Pajala 2011, 15-16.)

Vesisuihkupropulsio saattaa tukkeutua myös itse öljystä. Samoin perämoottoreiden jäähditysvedenotot saattavat tukkeutua öljystä. Öljyntorjunta-aluksissa ei voi olla perinteisissä laivadieseleissä käytettävää merivesijäähditysjärjestelmää, sillä veden pinnalla tai välivedessä kelluva öljy tukkisi merivesikaiivot ja -suodattimen. Jäähditysjärjestelmän tyyppi on huomioitava valittaessa alusta tehtävään, joka edellyttää öljylautassa tai sen läheisyydessä operoimista. Jäähditysjärjestelmän tulee olla myös yksi valintakriteereistä hankittaessa aluskapasiteettia ostopalveluna.

Esimerkiksi Godafossin öljyvahingossa Norjassa 2011 monella torjunta-aluksella oli ongelmia jään ja sohjon tukkiessa jäähditysvedenotot (Bergstrøm 2011, 3; CEDRE 2011, 3; Westerberg 2012, 22).

Pelastuslaitosten torjunta-aluksissa on käytössä neljä erityyppistä jäähditysjärjestelmää: suljettu jäähditysvesikierto, pohjatankkijärjestelmä, suljettu merivesikierto sekä suora merivesijäähditys. Näistä pohjatankkijäähditysjärjestelmällä varustetut alukset soveltuvat parhaiten öljyntorjuntaan. Pohjatankkijärjestelmissä on vielä se etu, että jäähditysnestetankkien päällä sijaitsevat öljynkeräys tankit pysyvät lämpiminä, jolloin öljyn pumppaus helpottuu.

Ensivasteveneistä suurin osa on perämoottoriveneitä, joissa käytettävä suora merivesijäähditys on yksinkertainen ja helppo huoltaa, mutta öljyn kannalta ongelmallinen ellei vedenotto tapahdu riittävän syvältä. Suomen ympäristökeskuksen suosituksena



Kuva 66. Luotsikutterit on suunniteltu jäissäkulkuun ja talviolosuhteisiin. Kutteri murtaa noin 40 cm:ä paksua kiintojäätä. Lisäksi luotsiplatformissa ja kaiteissa kiertää lämmin vesi ja ohjaamossa on lämpölasit. (Olli Taipale 2014).

öljyntorjuntaan käytettävien perämoottoriveneiden jäähdytysveden otto tulee tapahtua yli 0,50 metrissä (Pajala 2014). Vaaraa aiheuttaa silloinkin pinnan alle tai väliveteen uponnut öljy.

Merivesijäähdytysjärjestelmässä merivettä pumpataan merivesisuodattimen kautta lämmönvaihtimiin. Öljyinen merivesi tukkii merivesisuodattimen, likaa ja pinnoittaa lämmönvaihtimet, jolloin jäähdytysteho heikkenee ja lopulta putkisto ja lämmönvaihtimet tukkeutuvat kokonaan. Tämä johtaa koneiston ylikuumentumiseen, pysähtymiseen tai jopa laiterikkoon. Suuressa raskasöljypäästöissä, ensivastetoimintaan tarkoitetut merivesijäähdytteiset perämoottorilliset veneet ovat käytännössä käyttökelvottomia vahinkoalueella tai sen läheisyydessä. Veneissä on huomioitava myös, että paloilmanoton tulee sijaita riittävän ylhäällä, ettei paloilmaan pääse hiilivetyjä. Pakoputken tulee olla jäähdytetty, jottei kuuma pinta sytyttäisi öljylautasta haihtuvia hiilivetyjä.

Kiinteillä harjakeräimillä varustetuissa F-luokan

aluksissa on huomioitu moottoreiden ilmanotto ja räjähdysuojaukset sekä hiilivetyjen mittaustilastot (Pajala 2011, 15). Näin ollen F- ja I-luokan potkuri-käyttöisillä aluksilla voidaan operoida jääoloissa ja myös öljylautan läheisyydessä. Kaikkien keräävien alusten tankkeja ei kuitenkaan ole varustettu lämmitysjärjestelmällä (Kilpeläinen 2014c).

Talviolosuhteissa toimivan aluksen ohjaamon ikkunoita varten tulee olla jäänpoistojärjestelmä, esimerkiksi lämpölasit (Työveneoheisto 2006, luku 40). Alusten kansityöskentelyn turvaamiseksi kulkukannet ja kaiteet ja esimerkiksi puominlaskusiltana käytettävä keularamppi tulisi olla lämmitettyjä. Jäätäivissä olosuhteissa kannella olevat kiinnitysköydet, kansinosturit, palopostit ja pelastusvälineet on suojattava jäätymiseltä.

Jään kertyminen aluksen kansirakenteisiin on huomattava turvallisuusriski. Jään kertyminen eli jäätäminen vaikuttaa aluksen vakavuuteen. Jään tuoma lisäpaino harvoin jakautuu tasaisesti, jolloin vaarana

on aluksen kallistuminen ja pahimmassa tapauksessa kaatuminen. Tutka-antenniin kertyvä jää aiheuttaa häiriötä tutkakuvaan. Jäätä voi kertyä meriveden roiskeista ja jäätävästä sateesta tai sumusta.

Jään kertymiseen alusten rakenteisiin vaikuttavat (Ilmatieteenlaitos 2013a):

- ilman ja meriveden lämpötila,
- tuulen nopeus,
- aallokko,
- suhteellinen kosteus ja
- aluksen ominaisuudet.

Meriveden pintalämpötilan ollessa alle +5 astetta ja ilman lämpötilan ollessa alle -2 astetta ovat olosuhteet otolliset jäätävälle roiskeille suolaisessa merivedessä. Mitä voimakkaampi tuuli, sitä korkeammat aallot ja sitä helpommin syntyy roiskeita. Hyvin kostea ilma vielä pahentaa tilannetta, sillä kostean ilman mukana tuleva sade tai sumu nopeuttaa jään kertymistä. (Ilmatieteenlaitos 2013a.) Kovalla tuulella jäätä voi kertyä vaikka alus olisi paikallaan (Salmenhaara 2014).

Jos alus liikkuu myötätuuleen, jäätäminen on huomattavasti hitaampaa kuin jos alus etenee vauhdilla vastatuuleen. Jäätämistä voidaan minimoida kurssimuutoksilla, mutta erityisesti vähentämällä nopeutta. Riittävän hitaasti ajettaessa aluksen keula ehtii upota rauhallisesti aaltoon ja pärskeet menevät aluksen sivuille eivätkä lennä aluksen päälle. Jäätävien roiskeiden vaikutus vähenee, jos alusta ohjataan suoraan myötä- tai vastatuuleen. (Salmenhaara 2014.)

10.2 Jäätteiden hyödyntäminen

Yksinään kulkevan ihmisen alla on oltava vähintään 5 senttimetriä teräsjäätä. Moottorikelkalla ajettaessa teräsjäätä on oltava koko ajoreitin pituudella vähintään 15 senttimetriä. Autoilla on turvallista ajaa ainoastaan merkityillä jääteillä. (Vainio & Lumiaro 2014.)

Jäätien vaatiman jäänpaksuuden minimivahvuus on yleensä 20 senttimetriä tai enemmän. Jäätiellä ajattaessa turvavälin on oltava vähintään 50 metriä.



Kuva 67. Ilmankosteuden kerryttämää jäätä manusuukun päällä (Eini Hakala 2005).

Jäätteitä käytetään paljon esimerkiksi saariston metsähakkuutyömaille. Jäätiet perustetaan polkemalla lumi ja pumppaamalla avannoista vettä noin 50 metriä leveälle tiealueelle. Jään paksuuden kehittymistä seurataan koko tienpituudelta ja ennen tien käyttöönottoa pidetään katselmus. (Metsähallitus 2014.)

Jään kantavuus mitataan jään tehollisen vahvuuden mukaan. Teräsjää muodostuu suoraan vedestä ja se on väriltään tumman sinertävää, lujaa, yhtenäistä jäätä. Kun jäälle sataa runsaasti lunta, ei jää enää pysty kelluen kannattamaan lumen painoa, vaan jää painuu vesirajan alle. Tällöin jäälle nousee vettä muodostaen lumen alaosaan sohjoisen kerroksen. Pakkasan kiristyessä tämä kerros jähmettyy kohvajääksi. Kohvajää on väriltään himmeän vaaleaa. Tumma kohvajää syntyy tiivistetyn lumen ja veden jäätyessä. Teräsjää lasketaan kokonaan jään teholliseen vahvuuteen. Jos tumma kohvajää on jäänyt teräsjäähän kiinni, voidaan tumman kohvajään paksuudesta laskea puolet teholliseen jään vahvuuteen. Jos kohvajää on vaaleaa, sitä ei lasketa lainkaan mukaan jään teholliseen vahvuuteen. Jos jää muodostuu kahdesta erillisestä kerroksesta, ei niiden paksuutta voi laskea yhteen. Jään tehollinen paksuus on siis yhtä kuin teräsjään paksuus ja puolet tumman kohvajään paksuudesta. (Työturvallisuuskeskus 2013; Vainio & Lumiaro 2014.)

Taulukko 11. Jään tehollinen paksuus ja suurin sallittu ajoneuvoyhdistelmän paino. (Työturvallisuuskeskus 2013)

Jään tehollinen paksuus [cm]	Suurin sallittu ajoneuvoyhdistelmän paino [tonnia]
20	2,0
25	3,0
30	4,5
40	7,0
50	12,0
60	17,0
70	23,0
80	31,0
90	39,0
100	48,0
105	60,0

Vuorokauden keskilämpötilan noustessa yli + 0 asteen, heikkenee jään kantavuus yllä olevasta taulu-

kosta. Ennen jäälle ajoa on varmistettava jään kantavuus koko jäätien osalta (Työturvallisuuskeskus 2013).

Keskimääräisenä talvena teräsjään paksuus voi Itäisellä Suomenlahdella kasvaa 50 cm:iin, pääkaukuseudulla 35 cm:iin ja Läntisellä Suomenlahdella 20 cm:iin. Keskimääräinen jään kantokyky vaihtelee siten 5 tonnista 10 tonniin. (Itämeripor-taali 2014.)

Halkeamat heikentävät jään kantavuutta, vaikka ne eivät ulottuisikaan jään läpi. Halkeaman reunalla jään kantavuus on vain 40 %:a ehjän jään kantavuudesta. Halkeamien risteyksessä kantavuus on vain 25 %:a ehjästä jäästä. Turvallinen etäisyys märkään halkeamaan on noin 40 metriä. Myös virtaukset ja pohjan laatu vaikuttavat jään vahvuuteen. Merijää on lisäksi hauraampaa kuin makean veden jää, koska suola heikentää jäätä. (Työturvallisuuskeskus 2013.)

11 Työturvallisuus talviolosuhteissa

Kylmissä olosuhteissa tapahtuvassa torjuntatyössä on paljon vaaraa aiheuttavia tekijöitä ja olosuhteita. Haittaa tai vaaraa aiheuttavat työvaiheet tulee tunnistaa etukäteen ja niiden aiheuttamat riskit on arvi-
oitava. Torjuntatyön riskien arviointi tulee tehdä työn erityisluonne huomioiden. Öljyntorjuntatyön työsuojeluohje on valmisteilla Suomen ympäristökeskuk-
sessa (Lampela 2014a). Rantakeräyksen työterveys- ja turvallisuussuunnitelma on luettavissa SÖKÖ II-manuaalin vihkosta 5. Työturvallisuusohjeet tulisi laatia kattamaan myös talviset työskentelyolosuhteet.

Torjuntatyötä tehdään yleensä normaaleista olosuh-
teista poikkeavissa tilanteissa ja olosuhteissa, jotka yleensä soveltuvat huonosti suurten ihmisjoukkojen tai raskaiden koneiden työympäristöksi. Pääkaupun-
kiseutua lukuun ottamatta työtä tehdään pääasiassa alueilla, joissa ei ole käytettävissä infraa ja muita tu-
kirakenteita, kuten sähköä, vettä, viemäriä tai huol-
toon soveltuvia tiloja. Myös torjuntahenkilöstöön

kohdistuva paine tehdä nopeasti jotakin aiheuttaa itsessään vaaraa. Kylmyys monimutkaistaa asioita edelleen, sillä työympäristö on usein suoraan altis säään, jäätävän sateen, lumen tai kovan tuulen vai-
kutuksille. Esimerkiksi keräästyömaan merkittyjen kulkuväylien ja poistumisteiden kunto saattaa lyhy-
essäkin ajassa muuttua vaaralliseksi lumimyrskyn yllättäessä. (Hazel & Rancilio 1997, 1-5.) Talviseen öljyntorjuntaan tuovat haasteita myös jäätävän avo-
veden läheisyys, liukkaus ja lyhyt valoisa aika. Tur-
vallisen työskentelyn takaamiseksi voi syntyä myös tarve ohjata jäät työmaan ohitse. (Hazel & Rancilio 1997, 1-5.) Lisäksi jään paksuuden ja kuormankanto-
kyvyn selvittäminen ja railojen ja repeämien havain-
nointi ovat erittäin tärkeitä. (Lampela 2011, 5; Exxon Mobil 2008, 15-2; Oskins & Bradley 2005, 2; EPPR 1998, 2-9, 3-41 ja 3-42).

Kylmyys heikentää yksilön suorituskykyä ja väsymys nostaa tapaturmariskiä. Vaaraa voivat aiheuttaa myös



Kuva 68. Liikkuminen jään liukastamilla pinnoilla avoveden läheisyydessä vaatii tarkkaavaisuutta (Juha Muhonen 2000).

pakkasessa rikkoutuvat tai huonosti toimivat koneet ja laitteet. (Hazel & Rancilio 1997, 1.) Kylmät lämpötilat aiheuttavat erityistä vaaraa käytettäessä hydraulilla toimivia laitteita ja raskaita koneita. Hydraulitoimisten laitteiden turvalliselle käytölle esitetään asetettavaksi pakkasraja. Laitteet voivat rikkoontua aiheuttaen henkilövahinkoja ja lisäliikaantumista. (Glover & Dickins 1999, 5.) Kalustovaurioiden välttämiseksi hydraulikkaöljy tulee esilämmittää ennen käynnistystä, sillä hyvin kylmissä olosuhteissa öljy on liian jäykkää (Ritari 2014b; Kilpeläinen 2014c).

Toimintaympäristöstä aiheutuvia riskitekijöitä ovat esimerkiksi (IMO 2014, 44):

Kova, yli 13 m/s tuuli, joka

- voi estää kraanatyöskentelyn ja nosto-operaatiot torjunta-aluksissa, sillä vaarana on taakan kontrolloimaton heiluminen,
- hankaloittaa pienten alusten operointia aallokon vuoksi ja
- aiheuttaa alusten kansirakenteiden jäätämistä.

Yli 1–1,5 metrin aallokko pakkasella

- voi estää pienten alusten ja veneiden käytön,
- vaikuttaa henkilöstön työturvallisuuteen ja työkykyyn merisairaudesta ja väsymisen kautta,
- heikentää henkilöstön työturvallisuutta aluksen kannella keinunnasta ja jäätämisen aiheuttamasta liukkaudesta johtuen, sekä
- vaarantaa aluksen ja miehistön turvallisuuden jäätämisestä kertyvän painon johtaessa aluksen kallistumiseen tai kaatumiseen.

Huono näkyvyys voi

- estää öljyn seuraamisen ja havainnoinnin optisesti,
- hankaloittaa lentoalusten käyttöä ja esimerkiksi estää niiden laskeutumisen, sekä
- vaikeuttaa alusten ja veneiden käyttöä.

Kova pakkas voi

- erityisesti yhdessä tuulen kanssa lisätä paleltumien vaaraa,

- vähentää torjuijen työtehoa aiheuttamalla väsymystä ja lämmönhukkaa, sekä
- vähentää koneiden ja laiteiden toimintavarmuutta konerikkojen, murtumis- ja hapertumisvaurioiden ja voiteluöljyjen viskositeetin muuttumisen takia.

Seuraaviin vaaranpaikkoihin tulee jäällä liikuttaessa kiinnittää huomiota (Vainio & Savolainen 2014):

- Veden virtauksen vuoksi vaarallisia paikkoja ovat joet, järvien kapeikot, karikot, niemenkärjet, jokien ja purojen suistot sekä äkkijyrkästi veteen pudottavien rantapenkereiden vierustat.
- Teollisuuslaitosten ja asutuskeskusten viemäreiden laskualueilla jää on heikkoa lämpimän päänveden ja virtauksen takia.
- Sillat, laiturit ja jäissä makaavat alukset sitovat lämpöä ja synnyttävät virtauksia, jotka heikentävät jään niiden alla ja lähituntumassa.
- Vesistöjen syvänteiden kohdalla jää voi olla ympäröivää jäätä heikompaa, koska niissä oleva suurempi vesimäärä jäähtyy hitaammin.
- Kaislat tekevät jäästä seulan ja samalla hauraan.
- Laivaväylät ja kalastajien avannot ovat vaaranpaikkoja.
- Halkeaman kohdalla jään kantavuus heikkenee. Niiden ja muiden rikkoutumien kohdalle kinostuvan lumen alla jää ohenee ja voi joskus jopa sulaa kokonaan.

11.1 Turvallisuussuunnitelma

Torjuntatyössä on huomioitava, että torjuntaan saattaa osallistua muitakin kuin pelastusalan ammattilaisia. Torjuntatyötä varten tulee nimetä turvallisuuspäällikkö. Turvallisuuspäällikkö laatii keräyspistekohtaiset turvallisuussuunnitelmat (Site Safety Plan), valvoo niiden noudattamista sekä varautuu niiden mukauttamiseen kyseisen työkohteen oloihin säänvaihteluiden mukaan.

Turvallisuussuunnitelmassa tulee olla (Hazel & Rancilio 1997, 1):

- ensiapu- ja päivystysnumerot,
- torjuntatyön turvallisuushenkilöstön yhteystiedot,
- ensiapuohjeet,
- kartta keräysalueesta, kulku- ja poistumistiet

sekä turvalaitteiden sijainti

- ohje vaadittavista henkilökohtaisista suojavarusteista,
- käyttöturvatiedote torjuttavasta aineesta ja pistteellä käytettävistä muista kemikaaleista, kuten puhdistautumispisteellä käytettävistä pesuaineista,
- kuvaus torjuntaoperaatiosta ja toimintaohjeet kyseisellä keräyspisteellä (esimerkiksi dekontaminaatio-ohje), sekä
- kuvaus keräyspisteen riskeistä ja vaaroista, kuten hypotermiariskistä, täydennettynä selkeyttävillä kaaviokuvilla tai taulukoilla, esimerkiksi pakkauspurevuustaulukolla.

Keräyspisteen turvallisuussuunnitelma tulee tehdä aina ennen torjuntatöiden käynnistymistä kyseisellä alueella. Turvallisuussuunnitelma perustuu riskinarviointiin ja sen laajuus suhteutetaan operaation laajuuteen. Keräyspisteen riskejä ja vaaroja arvioidessa tulee huomioida kemialliset vaarat (vahinkoaine) ja fyysiset vaarat (liukastuminen, kompastuminen, putoaminen, hukkuminen, paleltuminen ja paleltumavammat) sekä erityishuomiot, kuten jään kantavuus ja kulkurajoitukset, konerikot ja toimintahäiriöt, kuormien nostoista johtuvat vaarat, maassa juoksevat putket, letkut ja johdot sekä kulkuväylien tukkeutuminen välineistä ja laitteista. Lisäksi torjujille on käytävä läpi kylttien ja opasteiden tarkoitus, viestintävälineet ja -tavat, kyseisessä työssä tarvittavien suojavarusteiden käyttö, poistuminen alueelta mahdollisessa vaaratilanteessa sekä kyseisen alueen turvalaitteiden, kuten pelastusrenkaiden ja -hakojen sijainti. (Hazel & Rancilio 1997, 1-5.)

Turvallisuussuunnitelma ei kuitenkaan yksistään riitä; se on vain apuväline, jonka avulla turvallisuusasiat saadaan kootusti esille. Suunnitelmassa on oltava myös selvitys siitä, kuinka turvallisuusasiat saatetaan torjuntahenkilöstön tietoon esimerkiksi työnjako- ja tiedotustilaisuuksissa. On hyvä dokumentoida kuka on saanut turvallisuusohjeistuksen ja milloin. Suunnitelman ja turvallisuusasioiden saattaminen osaksi muuta työprosessia vaatii usein keskustelua sekä toistuvaa suullista vahvistamista. (Hazel & Rancilio 1997, 1.)

Joka-aamuisten työmaapalaverien tarkoituksena on toistuvasti muistuttaa torjuria turvallisuusasioista, kertoa torjuntatyön etenemisestä, siinä tapahtuneista mahdollisista muutoksista ja siitä, miten nämä muutokset vaikuttavat turvallisuuteen. Palaverit myös antavat tilaisuuden torjuntatyön johdon ja kenttätoimijoiden väliseen tiedonvaihtoon niistä turvallisuusasioista, jotka ovat mahdollisesti nousseet edellisen päivän kokemuksista. (Hazel & Rancilio 1997, 1.)

11.2 Suojautuminen

Talviolosuhteet edellyttävät riittäviä lepo- ja lämmittelytaukoja. Kylmissä olosuhteissa on huomioitava suojavarusteiden, suojakatosten ja työmaakoppien tarve sekä lisälämmitinten tarve puhdistautumispisteillä tai varusteidenvaihtopisteillä. (Hazel & Rancilio 1997, 1-5.) Työskennellessä hyisen avoveden läheisyydessä kelluntapuvun käyttö on erittäin tärkeää. Lämpötila, tuuli ja kosteus yhdessä vaikuttavat lämmönhukkaan ja voivat johtaa vakaviinkin seurauksiin. Kylmillä pinnoilla, kuten jäällä tai metallisella venekannella seisominen lisää lämmönhukkaa jaloista. Jäähtymistä voidaan hidastaa käyttämällä esimerkiksi puu- tai vanerilevyjä työskentelyalustoina. Parhaimman

suojan antaa kerrospukeutuminen sekä asianmukaiset käsineet, jalkineet ja päähine. (Oskins & Bradley 2005, 2.)

Suojavarusteissa tulee olla neljä kerrosta (Hazel & Rancilio 1997, 5; Oskins & Bradley 2005, 2):

- Aluskerros kosteutta siirtävää materiaalia (alusvaatteet, päähine, aluskäsineet).
- Lämpöä eristävä välikerros esimerkiksi lämpöhaalarit. Säästä riippuen voi olla useitakin vaatekerroksia päällekkäin.
- Ulkokerros, joka pitää vettä, tuulta, sadetta ja lunta.
- Suojakerroksena Tyvek-haalarit
- Lisäksi suojalasit, kypärä, pelastusliivit ja turvakärkisaappaat. Laitureilla ja vedenääressä työskentelevillä lisäksi kelluntapuku.

Öljystä haihtuu myös haitallisia kaasuja. Henkilökohtaisten suojainten tarve on tehtäväkohtainen. Altistuminen tapahtuu pääasiassa kosketuksen tai hengityksen kautta. Erityisesti jätteen keräyspisteissä ja väliavarastointialueilla, joissa öljyä on suurina määrittäinä, tulee käyttää hengityssuojaimia ja pitoisuusmittareita. (Hazel & Rancilio 1997, 5.)

12 Tutkimusasetelma ja aineiston analysointi

Taustaselvityksen lähtökohtana oli selvittää talvista alusöljyvahingon torjuntaa sekä erityisesti rantatorjuntaa talviolosuhteissa. Keskeisiksi tutkimuskysymyksiksi nousivat:

- Miten talviset olosuhteet muuttavat alusöljyvahingon torjuntaa?
- Mitä öljyntorjuntamenetelmiä ja -tekniikoita voidaan hyödyntää kylmissä olosuhteissa?
- Miten torjunta- ja vahinkojätelogistiikka tulee järjestää talvisessa torjuntaoperaatiossa?

Tiedonhaussa hakusanoina käytettiin seuraavia termejä: oil spill response/recovery in ice, cold weather response, oil spill response in cold conditions, arctic oil spill response, onshore oil spill response/recovery sekä oljebekämpning/oljeskadeskydd under isförhål-

landen/vinterförhållanden, olja i is ja oljeskadeskydd i strandzonen.

Taustaselvitys rakentuu kirjallisuuskatsauksesta ja sitä täydentävistä asiantuntijahaastatteluista. Haastatteluihin ja aineiston kommentointiin osallistuivat Länsi-Uudenmaan, Helsingin kaupungin, Itä-Uudenmaan, Kymenlaakson ja Kainuun pelastuslaitokset, Uudenmaan, Kaakkois-Suomen ja Lapin ELY-keskukset, Suomen ympäristökeskus, Ilmatieteenlaitos, Aker Arctic Technology Inc., Meritaito Oy ja Lamor Corporation Ab.

Kirjallisuuskatsauksen aineisto koostuu sekä julkisyhteisöjen julkaisuista että akateemisista tutkimuksista, joiden julkaisuvuosi sijoittuu ajalle 1979–2014.

Aineisto kattaa usean eri maanosan, Kanadan, Yhdysvallat, Euroopan ml. Pohjoismaat sekä arktisen alueen. Tästä näkökulmasta tutkimusaineiston voidaan katsoa olevan monipuolista. Aineistoa etsittiin pääasiassa öljyntorjunta-alan tutkimus- ja konferenssijulkaisuista (mm. IOSC, Interspill ja AMOP Proceedings), IMO:n, HELCOMin, Suomen ympäristökeskuksen ja VTT:n julkaisuista sekä Chalmers Universityn tietokannoista. Lisäksi hyödynnettiin löydettyjen artikkelien viittauksia muihin tutkimuksiin. Katsauksessa käytiin lävitse yhteensä 104 artikkelia. Aineistosta karsittiin pois yleiskuvaukset ja katsaukset, joissa vahinkopaikan toimintaympäristö poikkeaa merkittävästi Suomen olosuhteista. Lisäksi hyödynnettiin esitelmää, uutiskirjeitä ja internetsivuja.

Kirjallisuuskatsauksen pääasiallisena lähteenä ovat Pohjoismaiden, Kanadan, Yhdysvaltojen ja muun arktisen alueen öljyntorjuntaa käsittelevät artikkelit ja oppaat. Keskeisimmäksi toimintaohjeeksi nousi Arktisen neuvoston koordinoima *Field Guide for Oil Spill Response in Arctic Waters* (EPPR 1998), jonka valmistelussa Suomikin on ollut mukana. EPPR:n manuaalia ollaan uudistamassa vuosien 2014–2015 aikana (Hietala 2014a). Mahdollisuus tutustua uuden manuaalin luonnokseen osoitti, etteivät todennäköiset muutokset koske tässä selvityksessä esitettyjä torjuntamenetelmiä. EPPR:n manuaalin haasteena vaikuttaa olevan on laaja kohdealue, jonka vuoksi toimintaohjeet on toisinaan jouduttu jättämään hyvin yleiselle tasolle. Hieman konkreettisempia ohjeita löytyi toisesta arktisesta öljyntorjuntaohjeesta *Alaska Clean Seas Technical Manual*'ista (ACS 2012).

Arktisen öljyntorjuntaohjeistuksen hyödyntämisestä on useita – eriäviäkin – mielipiteitä. Arktinen öljyntorjunta esitetään pidettäväksi erossa alemmilla leveysasteilla tapahtuvasta torjunnasta sen erityisluonteen vuoksi. Arktisen alueen omaleimainen infrastruktuuri ja toimintaympäristö, muun muassa erilaiset rantamateriaalit, tundra, ikirouta, monivuotinen jää ja meriveden suolapitoisuudesta johtuvat erot vaikuttavat jään rakenteeseen ja kantokykyyn, öljyn käyttäytymiseen jäässä ja siten myös soveltuviin torjuntamenetelmiin. Näistä eroista johtuen torjuntatoi-

met arkisen alueen ja muiden kylmien alueiden välillä eivät ole suoraan verrattavissa toisiinsa. Arktiseksi alueiksi katsotaan leveyspiiriä 66°33' pohjoisemmat alueet. Öljyntorjunnan kylmäosaamisen painottuessa arktisen alueen ympärille ja muualta saatavan lähdeaineiston vähyden vuoksi, myös tässä katsauksessa on käytetty arktiselle alueelle suunnattua materiaalia. Esimerkiksi tutkimuksia öljyn käyttäytymisestä jäisessä ja lumessa löytyi vain arktisia olosuhteita koskien. Vaikka aineistosta on pyritty löytämään Suomenlahden talviolosuhteissa käyttökelpoiset toimintatavat, on jääasiantuntijoiden konsultoiminen jäälle painotuvan torjuntatyön suunnittelussa ja öljyn käyttäytymisen ennakoinnissa jatkossakin varmistettava sisällyttämällä jääosaaminen torjunnan johtoryhmään.

Suomessa julkaistuja talvitorjuntaraportteja ovat muun muassa Suomen ympäristökeskuksen *Oil Spill Response in Ice. Report on the State of the Art* (Lampela 2011) sekä VTT:n *Acute Oil Spills in Arctic Waters – Oil Combating in Ice* (Hänninen & Sassi 2010). Merkittävää lähdemateriaalia ovat myös *JIP Oil in Ice* -ohjelman tuottamat raportit (Joint Industry Program on Oil in ice, jota koordinoi SINTEF) sekä SSPA Sweden Ab:n julkaisema raportti *Olja i is – Förstärkt oljeskadeskydd i strandzonen under isförhållanden* (Forsman 2008).

Katsauksessa huomioitiin myös jokialueilla tapahtuvaa talvitorjuntaa kuvaavat artikkelit. Niistä etsittiin viitteitä Suomenlahden rikkonaisessa saaristossa, salmissa ja kapeissa lahdenpohjukoissa tapahtuvaan torjuntaan. Alhaisen suolapitoisuuden vuoksi Suomenlahden olosuhteet eivät torjuntatyön kannalta merkittävästi poikkea muiden maiden jokialueista. Päinvastoin – öljyt, joiden yleisesti arvioidaan kelluvan merivedessä, voivat upota täällä (Forsman 2012, 7), sillä murtovedessä öljy menettää osan kelluvuudestaan (Lampela 2011, 5).

Runsaimmin lähdemateriaalia löytyi öljyn säästymisestä. Sitä käsiteltiin 45 %:ssa artikkeleista. Toiseksi eniten huomioita saivat erilaisten vedessä käytettävien torjuntatekniikoiden ja -laitteiden kuvaukset (40 %). Artikkelien sisällöissä toistuivat myös seuraavat teemat: öljyn havainnointi ja paikallistaminen (10

%) sekä työturvallisuus (5 %). Logistiikkaan keskittyviä lähteitä löydettiin vain kaksi: *Guidelines and Strategies for Oil Spill Waste Management in Arctic Regions* (Polaris 2009) käsittelee vahinkojätelogistiikkaa ja *Cold Regions Spill Response* (Marsh et al. 1979) torjuntalogistiikkaa.

Suomen olosuhteissa käyttökelpoisen lähdemateriaalin löytymistä rajoittaa erilainen suhtautumistamme ensisijaisiin torjuntamenetelmiin. Kylmissä olosuhteissa suositellaan yleensä öljyn polttamista tai dispersoimista. Nämä ovat poissuljettavia tai erittäin harkitusti käyttöön otettavia menetelmiä Itämeren olosuhteissa. Tästä näkemyselystä johtuen lähteenä hyödynnettävän materiaalin määrä on melko rajallinen. Lisäksi torjuntamenetelmien painottuessa edellä mainittuihin tekniikoihin, ei vahinkojätelogistiikan suunnittelua tunnuta pitävän kovin tarpeellisena. Tutkimuksellisesta yhteistyöstä olisi jatkossa hyötyä muiden mekaanisia torjuntamenetelmiä suosivien alueiden, kuten Prince William Soundin, St. Lawrence-joen ja Seattlen alueen viranomaisten kanssa.

Pelastustoimen toimintaympäristöön keskittyvän selvityksen laatimista hankaloittaa myös lähdeaineiston yksipuolisuus. Talvisella öljyntorjunnalla käsitetään yleensä avomeritorjuntaa jääolosuhteissa eikä rannikon tai ranta-alueen torjuntaa muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta huomioida. Talviolosuhteiden ranta-torjuntaa käsitellään yleensä vain yhtenä osa-alueena laajemman torjuntaohjeistuksen sisällä. Rantatorjunta tuodaan esille muun muassa EPPR:n oppaassa *Field Guide for Oil Spill Response in Arctic Waters* (1998) ja Exxon Mobilin manuaalissa *Oil Spill Response Field Manual* (2008). Ainoastaan seitsemässä artikkelissa rantavyöhykkeen öljyntyminen oli nostettu keskeisimmäksi tarkastelunkohteeksi. Näistäkin vain kolmessa käsiteltiin rantatorjuntamenetelmiä, SSPA Sweden Ab:n raportissa *Olja i is – Förstärkt oljeskadeskydd i strandzonen under isförhållanden* (2008) perusteellisimmin. Rantavyöhykkeen öljyntorjunta talviolosuhteissa joko nähdään kuriositeettina tai se on vasta nyt tutkimuksen kohteena, eikä lähdemateriaalia siksi ole juurikaan saatavilla. Aineiston yksipuolisuutta tuo esille myös Owens et al. (2005, 1), joka nimeää ongelmaksi talvitorjuntatutkimuksen painottumisen

pelkästään öljyn keräämiseen jäistä ja peräänkuuluttaa erityisesti lumiolosuhteiden huomioimista.

Tieto ja tutkimus kylmätorjunnasta on vähäistä (Oskins & Bradley 2005, 2), tai se etenee hitaasti ja tehokkaita ratkaisumalleja edelleen odotellaan (Lampela 2011, 21). Tutkimuksen ohuus näkyy muun muassa tiedon puutteena eri menetelmien hyötyhaittasuhteesta ja kustannustehokkuudesta. Tämän vuoksi torjuntatoimenpiteiden tarkoituksenmukaisuuden ja kokonaisuhyödyn arviointi tulee olemaan viranomaisellekin erittäin vaikeaa. Kylmien olosuhteiden torjuntaa käsittelevästä Oskins & Bradleyn artikkelista (2005, 1) poimittu, useissa lähteissä esille tullut esimerkki, kuvaa optimaalisen torjuntastrategian ja realististen vaihtoehtojen haitaria seuraavasti:

The oil spill response strategy to be used, i.e.
do nothing,
wait until spring,
contain the spill with ice/snow berms and trenches, or
conduct ice slotting containment operations.

Kuva 69. Talvitorjunnan lähestymistavat voidaan jakaa kolmeen toimintamalliin: älä tee mitään, odota kevättä tai tee kaikkiesi, toisin sanoen rajoita öljyä jää- ja lumipenkereillä, johda sitä ojiin, kaivanteisiin ja railoihin sekä kerää sitä jäähän sahattujen keräilylaitteiden kautta (Oskins & Bradley 2005, 1). Suomessa valmistaudutaan jälkimmäiseen toimintatapaan.

Esimerkki heijastelee lähdeaineistossa nähtävissä olevaa huolta torjuntakyvyn rajallisuudesta, mutta myös ajatusta voimavarojen kohdistamisesta suotuisampiin olosuhteisiin. Lisätutkimusta kaivataan esimerkiksi sen suhteen, milloin olisi ympäristön ja resurssien käytön kannalta järkevämpää odottaa kevättä, ja milloin taas öljy olisi poistettava rannalta välittömästi.

Myös kylmiin ja jäisiin olosuhteisiin tarkoitettujen torjuntamenetelmien hyötyhaittasuhteesta ja ensisijaisuudesta käydään laajaa keskustelua. Erityisesti polttaminen jakaa mielipiteitä. Polttamista perustellaan sen myönteisellä vaikutuksella syntyvään jätemäärään ja siten työvoiman ja logistiikkatarpeen huomattavaan vähenemiseen. Toisaalta nähdään, ettei polttamisen tekniikat vielä ole riittävän kehit-

tyneitä ja menetelmän kokonaisuhyötyjä ja -haittoja tulisi tutkia enemmän.

Torjuntaoperaatiolle tulisi laatia työturvallisuusohje. Kylmissä olosuhteissa tapahtuvassa öljyntorjuntatyössä on paljon vaaraa aiheuttavia tekijöitä ja olosuhteita. Ympäristöhallinnon ohje 9/2006 *Työsuojelu veneiden käytössä* koskee ympäristöhallinnon omia veneitä ja ohjeita noudatetaan pääsääntöisesti alle 10 metrin veneisiin. Ohjeissa kylmien olosuhteiden huomioidut koskevat hypotermian vaaraa ja siihen liittyvää ensiapuvalmiutta ja pelastuspukujen käyttöä. (Ympäristöministeriö 2006b, 9, 17, 19 ja 31.)

Toimintatapoja suuren vahingon talvitorjuntaan tulee kehittää edelleen. Erityisesti jätelogistiikkaan ja välivarastointiin liittyviä kysymyksiä tulee selvittää tarkemmin. Vahinkojätteen kuljetustarpeen vähentämiseksi on selvitettävä riittävän kapasiteetin omaavien öljynerotinten käyttöä sekä siirrettävien termodesorptiolaitteistojen käyttökelpoisuutta talviolosuhteissa.

Mekaanisten menetelmien ja välineiden kehitystyö etenee, mutta pelastustoimen käyttökokemukset ovat vähäisiä. Realiteettina on tuotu esille, ettei talvitorjuntavalmius rannikolla ole vielä riittävä. Erityisesti toivotaan lisää kalustotestejä ja arviointia sekä ympäristö, jossa voidaan testata menetelmiä todellisuutta vastaavissa olosuhteissa (Ekholm 2014a; Kilpeläinen 2014b; Lampela 2011, 20; Saarinen 2014b). Yleisesti haasteena on, ettei testiolosuhteita saada riittävän realistisiksi. Vaikka testialtaassa olisi jäätä, ei ilman- ja vedenlämpötilaa saada riittävän alas, jolloin esimerkiksi keräimen ja siirtoputkiston toiminta ei vastaa täysin todellisuutta. Uusien torjuntatekniikoiden kehitys mahdollistaa kalustokannan täydentämisen. Oleelliseksi nähdään myös osaamisen lisääminen. Tarvitta olisi erityisesti torjuntaoperaation kokonaisuuden hallintaan, ei vain yksittäisten teknisten harjoitteiden suorittamiseen. Esitetään laadittavaksi talvisen öljyntorjunnan harjoitustoimintamalli, johon sisältyy myös talvimerenkulun koulutusta. Näin mahdollistetaan talvitorjuntaosaamisen integrointi osaksi operatiivista öljyntorjuntakykyä.

13 Lähteet

- ACS 2012. Alaska Clean Seas Technical Manual. Volume 1, Tactics Descriptions. Revised 03/2012. Prudhoe Bay, Alaska.
- Ahoranta, Jari & Muizis, Anna 2013. OGP/JIP 2. Onboard Oil-Water-Ice Separation for Arctic Oil Spill Response Operations. Final draft report 17.6.2013. Lamor Corporation Ab.
- Allen, Alan A. & Nelson, William G. 1981. Oil Spill Countermeasures in Landfast Sea Ice. IOSC Proceedings 1981.
- Ampe.info 2014. Ampes trafiksidor osoitteessa <http://www.ampe.info/herakles/> [Viitattu 1.8.2014]
- Asikainen, Erkki 2006. Pohjois-Savon pelastuslaitos presentation 30.5.2006. Power point -esitys
- Bergstrøm, Rune 2011. Oil spill recovery at -20°C. Lessons learned the Godafoss accident in Feb. 2011.
- Boitsov, S., Klungsøyr, J. & Dolva, H. 2012. Experiences from oil spills at the Norwegian coast. A summary of environmental effects. Report from Institute of Marine Research 23/2012.
- CEDRE 2011. Sea & Shore Technical Newsletter no: 33 2011-1. Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution.
- DeCola, Elise, Robertson, Tim, Fletcher, Sierra & Harvey, Susan 2006. Offshore Oil Spill Response in Dynamic Ice Conditions. A report to WWF on considerations for Sakhalin II Project. Alaska. Nuka Research.
- DF Dickins Associates Ltd. 2004. Advancing Oil Spill Response in Ice-Covered Waters.
- Dickins, David, Brandvik, Per Johan, Bradford, John, Faksness, Liv-Guri, Liberty, Lee & Daniloff, Roger 2008a. Svalbard 2006 Experimental Oil Spill Under Ice: Remote Sensing, Oil Weathering Under Arctic Conditions and Assessment of Oil Removal by In-Situ Burning. IOSC Proceedings 2008.

- Dickins, David & Buist, Ian 1999. Countermeasures for ice covered waters. Pure Appl. Chem., Vol. 71, no. 1, sivut 173-191. IUPAC.
- Dickins, David, Bradford, John & Steinbronn, Leah 2008b. Detection of Oil on and Under Ice: Phase III. Evaluation of Airborne Radar System Capabilities in Selected Arctic Spill Scenarios. Final Technical Report 14.7.2008. DF Dickins Associates Ltd. ja Boise State University.
- Dickins, David 2010. Oil in Ice –JIP. Report no. 30. Project P5: Remote Sensing Summary Report. SINTEF Materials and Chemistry.
- Dickins, David 2011. Behavior of Oil Spills in Ice and Implications for Arctic Spill Response. Artikkele Offshore Technology Conferenssa 7-9.2.2011 Houston, Texas.
- DOWCAR 2014. DOWCAR Environmental Management, Inc. Kuvagalleria osoitteessa http://www.dowcareenvironmental.com/photo_gallery.htm [Viitattu 25.9.2014]
- Ehrnsten, Eva 2013. Suosituksia rannikon herkkien alueiden puhdistukseen öljystä. Liite rantojen öljyntorjuntaoppaisiin. Kaakkois-Suomen ELY-keskuksen raportteja 18/2013. Kouvola: Kopijyvä Oy. ISBN 978-952-257-737-5.
- Ekholm, Leif 2014a. Itä-Uudenmaan pelastuslaitos. Tiedonanto TalviSÖKÖn työryhmäpalaverissa 20.5.2014.
- Ekholm, Leif 2014b. Itä-Uudenmaan pelastuslaitos. Kirjallinen tiedonanto 4.9.2014.
- EPPR 1998. Field Guide for Oil Spill Response in Arctic Waters. A Program of the Arctic Council. Toim. Edward H. Owens, Laurence B. Solsberg, Mark R. West, Maureen McGrath Saatavissa myös <http://arctic-council.org/eppr/wp-content/uploads/2010/04/fldguide.pdf>
- Estlander, Ville 2014. Helsingin kaupungin pelastuslaitos. Tiedonanto 8.5.2014.
- Evers, Karl-Ulrich, Sørheim, Kristin R. & Singsaas, Ivar. 2006. Oil Spill Contingency Planning in the Arctic –Recommendations. GROWTH Project GRD2-2000-30112 "ARCOP". Saatavissa http://s3.amazonaws.com/zanran_storage/www.arcop.fi/ContentPages/12387056.pdf
- Exxon Mobil 2008. Oil Spill Response Field Manual. Exxon Mobil Research and Engineering. USA
- Forsman, Björn 2008. Olja i is. Förstärkt oljeskadeskydd i strandzonen under isförhållanden. Litteraturstudie med underlag för saneringsinstruktioner för olja i is. Rapport till Räddningsverket 2007 4504. SSPA Sweden AB.
- Forsman, Björn 2012. SSPA Sweden AB. Oil spills in ice. Enhanced shoreline protection and beach clean-up resources for winter conditions in Sweden. PowerPoint-esitys.
- Glover, Nick W. & Dickins, David F. 1999. Response Plans for Arctic Oil and Ice Encounters. IOSC Proceedings 1999.
- Goerlandt, Floris, Goncharov, Vadim & Sormunen, Otto-Ville (toim.) 2014. Risk Assessment and Management for Maritime SAR and Oil Spill Response. Aalto University. School of Engineering . Department of Applied Mechanics. Helsinki: Aalto University publication series SCIENCE + TECHNOLOGY 6/2014. ISBN (pdf) 978-952-60-5725-5.
- Goodman, R.H., Holoboff, A.G., Daley, T.W., Waddel, P., Murdock, L. D. & Fingas, M. 1987. A Technique for the Measurement of Under-ice Roughness to Determine Oil Storage Volumes. IOSC Proceedings 1987.
- Haapakoski, K. 2013 Yle Perämeri 2.4.2013. Artikkele osoitteessa http://yle.fi/uutiset/sahakone_laulaa_simojoen_jaalla/6561732 [Viitattu 19.5.2014]
- Hakala, Eini 2005. Valokuvia.
- Halonen, Jaakko 2014. Meritaito Oy. Kirjallinen tiedonanto 26.9.2014.
- Hansen, Kurt 2014. Responding to oil spills in ice. IOSC Proceedings 2014.
- Hazel III, William E. & Rancilio, Michael J. 1997. Health and Safety Issues During Cold Weather Oil Spill Responses. IOSC Proceedings 1997.
- Heino, Timo 2014a. Uudenmaan ELY-keskus. Haastattelu 16.5.2014.
- Heino, Timo 2014b. Uudenmaan ELY-keskus. Tiedonanto TalviSÖKÖn työryhmäpalaverissa 20.5.2014.
- Helland, Randolph C, Smith, Benjamin L., Hazel III, William, Popa, Michael & McCarthy, Dennis J. 1997. Underwater Recovery of Submerged Oil During a Cold Weather Response. IOSC Proceedings 1997.

Hietala, Meri 2011. Öljyvahinkojen torjuntakalusto -käsikirjaluonnos. Versio 25.3.2011. Saatavissa osoitteessa <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B33251176-DD5C-4852-BFFC-F5013B612992%7D/39172> [Viitattu 28.9.20104]

Hietala, Meri 2014a. Suomen ympäristökeskus. Tiedonanto 31.1.2014.

Hietala, Meri. 2014b. Suomen ympäristökeskus. Kirjallinen tiedonanto 11.9.2014.

Hänninen, Saara & Sassi, Jukka 2010. Acute Oil Spills in Arctic Waters – Oil Combating in Ice. 64 p. Research Report: VTT-R-03638-09. Espoo: VTT.

Ilmatieteenlaitos 2013a. Internetsivut osoitteessa <http://ilmatieteenlaitos.fi/jaatomisvaroitukset> [Viitattu 5.5.2013]

Ilmatieteenlaitos 2013b. Internetsivut osoitteessa <http://ilmatieteenlaitos.fi/talvilastot> [Viitattu 27.6.2013]

IMO 2013. Guideline for oils spill response in fast currents. International Maritime Organization. IMO Publication no. I582E. London. ISBN: 978-92-801-1567-3.

IMO 2014. Guide to oil spill response in snow and ice conditions. First draft 7.6.2014. Owens Coastal Consultant Ltd. Ja DF Dickens Associates LLC.

IOPF 2011. International Tanker Owners Pollution Federationin kuvagalleria osoitteessa <http://www.itopf.com/knowledge-resources/library/image-library/image/boomed-vessel-in-ice/> [Viitattu 28.9.20104]

Itämeriportaali 2014. Internetsivut osoitteessa http://www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/yleiskuvaus/jaa/tietoiskuja/fi_FI/jarkea-jaalle/ [Viitattu 27.6.2013]

Jensen, Hans 2004 Mechanical Recovery in Cold and Ice-covered Waters related to the ARCOP-project. Article and presentation no. 470. Interspill-konferenssijulkaisu.

Jolma, Kalervo 2014. Suomen ympäristökeskus. Kirjallinen tiedonanto 11.9.2014.

JPF Peat Oy 2014. Sähköpostitiedonanto 23.9.2014 ja kuva osoitteessa <http://jpfpeat.com/albumi/suonraivauskuvia/vuosi2011/1202000> [Viitattu 23.9.20104]

Kilpeläinen, Olli 2014a. Helsingin kaupungin pelastuslaitos. Tiedonanto TalviSÖKÖn työryhmäpalaverissa 21.3.2014.

Kilpeläinen, Olli 2014b. Helsingin kaupungin pelastuslaitos. Tiedonanto TalviSÖKÖn työryhmäpalaverissa 20.5.2014.

Kilpeläinen, Olli 2014c. Helsingin kaupungin pelastuslaitos. Tiedonanto 9.9.2014.

Kivikari, Leena & Romo-Nyrhinen, Tarja 2009. Terveyskysely rannikon öljyntorjuntatyöhön tulevalle henkilölle. Opinnäytetyö. Lahden ammattikorkeakoulu. Sosiaali- ja terveysala. Työterveyshuollon erikoistumisopinnot.

Koponen, Lea 2008. Pohjois-Savon ELY-keskus.C ASE: Kuopion Kelloniemen öljyvahinko. Power Point-esitys EnSaCO Saimaa Öljyntorjunnan johtamiskurssilla Lappeenrannassa 29.10.2008.

Kuoksa, Jukka 2014. Lapin ELY-keskus. Kirjallinen tiedonanto 6.10.2014.

Laine, Timo 2014. Kaakkois-Suomen ELY-keskus. Tiedonanto TalviSÖKÖn työryhmäpalaverissa 20.5.2014.

Lally, Joseph 2011. U.S. Coast Guard Marine Environmental Response in the Arctic: Challenges and Initiatives. IOSC Proceedings 2011.

Lampela, Kari 2014a. Haastattelu 17.6.2014.

Lampela, Kari 2014b. Kirjallinen tiedonanto 15.9.2014.

Lampela, Kari 2012. Main Baltic oil accidents in ice season. Power Point -esitys 21st IAHR International Symposium on Ice "Ice Research for a Sustainable Environment"-seminaarissa 11–15.6. 2012. Dalian, China.

Lampela, Kari & Jolma, Kalervo 2011. Mechanical Oil Spill Recovery in Ice; Finnish Approach. IOSC Proceedings 2011. 24.2.2011.

Lampela, Kari 2011. Oil Spill Response in Ice. Report on the State of the Art. 24.8.2011. Saatavissa <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BA7D0124E-7054-4F52-AFF5-6BA1B51ACAA3%7D/59270>

Lewis, Alun 2008. Special considerations for the use of oil spill dispersants in the Baltic Sea. Power Point –presentation in Helcom meeting. Saatavissa http://meeting.helcom.fi/c/document_library/get_file?folderId=74721&name=DLFE-30024.pdf

- Majors, Lee & McAdams, Fred 2008. Responding to Spills in an Arctic Oil Field - Lessons Learned. IOSC Proceedings 2008.
- MARPOL. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships. Consolidated edition 2011. Articles, Protocols, Annexes and Unified Interpretations of the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the 1978 and 1997 Protocols. IMO Publication. Lontoo. ISBN 978-92-801-1532-1.
- Marsh, Gordon D., Schultz, Lawrence A. & DeBord, Frank W. 1979. Cold Regions Spill Response. IOSC Proceedings 1979.
- Metsähallitus 2014. Internetsivut osoitteessa <http://www.metsa.fi/sivustot/metsa/fi/metsatalous/metsahallituksenmonikayttometsat/metsatiet/talvijajaatiet/Sivut/default.aspx> [Viitattu 20.9.2014]
- MSB Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, IVL Svenska Miljöinsitutet & Naturvårdsverket 2010. Saneringsmanual för olja på svenska stränder.
- Muhonen, Juha 2014. Lamor Corporation Ab. Haastattelu 25.9.2014.
- Oil Spill Solutions 2013. Internetsivut osoitteessa <http://www.oilspillsolutions.org/skimmers.htm> ja <http://www.oilspillsolutions.org/snowandice.htm> [Viitattu 4.3.2014]
- OPA. Oil Pollution Act 1990. United States Code, 2010 Edition. Title 33 NAVIGATION AND NAVIGABLE WATERS. CHAPTER 40 - OIL POLLUTION. Saatavissa <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/USCODE-2010-title33/html/USCODE-2010-title33-chap40.htm> [Viitattu 28.9.2014]
- Oskins, Carl J. & Bradley, Dee 2005. "Extreme" Cold Weather Oil Spill Response Techniques & Strategies – Ice & Snow Environments. IOSC Proceedings 2005.
- Owens, Edward H. 2014. Shoreline Planning and Response in Ice-dominated Environments. IOSC Proceedings 2014.
- Owens, Charlene 2014. Regional Considerations Influencing Oil Spill Response in Arctic Offshore Environments. Interspill-konferenssijulkaisu.
- Owens, Edward H. & Michel, Jacqueline 2003. Planning for Shoreline Response to Spills in Arctic Environments. IOSC Proceedings 2003.
- Owens, Edward H. & Robilliard, Gordon A. 1981. Spill Impacts and Shoreline Cleanup Operations on Arctic and Sub-Arctic Coasts. IOSC Proceedings 1981.
- Owens, Edward H., Dickins, David F. & Sergy, Gary A. 2005. The Behavior and Documentation of Oil Spilled On Snow- and Ice-Covered Shorelines. IOSC Proceedings 2005.
- Pajala, Jukka 2011. Öljyntorjuntaveneen hankintaohje. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2011. Helsinki: Edita Prima Oy. ISBN 978-952-11-3963-5
- Pajala, Jukka 2014. Suomen ympäristökeskus. Suullinen tiedonanto 3.9.2014.
- Palola, Jukka 2014a. Kainuun pelastuslaitos. Suullinen tiedonanto 1.8.2014.
- Palola, Jukka 2014b. Kainuun pelastuslaitos. Kirjallinen tiedonanto 18.9.2014.
- Pascale, Melinda 2008. Valokuvia SÖKÖ II-hankkeessa.
- Pirttijärvi, Jouko 2013. Suomen ympäristökeskus. Kuvia Raasepori-casesta.
- Polaris 2009. Guidelines and Strategies for Oil Spill Waste Management in Arctic Regions. Polaris Applied Sciences, Inc. USA. Saatavissa myös www.arctic-council.org/eppr/completed-work/oil-and-gas-products/eppr-waste-management-report/
- Rasijeff, Raimo 2014a. Länsi-Uudenmaan pelastuslaitos. Tiedonanto TalviSÖKÖn työryhmäpalaverissa 20.5.2014.
- Rasijeff, Raimo 2014b. Länsi-Uudenmaan pelastuslaitos. Suullinen tiedonanto 9.9.2014.
- Reiter, G. A. 1981. Cold Weather Response F/V Ryuo Maru No.2 St. Paul, Pribiloff Islands, Alaska. IOSC Proceedings 1981.
- Ritari, Esa 2014a. Aker Arctic Technology Inc. Tiedonanto TalviSÖKÖn työryhmäpalaverissa 20.5.2014.
- Ritari, Esa 2014b. Aker Arctic Technology Inc. Kirjallinen tiedonanto 10.9.2014.

- Romberg, B., Maguire, D., Ranger, R., Hoffman, R. 2005. Managing risks of explosion during oil recovery, storage and transfer operations. IOOSC Proceedings 2005.
- Saarinen, Stig 2014a. Länsi-Uudenmaan pelastuslaitos. Tiedonanto TalviSÖKÖn työryhmäpalaverissa 21.3.2014.
- Saarinen, Stig 2014b. Länsi-Uudenmaan pelastuslaitos. Tiedonanto TalviSÖKÖn työryhmäpalaverissa 20.5.2014.
- Salmenhaara, Tapani 2014. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu, Merenkulku. Tiedonanto 23.9.2014.
- Singsaas, Ivar & Lewis, Alun 2011. Behaviour of Oil and other Hazardous and Noxious Substances Spilled in Arctic Waters. EPPR:n julkaisu. ISBN: 978-82-14-05125-4.
- SRÖTVA 2008. Suomenlahden rannikon öljyntorjuntavalmius-työryhmän raportti 21.4.2008.
- SÖKÖ II 2011. SÖKÖ II-manuaali; Ohjeistusta alusöljyvahingon rantatorjuntaan. Kymenlaakson ammattikorkeakoulun julkaisuja. Sarja A. Oppimateriaali. Nro 31. Kotka: Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. ISBN 978-952-5963-04-5.
- Swedish Coast Guard 2014. Kustbevakningen kuvapankki internetsivut osoitteessa http://www.kustbevakningen.se/ImageVaultFiles/id_108/cf_64/004_Upptagning%20av%20olja%20i%20is.jpg
- SYKE 2003. Suomen ympäristökeskuksen valokuvia.
- Taipale, Olli 2014. Talvisia valokuvia luotsikutterista.
- Tolonen, Ilpo 2014a. Kymenlaakson pelastuslaitos. Kirjallinen tiedonanto 21.3.2014.
- Tolonen, Ilpo 2014b. Kymenlaakson pelastuslaitos. Tiedonanto 8.9.2014.
- Tolonen, Ilpo 2014c. Kymenlaakson pelastuslaitos. Tiedonanto 11.9.2014.
- Työturvallisuuskeskus 2013. Internetsivut osoitteessa www.ttk.fi/toimialat/metsaala/turvallinen_tyoskentely/puutavaran_kuljetus_jaala.369.news [Viitattu 3.10.2013]
- Työveneohjeisto 2006. Osoitteessa <http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/tyovene/>
- TorjL 2009. Öljyvahinkojen torjuntalaki 29.12.2009/1673. Osoitteessa www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2009/20091673 [Viitattu 12.2.2014]
- Vainio, Jouni 2014a. Ilmatieteenlaitos. Tiedonanto TalviSÖKÖn työryhmäpalaverissa 20.5.2014.
- Vainio, Jouni 2014b. Ilmatieteenlaitos. Kirjallinen tiedonanto 19.9.2014.
- Vainio, Jouni, Seinä, Ari & Backman, Paula 2002. Sea Ice Nomenclature. Talvimerenkulun jääsanasto. Merenkululaitoksen julkaisu 5/2002.
- Vainio, Jouni & Lumiaro, Riku 2014. Artikkelit Itämeriportaaliin osoitteessa www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/yleiskuvaus/jaa/fi_FI/jaa/ [Viitattu 23.5.2014]
- Vainio, Jouni & Savolainen, Miia 2014. Artikkelit Itämeriportaaliin osoitteessa www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/yleiskuvaus/jaa/tietoisku-ja/fi_FI/ohjeita_jailla_liikkujille/ [Viitattu 23.5.2014]
- Velez, Peter, Johnsen, Hanne, Steen, Alexis & Osikilo, Yvette 2011. Advancing Oil Spill Preparedness and Response Techniques for Arctic Conditions. IOOSC Proceedings 2011.
- Vihma, Timo & Lumiaro, Riku 2014. Artikkelit Itämeriportaaliin osoitteessa www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/yleiskuvaus/jaa/fi_FI/meri_jaa_ilma_vuorovaikutus [Viitattu 23.5.2014]
- Westerberg; Victor 2012. Arctic oil spill response. Recovery operations – Management and performance. Naval Architecture M.Sc. Thesis work at SSPA. KTH Vetenskap och konst.
- Ympäristöministeriö 2006a. Työsuojelu jää- ja hyydepatojen torjunnassa. Ympäristöhallinnon ohjeita 3/2006. Helsinki: Edita Prima Oy. ISBN 952-11-2455-5.
- Ympäristöministeriö 2006b. Työsuojelu veneiden käytössä. Ympäristöhallinnon ohjeita 9/2006. Helsinki: Edita Prima Oy. ISBN 952-11-2467-9.