

VIHKO 08

ÖLJYVAHINKOJÄTTEEN OMINAISUUDET JA LAJITTELU





Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment



Kymenlaakson
pelastuslaitos



Itä-Uudenmaan
pelastuslaitos



Helsingin kaupungin
pelastuslaitos



Länsi-Uudenmaan
pelastuslaitos



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

XAMK KEHITTÄÄ 133

KAAKKOIS-SUOMEN AMMATTIKORKEAKOULU

KOTKA 2021

© Tekijät ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

Graafinen suunnittelu ja taitto: Entra Marketing Oy

Paino: Grano Oy

Kannen kuva: M. Pascale

ISBN: (nid.) 978-952-344-298-6

ISBN: (PDF) 978-952-344-299-3

ISSN: 2489-2467 (nid.)

ISSN: 2489-3102 (PDF)

ÖLJYVAHINGOJÄTTEEN OMINAISUUDET JA LAJITTELU

Tässä vihkossa perehdytään öljyjen torjuntaan vaikuttaviin ominaisuuksiin sekä öljyn käyttäytymiseen vuototilanteessa. Tarkastelun kohteina ovat sekä öljyjen käyttäytyminen välittömästi veteen vuotamisen jälkeen että öljyn muuntumiseen vaikuttavat säästymisprosessit. Öljyjen käyttäytymistä arvioidaan sekä avovesi- että jääolosuhteissa. Lisäksi tarkastellaan öljyvahingon seurauksena syntyvää vahinkojätettä, jätteen arvioitua määrää, ominaisuuksia ja lajittelua. Öljyn ominaisuudet vaikuttavat torjuntataktiikan ja -menetelmän valintaan, torjuntahenkilöstön suojautumiseen sekä vahinkojätteen turvalliseen käsittelyyn ja kuljettamiseen. Jätettä muodostuu hyvin todennäköisesti huomattavasti alkuperäistä vuotomäärää enemmän. Jätteen lajittelulla voidaan vähentää loppukäsittelystä koituvia kustannuksia ja hajauttaa jätekuormaa useampaan käsittelylaitokseen.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	6
1 JOHDANTO	8
2 MERILIIKENTEEEN POLTTOAINEET	9
3 LASTINA KULJETTAVAT ÖLJYT SUOMENLAHDELLA	11
4 ÖLJYJEN TORJUNTAAN VAIKUTTAVAT OMINAISUUDET	12
4.1 Leimahduspiste.....	12
4.2 Viskositeetti.....	12
4.3 Tiheys.....	12
4.4 Jähmepiste ja samepiste	13
4.5 Liukeneminen	13
4.6 Haihtuminen.....	13
4.7 Emulsio ja dispersio.....	15
5 ÖLJYTUOTTEIDEN OMINAISUUDET.....	16
5.1 Kevyet laivapolttoaineet (MDO, MGO).....	16
5.2 Vähärikkiset laivapolttoaineet	16
5.3 Diesel ja bensiini	16
5.4 Raskas polttoöljy.....	18
5.5 Keskiraskas polttoöljy.....	20
5.6 Raakaöljy.....	20
5.7 Kasviöljyt.....	21
5.8 Biopohjaiset polttoaineet	21
6 ÖLJYJEN KÄYTTÄYTYMINEN VUOTOTILANTEESSA.....	26
6.1 Öljyjen käyttäytyminen vedessä	26
6.2 Öljyjen käyttäytyminen jääolosuhteissa	29
6.3 Öljyjen käyttäytyminen lumessa	31
7 ARVIO VAHINKOJÄTTEEN MÄÄRÄSTÄ JA LAADUSTA.....	33
8 JÄTEJAKEET JA LAJITTELU	36
8.1 Öljyvahingosta muodostuvan jätteen laatu.....	36
8.2 Öljyvahinkojätteiden lajittelu	38
8.3 Öljyvahinkojätteiden seuranta ja dokumentointi.....	40

LISÄTIETOA	42
TOK 8A Öljyvahinkojäte	43
TOK 8B Öljyvahinkojätteen lajittelu	44

TIIVISTELMÄ

- Alusöljyvahingossa torjuttava aine on joko aluksen polttoainetta tai, säiliöaluksen ollessa kyseessä, lastia. Suomenlahdella aiemmin tapahtuneiden päästöjen perusteella vuotanut aine on todennäköisimmin aluksen polttoainetta, jota vapautuu bunkrauksen yhteydessä. Itämerellä alukset käyttävät yleisimmin tisleitä MGO (Marine Gas Oil) ja MDO (Marine Diesel Oil), joista meriliikenteen kaasuöljyn (MGO) voidaan sanoa olevan yleisempi.
- Kevyet öljyalaadut ovat vettä kevyempiä, veteen liukenemattomia, juoksevia öljytuotteita. Kevyet öljyalaadut ovat vesiympäristölle öljyhiilivedyistä myrkyllisimpiä.
- Torjuttavan aineen ominaisuudet on tunnettava, sillä öljyn ominaisuudet ja määrä vaikuttavat torjuntamenetelmien lisäksi koko logistiiseen ketjuun: jätteen keräykseen, kuljetukseen ja varastointiin sekä loppukäsittelyn järjestämiseen.
- Öljyllä voi olla myös vaaraominaisuuksia, jotka tulee huomioida torjunnassa ja varastoinnissa, kuten korkeampi taipumus kerryttää staattista sähköä öljy-vesiseoksena tai raakaöljyn haihtuvat yhdisteet.
- Vahinkoöljyn ominaisuudet muuttuvat ajan kanssa. Öljy alkaa säistyä heti veteen joutuaan. Säistymiseen vaikuttavat pääasiassa öljyn ominaisuudet. Osa säistymisprosesseista on kuitenkin lämpötilariippuvaisia.
- Öljyvahingossa muodostuvien öljyvahinkojätteiden määrää ei ole mahdollista luotettavasti ennustaa, sillä siihen vaikuttavat niin monet taupauskohtaiset tekijät. Jättemäärä tulee kuitenkin erittäin todennäköisesti olemaan huomattavasti vuotanutta öljymäärää korkeampi.
- Mitä leveämmälle alalle öljy rantautuu, sitä vähemmän öljyä kerätään öljy-vesiseoksena ja enemmän muuna öljyisenä jätteenä.
- Öljyvahinkojäte tulee lajitella heti alkuvaiheesta lähtien, jotta jäte-logistiikka on paremmin hallittavissa. Lajittelu tulisi suorittaa jakamalla öljyvahinkojäte jakeisiin, joille on olemassa soveltuva loppukäsittelymenetelmä.
- Jätehuollon tehostamiseksi öljyvahinkojättee tulee lajitella paitsi jätejakeittain myös öljyisyiden perusteella. Lajitteluohjeistus tulee kuitenkin määritellä vallitsevien olosuhteiden mukaiseksi niin, ettei lajittelusta tule liian hankalaa käytännössä toteutettavaksi. Lajittelulla saavutettavan hyödyn tulisi ylittää siihen kohdistetut resurssit.
- Jätejakeita ovat öljyinen sekajäte, öljy-vesiseos, öljyinen maa-aines ja tartuntavaarallinen jäte. Lisäksi torjuntatyössä syntyy öljyyntyöntä sekajätettä, joka kannattaa pitää erillään öljyisistä jätteistä.
- Suurin keräys- ja välivarastointikapasiteetin tarve tulee olemaan öljyiselle maa-ainekselle. Toiseksi eniten välivarastointikapasiteettia tarvitaan öljy-vesiseokselle.
- Lajitellut jätejakeet pidetään toisistaan erillään koko jätehuoltoketjun ajan lajittelusta käsitte-lyyn.
- Öljyvahinkojäte luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi. Mikäli pitoisuudet tai öljyn haitta-aineet ovat hyvin vähäisiä, jäte voidaan luokitella myös tavanomaiseksi jätteeksi.

Tämän selvityksen pääasiallisina lähteinä on käytetty aiempia SÖKÖ-aineistoja, ympäristöhallinnon ohjetta *Itämerellä tapahtuvien öljyvahinkojen ekologiset seuraukset* (Rousi & Kankaanpää 2012) sekä Älykö-hankkeen loppuraportin artikkeleita *Biopolttoaineiden käyttäytyminen ja vaikutukset ympäristössä vahinkotilanteessa* (Malk 2017), *Demonstraatiokokeet biopolttoaineiden käyttäytymisestä vedessä ja maaperässä* (Malk & Zhaurova 2017) ja *Bioöljyt ja -polttoaineet öljyntorjunnan näkökulmasta* (Halonen & Malk 2017). Suomenlahdella todennäköisten vahinkoöljyjen arviointi perustuu selvitykseen *Meriliikenteen polttoaineet ja lastina kuljetettavat öljyt Suomenlahdella* (Halonen 2020) ja jätemäärän arviointi selvitykseen *Öljyvahinkojätteen määrän arviointi 30 000 tonnin esimerkkivahingossa Suomenlahdella* (Halonen 2020), jotka löytyvät lähdeviitteineen SÖKÖSuomenlahden hankejulkaisusta.



Eri öljylaatujen erilaiset ominaisuudet johtavat siihen, että ne käyttäytyvät öljyvahinkotilanteessa eri tavoin ja niistä seuraavat vaikutukset ovat toisistaan poikkeavia. Öljylaatujen ominaisuudet vaikuttavat myös siihen, kuinka paljon likaantunutta maa-ainesta ja muuta öljyistä jätettä muodostuu, miten vahinkojäte saadaan kerättyä ja miten sitä kuljetetaan ja välivarastoidaan. Torjuntamenetelmän ja -taktiikan valinnan lisäksi on tunnettava öljyn ominaisuudet torjuntahenkilöstön työturvallisuuksien ja lähialueen asukkaiden turvallisuuden varmistamiseksi. Vahinkoaineen ominaisuuksien selvittämisessä hyödynnetään aluksen polttoainetai lastitietoja, käyttöturvallisuustiedotteita sekä öljynäytteenottoa. Ympäristöviranomaiset ovat tukena öljyn ominaisuuksien selvittämisessä.

Alusöljyvahingossa torjuttava aine on joko aluksen polttoainetta tai, säiliöaluksen ollessa kyseessä, lastia. Suomenlahdella aiemmin tapahtuneiden päästöjen perusteella vuotanut aine on todennäköisimmin aluksen polttoainetta, jota vapautuu bunkrauksen yhteydessä. Polttoaine eli bunkkeri on toistaiseksi todennäköisemmin fossiilista polttoainetta. Itämerellä alukset käyttävät yleisimmin tisleitä MGO (Marine Gas Oil) ja MDO (Marine Diesel Oil), joista meriliikenteen kaasuöljyn (MGO) voidaan sanoa olevan yleisempi. Kansainvälisillä vesialueilla liikennöivät alukset voivat käyttää keskiraskasta polttoöljyä, kuten IFO 380- ja IFO 180 (RMG) -polttoaineita.



2 MERILIIKENTEEN POLTTOAINEET

Meriliikenteeseen soveltuvat polttoaineet ja niiden ominaisuusvaatimukset on määritelty ISO-standardissa 8217:2017. Standardi jakaa polttoaineet kahteen ryhmään, jäännösöljyihin¹ (residual fuels) ja tisleisiin (distillates), jotka jakautuvat edelleen alakategorioihin. Näistä kahdesta pääryhmästä puhutaan arkikielessä raskaina polttoöljyinä ja tisleinä. Raskas polttoöljy (HFO, Heavy Fuel Oil) on jäännösöljyn ja ohenteena käytetyn tisleen seos. Ensimmäiseen ryhmään luetaan myös LSFO, ULSFO ja HSFO, joiden erona on polttoaineen rikkipitoisuus (Low Sulphur, Ultra Low Sulphur, High Sulphur). Yleisesti käytettäviä raskaan polttoöljyn ja tisleiden seoksia ovat myös meriliikenteen dieselöljy (MDO, Marine Diesel Oil) ja keskiraskaat polttoöljyt (IFO, Intermediate Fuel Oils). Meridieselissä jäännösöljyn osuus on hyvin vähäinen, ja sitä näkee kategorisoitavan myös tisleiden puolelle. Tisleisiin luetaan myös meriliikenteen kaasuöljy (MGO, Marine Gasoil).

ISO 8217 jakaa jäännösöljyt edelleen kuuteen alakategoriaan niiden kinemaattisen viskositeetin perusteella. Nämä kuusi öljytyyppiä ovat RMA, RMB, RMD, RME, RMG ja RMK. Jäännösöljyjä käytetään suurten alusten hitaissa ja keskinopeissa pääkoneissa. Aluksen liikennöidessä muualla kuin päästörajoitusalueella (ECA, Emission Control Area) polttoaine on tyypillisesti keskiraskasta polttoöljyä (IFO 380), ISO 8217 -nimikkeeltään RMG 380 tai RMK 380. Pienemmät alukset taas käyttävät tyypillisesti kevyempiä polttoaineita, kuten tisleitä ja pienempiviskoosisia jäännösöljyjä.

ISO 8217 -standardi jakaa tisleet neljään kategoriaan: DMX, DMA, DMB ja DMZ. DMX-tislettä käytetään periaatteessa vain pienemmissä mootto-reissa, kuten pelastusveneissä, ei pääkoneessa. DMA ja DMB eroavat toisistaan lähinnä siten, että DMB saattaa sisältää pieniä jäämiä jäännösöljystä. Neljäs tisleityyppi, DMZ, sisältää enemmän

aromaattisia yhdisteitä, eikä siinä ole jäännösöljykomponentteja. Muihin tisleisiin verrattuna sen viskositeetti 40 °C:ssa on hieman korkeampi. Näiden ominaisuuksien tarkoitus on varmistaa, että polttoaineen jäähtymis- ja voiteluvaikutus säilyvät vaihdettaessa matalalaatuisemmasta polttoaineesta DMZ-tisleeseen ECA-alueelle saavuttaessa.

Matalarikkiset polttoaineet ovat yleistyneet päästörajoitusalueiden myötä. Raskaasta polttoöljystä, jonka rikkipitoisuus on alle 1 %, käytetään nimeä Low Sulfur Fuel Oil (LSFO). Pääasiassa nämä ovat IFO 180- tai IFO 380 -polttoaineita, joista on poistettu rikkiä. Päästörajoitusten tiukentuessa LSFO on käytännössä korvautunut ULSFO-polttoaineella (Ultra-Low Sulfur Fuel Oil), jossa rikkiä on alle 0,1 %. Termillä ULSFO viitataan useimmiten meriliikenteen kaasuöljyyn, jonka rikkipitoisuus on luonnostaan alhainen, ei niinkään raskaisiin polttoöljyihin, joista rikkiä on poistettu. Matalarikkisestä meriliikenteen kaasuöljystä käytetään myös nimeä Ultra-Low Marine Gasoil.

Laivaliikenteessä yleistynyt polttoaine on myös nesteytetty maakaasu (LNG, Liquefied Natural Gas). LNG sisältää pääasiassa metaania mutta saattaa vaihtelevasti sisältää myös muita kaasuja, kuten hiilidioksidia, typpeä, etaania, eteeniä, propania, butaania ja pieniä määriä jalokaasuja.

Potentiaalisia tulevaisuuden polttoaineita ovat muun muassa nesteytetty biokaasu ja uusiutuva metanoli, joita käytetään jo maailmalla pienessä mittakaavassa meriliikenteen polttoaineina. Muina tulevaisuuden laivapolttoaineina nähdään vety ja ammoniakki, mutta niiden laajempi käyttöönnotto on vielä vuosien päässä. Ensimmäisten vetykäyttöisten alusten odotetaan valmistuvan muutaman vuoden päästä. Ammoniakin käyttö taas on vielä alkuvaiheessaan. Varustamosäätiön tilaaman selvityksen mukaan ammoniakki on yksi

¹ Meriliikenteen polttoaineet valmistetaan raakaöljystä jakotislauksella, jossa raakaöljyä lämmitetään asteittain. Öljystä erottuvia jakeita kutsutaan tisleiksi ja jäljelle jäävää kaasuuntumatonta osuutta jäännösöljyksi.

lupaavimmista polttoainevaihtoehdoista pitkällä tähtäimellä, jolla viitataan vuoden 2040 jälkeiseen aikaan.

Biopohjaisia polttoaineita, kuten bioetanolia, biometanolia tai biodieseliä, ei vielä kovin yleisesti käytetä laivapolttoaineena, vaikkakin metanolin käyttö on yleistymässä. Biokomponentteja laivakäyttöön ovat biodieselin (FAME) lisäksi uusiutu-

va diesel NExBTL (hiilivety). Erilaisten bioöljyjen ja -polttoaineiden käyttäytymistä ympäristössä on tutkittu vasta vähän. Tässä esitetyt huomiot perustuvat Älykö-hankkeen kirjallisuusselvitykseen sekä hankkeessa toteutettujen laboratoriokokeiden tuloksiin.



3 LASTINA KULJETTAVAT ÖLJYT SUOMENLAHDELLA

Suomenlahden tavaraliikenteen kokonaisvolyymi oli 367,4 miljoonaa tonnia vuonna 2019 satamien käsittelymääristä laskettuna. Tästä merkittävä osa, 185,0 miljoonaa tonnia (50,4 %), muodostuu nesteliikenteestä. Nesteliikenteestä suurin osa, 145,4 miljoonaa tonnia (78,6 %), kulkee Venäjän satamien, pääasiassa Primorskin (61,0 milj. tonnia) ja Ust-Lugan (59,8 milj. tonnia) kautta. Suomenlahden suomalaisten satamien nesteliikenne oli vuonna 2019 yhteensä 24,5 miljoonaa tonnia, josta 21,3 miljoonaa tonnia kulki Kilpilahden ja 3,2 miljoonaa tonnia HaminaKotkan sataman kautta. Suomeen suuntautuu siis 13,3 % Suomenlahden nesteliikenteestä.

Suomen öljysatamien nesteliikenteestä vuonna 2019 hieman yli puolet (53,7 %) oli öljytuotteita ja

vajaa puolet (46,3 %) raakaöljyä. Venäjän satamis-
sa suhdeluku oli päinvastainen: hieman yli puolet (51,2 %) öljyä ja vajaa puolet (47,0 %) öljytuotteita. Venäjän nesteliikenteeseen on sisällytetty lisäksi kemikaalien osuus 1,7 %.

Meriliikenteessä kuljetetaan myös biopohjaisia polttoaineita lastina, mutta volyymit eivät ole vielä suuria. Säiliöaluksilla kuljetetaan muun muassa biodieseliä ja biopolttoaineiden raaka-aineita sekä uusiutuvaa lentopolttoainetta. Uusiutuvia polttoaineita on vuoden 2019 alusta voitu kuljettaa tuotetankkereilla MARPOL Liitteen I mukaisesti. Myös eläinperäisten öljyjen kuljetukset ovat lisääntymässä.



T. ALAVA

ÖLJYJEN TORJUNTAAN VAIKUTTAVAT OMINAISUUDET

Torjuttavan aineen ominaisuudet vaikuttavat torjuntataktiikan ja -menetelmän valintaan, torjuntahenkilöstön suojautumiseen sekä vahinkojätteen turvalliseen käsittelyyn ja kuljettamiseen. Torjunnan kannalta oleellisia ominaisuuksia ovat aineen leimahduspiste, viskositeetti, jähmepiste, sekoittuminen veteen (dispersio ja emulgoituminen), haihtuminen sekä tiheys ja sen muuttuminen ajan myötä.

4.1 LEIMAHDUSPISTE

Leimahduspisteellä tarkoitetaan alinta lämpötilaa, jossa nesteen pinnasta normaalissa ilmanpaineessa erottuu niin paljon höyryä, että se muodostaa syttyvän höyry-ilmaseoksen, kun sen lähelle tuodaan pistoliekki. Leimahduspiste tulee huomioida torjuntaoperaatioissa, erityisesti sen alkuvaiheessa; useat öljyalaadut ovat helposti syttyviä, kunnes kevyimmät yhdisteet ovat haihtuneet. Samankaltainen tilanne on öljyn ollessa ”suljetussa tilassa”, kuten jääkannen alla. Erityistä huomiota leimahduspisteeseen tulee kiinnittää raakaöljyn vahingoissa.

4.2 VISKOSITEETTI

Viskositeetti kuvaa nesteen kykyä vastustaa virtaamista. Korkean viskositeetin öljyt ovat jähmeitä ja alhaisen viskositeetin öljyt juoksevia. Lämpötilan laskiessa öljyjen viskositeetti nousee – toisten enemmän, toisten vähemmän – riippuen öljyn koostumuksesta. Viskositeetti ja sen muuttuminen vaikuttavat merkittävästi öljyn leviämiseen vedessä ja siihen, millaiseen kerospaksuuteen öljylautta asettuu.

Viskositeetti vaikuttaa keräystehokkuuteen tekniikoissa, joiden käyttökelpoisuus riippuu öljyn sitkosta ja juoksevuuudesta, kuten pumppauksessa ja skimmeröinnissä. Harjakeräimet ovat suunnattu pääsääntöisesti raskaille öljyille, mutta niitä on kehitetty myös kevyemmille ja juoksevammille öljyalaaduille. Niiden keräystehoa vielä dieseliäkin

kevyempien biopolttoainelaatujen kanssa tulisi testata. Skimmerikerättävyyden lisäksi nesteen viskositeetilla on suora korrelaatio imeytystuotteiden keräystehoon.

Itämeren lämpötilaolosuhteissa raskaiden öljyjen viskositeetit ovat miljoonan cSt:n (mm²/s) luokkaa, jolloin ne ovat lähes kiinteitä aineita.

4.3 TIHEYS

Öljyn käyttäytyminen vedessä riippuu molempien nesteiden suhteellisesta tiheydestä. Suurimmalla osalla öljyistä on pienempi tiheys kuin makealla vedellä (1,0) tai merivedellä (1,025), jolloin ne yleensä kelluvat. Kelluvat öljyt pysyvät alttiina säästymiselle, kun taas vettä raskaammat, uppoavat öljyt ovat alttiina lähinnä liukenemiselle, joka yleensä on vähäistä. Uponnut öljy hajoaa yleensä hitaasti.

Tiheyttä voidaan kuvata normaalin massan ja tilavuuden suhteen lisäksi ns. API-arvolla (American Petroleum Institute gravity).

Vuotaneen öljyn tiheys kasvaa ajan kuluessa sitä mukaa kuin kevyemmät partikkelit haihtuvat. Öljy tulee ottaa mahdollisimman hyvin haltuun ennen kuin se uppoaa. Uponneen öljyn paikallistaminen on erittäin vaikeaa, puhumattakaan sen keräämisestä.

Uponneen öljyn poistamiseen veden pohjasta voidaan käyttää nuottaa silloin, kun se on pumppavaksi liian jäykkää. Esimerkiksi Kuopion Kelsoniemen öljyvahingossa (2006) raskasta polttoöljyä nuotattiin järven pohjasta tiheäsilmäisellä verkolla. Vajonnut öljy saattaa liikkua pohjaa pitkin ja olla siirtynyt pois havaitusta paikasta siinä vaiheessa, kun torjuntakalusto on saatu paikalle. Vesisyvyyden salliessa öljyvahinkoalueen ympärille voidaan rakentaa pohjaan asti ulottuva, paaletettu pressuomitus.

4.4 JÄHMEPISTE JA SAMEPISTE

Jähmepiste on se lämpötila, jonka alapuolella öljy ei enää juokse. Esimerkiksi MGO:n jähmepiste sijoittuu -6 ja 0 °C:n välille. Jähmepiste riippuu öljyn vaha- ja asfalteenipitoisuudesta. Kun öljyn lämpötila laskee, vahapartikkelit kiteytyvät, jolloin öljyn juoksevuus vähenee ja öljy muuttuu nestemäisestä puolikiinteäksi tai kiinteäksi. Talviolosuhteissa jähmepisteellä on suuri merkitys: se kertoo esimerkiksi, hyytyykö öljy geelimäiseksi vai kiinteytyykö se joutuessaan kylmään veteen. Itämeren veden keskilämpötila on muutoinkin alhainen, $+10$ °C. Veden lämpötilan ollessa öljyn jähmepistettä korkeampi öljy on pumpattavaa. Jos jähmepiste on 5 – 10 astetta veden lämpötilan yläpuolella, öljy todennäköisesti kiinteytyy. Syksyllä, kun vesi on lämpimämpää kuin ilma, öljyn viskositeetti alkaa kasvaa heti merestä poistamisen jälkeen. Väliarastoinnissa saatetaan silloin tarvita lämmitystä öljyn käsiteltävyyden säilyttämiseksi. Kun öljy on lämpötilaltaan jähmepisteensä alapuolella, sen pumpaus ja imu on tehotonta. Näissä tilanteissa käytetään mekaanista keräystä esimerkiksi ruoppaajalla tai kaivurilla. Veden pohjasta ruoppaaminen ei yleensä ole kovin tehokasta, sillä talteen saadussa massassa on yleensä vain vähän öljyä ja ruoppaessa tulee runsaasti muuta ainesta, jolle tulee järjestää sijoitus- ja käsittelypaikka. Pohjasta keräämiseen on käytetty myös nuotta.

Samepiste on lämpötila, jossa ensimmäiset kiteet muodostuvat. Samepiste voi olla huomattavasti jähmepistettä korkeampi. Esimerkiksi laivadiesel-



KUVA 1

Laivadieselin DMA- ja DMB-laaturien parafiinien kiteytyminen samepisteessä. HARTIKKA 2015.

selin DMB-laadun samepiste on $+12$ °C jähmepisteen ollessa -21 °C. Samepistettä alemmassa lämpötilassa parafiinit alkavat kiteytyä, ja siinä alkaa ilmetä vahamaisuutta. Jähmepiste vaikuttaa öljyntorjuntaan, mutta myös samepisteellä on vaikutusta silloin, jos keräysjärjestelmässä on suodattimia tai skimmeri on herkkä viskositeetin vaihteluille. Öljy saattaa myös alkaa vain läjittyä kuorintakamman päälle. Parafiinien kiteytymisen vaikutuksesta skimmerien keräysethokkuuteen ei ole tietoa, ja sitä tulisi arvioida kokeellisesti. Myös kylmärumputekniikkaa tulisi testata.

4.5 LIUKENEMINEN

Yleensä vain murto-osa öljyn komponenteista on vesiliukoisia, jolloin liukeneminen ei suuresti muuta öljyn ominaisuuksia. Vesiliukoiset komponentit ovat kuitenkin usein hyvin myrkyllisiä, jolloin niistä on merkittävää haittaa vesieliöille. Torjuntamenetelmän valinnan suhteen fossiilisten öljyjen liukenemisella ei ole suurta merkitystä, mutta biopoltoaineista ja -nesteistä osa liukenee öljyntorjunnan ulottumattomiin. Pyrolyysiöljy on tässä haastavin. Se sisältää itsessään 20 – 30 painoprosenttia vettä ja liukenee veteen nopeasti. Myös korkeaseosetanolin etanoli liukenee nopeasti veteen, kun taas biodiesel ei ole veteen liukeneva.

4.6 HAIHTUMINEN

Haihtuminen on merkittävin veteen tai maaperään jäävän öljyn määrään vaikuttava tekijä. Tärkeimpiä öljyn haihtumiseen vaikuttavia muuttujia ovat aika ja lämpötila. Haihtumisen päämekanismi öljyillä on molekyylien diffuusio nesteen sisältä nesteen pinnalle. Tällöin lautan paksuus, eli haihtuvien yhdisteiden diffuusiomatka kalvon pinnalle, on ratkaiseva. Esimerkiksi tuulen nopeus tai öljylautan pinta-ala vaikuttavat öljyn haihtumiseen vain välillisesti öljyn kerrospaksuuden kautta.

Haihtuminen on voimakkainta heti vuodon jälkeen ja hidastuu ajan myötä: noin 80 % haihtumisesta tapahtuu kahden ensimmäisen vuorokauden aikana öljyvuodosta. Useimmilla öljyillä haihtuminen ajan funktiona noudattelee logaritmisista käyrästä. Kevyemmällä öljyillä, kuten diesellillä, haihtumisnopeus noudattaa ajan neliöjuurta ensimmäisinä vuorokausina vuodosta. Molem-

missa tapauksissa haihtumisnopeus siis laskee huomattavasti ajan kuluessa.

SÖKÖ-hankkeissa on laadittu kevyille polttoöljyille ja dieselille haihtumistaulukot, joilla voidaan arvioida öljyn haihtumista veden pinnalta neljän ensimmäisen vuorokauden kuluessa vuodosta. Haihtumistaulukoista voidaan siten arvioida tehokkaaseen torjuntaan käytettävissä olevaa aikaa. Haihtuminen heikentää öljyntorjunnan onnistumisen mahdollisuuksia, eikä sitä voida pitää tavoiteltavana lopputuloksena. Vaikka haihtuminen vähentää veteen joutuneiden kevyiden öljyjen kokonaismäärää, kaikkein myrkyllisimmät ainesosat jäävät vesimassaan. Niiden silmin ha-

vaitseminen, ja siten toimenpiteiden tehokas kohdentaminen, ei kuitenkaan enää ole mahdollista.

Puomituksen tarkoituksena on rajata ja estää öljyä leviämistä sekä rikastaa sitä tehokkaammin kerättävään kerrospaksuuteen. Samalla lautan haihtuminen hidastuu, koska paksummassa (> 4 mm) öljykalvossa haihtuvien yhdisteiden diffuusiomatka kalvon pinnalle on pidempi. Haihtuminen voi joissakin tapauksissa hidastua myös heikommin haihtuvien yhdisteiden, kuten vahojen ja hartsien, muodostaessa kuoren öljyn pinnalle. Tätä tapahtuu pääasiassa maalla silloin, kun öljy ei pääse kosketuksiin veden kanssa.

ÄLYKÖN DEMONSTRAATIOKOKKEET BIOPOLTTOAINEILLE JA -NESTEILLE

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Älykö-hankkeessa (2015–2017) selvitettiin biopohjaisten polttoaineiden käyttäytymistä kolmen demonstraatiokokeen avulla: vedessä, maaperässä ja erilaisilla imeytystuotteilla.

Ensimmäisessä demonstraatiokokeessa havainnollistettiin eri öljytuotteiden ja biopolttoväyten käyttäytymistä, kuten kellumista, vajoamista, dispersoitumista, emulgoitumista ja haihtumista järvivedessä eri lämpötiloissa. Koe toteutettiin litran lasiastioissa, joissa oli 600 ml luonnon makeaa vettä. Veteen kaadettiin 20 ml polttoainetta. Kokeessa mukana olleet biopolttoväyten olivat uusiutuva diesel NExBTL, korkeaseosetanoli (E85) ja pyrolyysiöljy Fortum Otso®. Biopolttoväyten käyttäytymistä verrattiin fossiilisiin polttoaineisiin: kokeessa mukana olivat diesel, bensiini 95E10, raskas polttoöljy Neste 420 ja vähärikkinen laivapolttoväyten Neste RMB. Kokeissa käytetty pyrolyysiöljy saatiin Fortum Oyj:ltä ja NExBTL, Neste 420 ja Neste RMB Neste Oyj:ltä. Muut polttoväyten haettiin jakeluasemalta.

Jokaiselle polttoväyten tehtiin kaksi rinnakkaista käsittelyä. Polttoväyten lisäyksen jälkeen polttoväyten-vesiseoksia sekoitettiin magneettisekoittajalla 24 tuntia huoneenlämmössä. Lämpötilan vaikutusta polttoväyten käyttäytymiseen selvitettiin jatkamalla sekoitusta 24 tuntia +4 °C:ssa ja seisottamalla 2 tuntia -20 °C:ssa. Koetta jatkettiin 14 vuorokautteen asti sekoittamalla seoksia ravistelijassa huoneen-

lämmössä. Tämän jälkeen polttoväyten annettiin haihtua vetokaapissa ilman sekoitusta. Haihtuvien yhdisteiden pitoisuus (VOC), pH, lämpötila ja paino mitattiin kokeen alussa ja kaikkien edellä kuvattujen kokeen vaiheiden yhteydessä. Haihtuvien yhdisteiden mittausta tehtiin PID-mittarilla (Ion Science ProCheck Tiger) koeastioiden ilmatilasta. Öljyhiiliväyten kokonaispitoisuus (TPH, total petroleum hydrocarbons) määritettiin InfraCal 2 ATR-SP -analysaattorilla (Wilks Enterprise) 24 tunnin ja 14 vuorokauden jälkeen. Vesinäytteet (100 ml) otettiin pipetillä öljykalvon alapuolelta. Polttoväyten kulkeutumista maaperässä selvitettiin kolonnikokein. Molempien kokeiden tulokset on raportoitu Älykön loppuraportin artikkelissa *Demonstraatiokokeet biopolttoväyten käyttäytymisestä vedessä ja maaperässä* (Malk & Zhaurova 2017).

Lisäksi Älykö-hanke selvitti imeytystuotteiden imukykyä sekä muun muassa säiliömateriaalien soveltuvuutta eri biopolttoväytenille. Lisätietoa materiaalikokeesta löytyy artikkelista *Öljyntorjuntamateriaalien testaus biopolttoväytenillä laboratorioissa* (Malk & Ryndov 2017).

Lisätietoa Älykön loppuraportista: V. Malk (toim.) *Itä-Suomen maa-alueiden ja Saimaan vesistöalueen öljyn ja vaarallisten aineiden varastoinnin ja kuljetusten ympäristöriskien älykäs minimointi ja torjunta*.

Haihtuminen muuttaa öljyn ominaisuuksia merkittävästi. Suurin vaikutus haihtumisella on jäljelle jääneen öljyn tiheyteen ja viskositeettiin. Haihtumisen merkitystä voidaan kuvata seuraavalla, fossiilisiin öljyihin kohdistuvalla esimerkillä. Jos öljystä haihtuu 40 %, sen viskositeetti saattaa kasvaa tuhatkertaiseksi, tiheys kymmenkertaiseksi ja leimahduspiste nousta 400 %. Samanlaiset nyrkisäännöt biopohjaisille polttoaineille ovat vielä muodostamatta.

4.7 EMULSIO JA DISPERSIO

Emulsion muodostus on haihtumisen rinnalla tärkeä öljyn käyttäytymiseen vaikuttava mekanismi. Emulsiossa vesipisararat sekoittuvat öljyyn. Haihtuminen lisää emulsion muodostumisen mahdollisuutta, samoin öljyn korkea asfalteenipitoisuus. Emulgoitumiseen vaikuttavat öljyn ominaisuuksien lisäksi sää ja aallokko. Rauhallisessa aallokossa emulgoitumista tapahtuu vain muutamille, erittäin kevyille öljyalaaduille. Öljy saattaa emulgoitua myös auringon valon vaikutuksesta.

Emulsion muodostumisen myötä öljyn leviäminen hidastuu. Emulgoituminen vaikuttaa öljyntorjuntaan kahdella merkittävällä tavalla. Ensinnäkin se lisää nesteen viskositeettia: toisilla öljyillä jopa tuhatkertaiseksi mutta esimerkiksi viskositeetiltaan moottoriöljyn kaltaisilla kolminkertaiseksi. Toiseksi: emulgoituminen kasvattaa öljyn tilavuutta. Tilavuus voi kasvaa jopa viisinkertaiseksi, ja emulsion vesipitoisuus voi olla 60–80 %. Molemmat muutokset vaikeuttavat öljyn kerättävyyttä harjakeräimillä tai jopa estävät sen. Myös emulsion tiheys on suurempi kuin alkuperäisen öljyn. Kevyet öljytuotteet todennäköisesti kelluvat myös emulgoituneina, mutta raskaat polttoöljyt voivat emulgoituneina menettää kellumiskykynsä suhteellisen helposti. Emulsion muodostumisen myötä haiht-

tuminen ja biohajoaminen hidastuvat ja veteen liukeneminen pysähtyy.

Dispersiossa öljypisararat sekoittuvat veteen. Dispersion muodostuminen riippuu öljyalaadusta, viskositeetista, pintajännityksestä ja sekoittumisenergian suuruudesta, kuten aallokosta ja turbulenssista. Biodiesel dispersoituu veteen herkemmin kuin tavallinen diesel, ja myös sen taipumus muodostaa maitomaista emulsiota on merkittävä. Älykö-hankkeen demonstraatiokokeen perusteella useimmilla polttoaineilla dispersoituminen ja emulgoituminen oli voimakkaampaa viileässä (+5 °C) kuin huoneenlämmössä. Tämä on merkityksellinen havainto, sillä emulgoitumisherkkää öljyä neuvotaan esimerkiksi pesemään kylmällä vedellä (ja toki pienellä paineella). Lämpimämmän veden käyttö biopolttoaineilla saattaisi siten vähentää dispersoitumisen tai emulgoitumisen riskiä. Dispersoituminen veteen voi nopeuttaa biohajoamista.

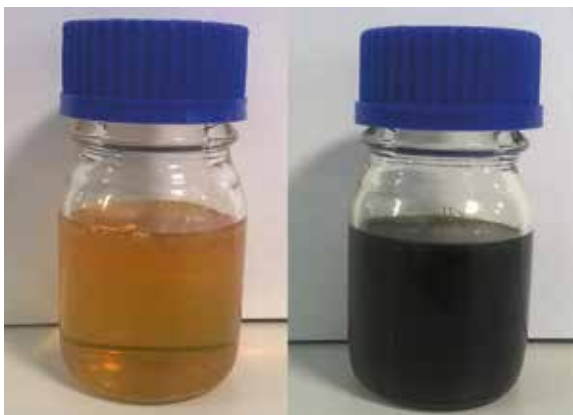
Öljyä voidaan hajoittaa vesipatsaaseen myös tarkoituksellisesti, ns. dispersantteja käyttämällä. Dispersanttien haasteeksi on nähty, ettei öljy poistu luonnosta, päinvastoin: luontoon lisätään kemikaaleja. Lisäksi öljylle altistuu eliöitä ja lajeja, jotka muutoin säästyisivät öljyn vaikutuksilta. Dispersoitu öljy saattaa nousta uudelleen pintaan, kuten kävi esimerkiksi Meksikonlahden öljyvahingossa. Dispersanttien käyttö edellyttää riittävän syvää, noin 20 metrin syvyistä vettä, jotta dispersoitu öljy pääsee laimentumaan riittävästi. Dispersanttien käyttö edellyttää myös riittävää veden vaihtuvuutta. Edellä mainituista syistä pelastuslaki (29.4.2011/379) antaa mahdollisuuden dispersanttien käyttöön vain poikkeustapauksissa. Suomen ympäristökeskus tutkii ns. uuden sukupolven dispersanttien käyttöä.

5 ÖLJYTUOTTEIDEN OMINAISUUDET

Öljyjen ominaisuudet ovat hyvin vaihtelevia. Siten vahingon sattuessa tulee perehtyä juuri kyseisen öljyn tai öljytuotteen ominaisuuksiin. Tiedon lähteenä voidaan hyödyntää esimerkiksi C-osaimiskeskusta, aineiden käyttöturvatieotteita sekä ainerekisterejä, kuten European Chemicals Agency (ECHA) rekisteriä tai Oil Properties Database -tietokantaa.

5.1 KEVYET LAIVAPOLTTOAINEET (MDO, MGO)

Laivapolttaineet MDO ja MGO, joista käytetään puhekielessä myös yhteisnimitystä kevyet laivapolttoöljyt, ovat tislauksessa erotettujen jakeiden seoksia. Meriliikenteessä käytettävät tislepolttaineet, DMX- ja DMA-laadut, tunnetaan meriliikenteessä käytettynä kaasuöljynä MGO, jonka lyhenne tulee sanoista Marine Gas Oil. DMB- ja DMC-laadut ovat meriliikenteessä käytettyjä dieselöljyjä eli meridieseliä (MDO, Marine Diesel Oil). Tuotteilla Marine Diesel Oil (MDODMB) ja Marine Gas Oil (MGODMA, MGO) on hyvin samantyyppiset ominaisuudet ja yhteinen käyttöturvallisuustiedote. Molemmat ovat vettä kevyempiä, ja niiden kinemaattinen viskositeetti sijoittuu välille 2,0...11,0 mm²/s 40 °C:n lämpötilassa. DMB- ja DMA-tuotteet käyttäytyvät hyvin dieselin kalta-



KUVA 2

Marine Diesel Oil DMB -tuotespesifikaatio on laaja: tuote voi olla kirkasta tai tummaa.
HARTIKKA 2015.

sesti. Samepistettä alemmassa lämpötilassa parafiinit alkavat kiteytyä. Esimerkiksi eräällä DMB-laadulla samepiste on +12 °C.

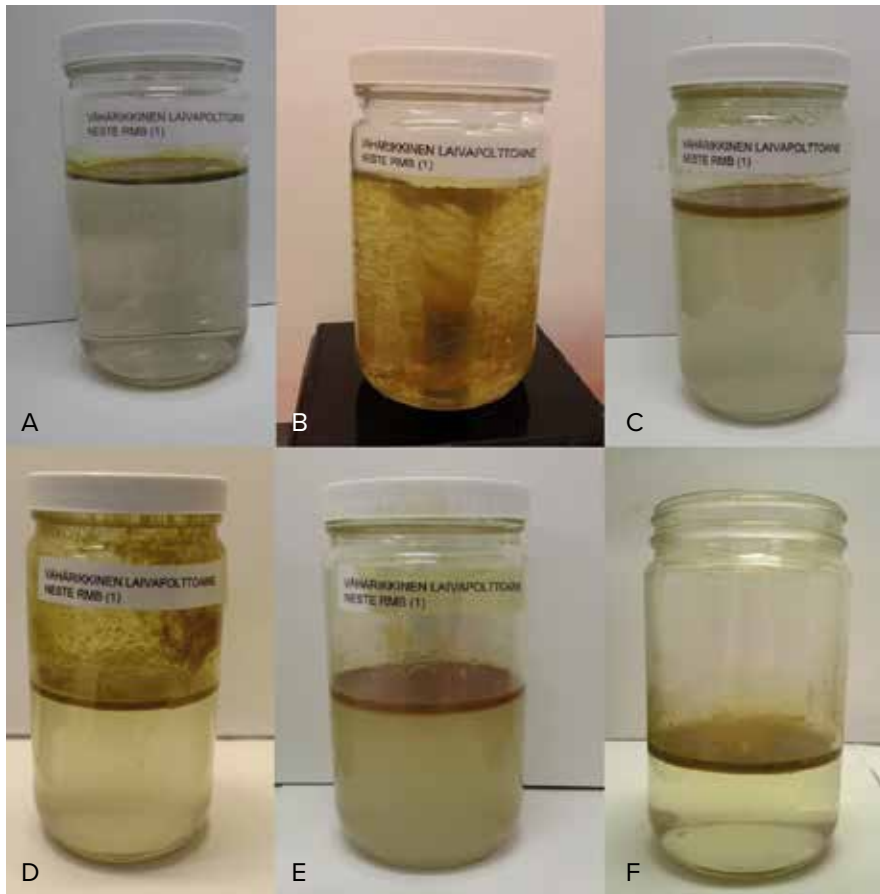
5.2 VÄHÄRIKKISET LAIVAPOLTTOAINEET

Nesteen valikoimista löytyy kolmea vähärikkistä laivapolttainetta: Neste RMB sekä jo edellä mainitut Neste MGO DMA ja Neste MDO DMB. Neste RMB:n viskositeetti on hieman suurempi (8–12 mm²/s 50 °C:ssa) kuin MGO- ja MDO-laatuojen (4–11 mm²/s 40 °C:ssa). Älykön demonstraatiokokeissa (kuva 3) vähärikkisen Neste RMB:n käyttäytymisen vedessä muistutti dieselin käyttäytymistä. Vuorokauden magneettisekoituksen jälkeen vesi näytti sameammalta kuin dieselillä. Öljyhiilivetyjen pitoisuutta määrittävällä InfraCal-analysaattorilla mitattu TPH-pitoisuus eli kokonaisöljyhiilivetyjen pitoisuus (Total Petroleum Hydrocarbons) oli kuitenkin alhaisempi (135 ppm) kuin dieselillä (253 ppm).

Kylmässä Neste RMB muuttui vaaleammaksi, jähmettyi ja takertui koeastian seinämille. Öljykalvo emulgoitui sekoituksessa, mutta kalvossa ei havaittu selvää muutosta huoneenlämpöön verrattuna. Pakkasessa öljykalvo muuttui huokoiseksi ja rakeiseksi ja jäättyi toisin kuin muilla testatuilla polttoaineilla. Kahden viikon sekoituksen jälkeen Neste RMB näytti melko samalta kuin vuorokauden sekoituksen jälkeen. Veden TPH-pitoisuus (112 ppm) oli samalla tasolla tai hieman pienempi kuin 24 tunnin sekoituksen jälkeen.

5.3 DIESEL JA BENSIINI

Öljynjalostusprosessissa muodostuvia kevyitä öljytuotteita ovat muun muassa bensiini ja diesel. Kevyet, ns. ei-pysyvät öljytuotteet yleensä haihtuvat suhteellisen nopeasti, elleivät ole peittyneinä tai hautautuneina. Veteen joutuessaan kevyestä polttoöljystä haihtuu olosuhteista ja öljyalaadusta riippuen 48 tunnin kuluessa 30–50 %. Bensiinituotteiden osalta haihtuminen on vielä voimakkaampaa, jolloin haihtumisaste voi olla samas-



KUVA 3

Vähärikkisen laivapolttoaineen Neste RMB:n käyttäytyminen makeassa vedessä:

- a) 1 vrk: 5 minuuttia öljyn lisäämisen jälkeen,
- b) 1 vrk: magneettisekoituksessa,
- c) 2 vrk: 5 minuuttia 24 tunnin magneettisekoituksen jälkeen,
- d) 3 vrk: 5 minuuttia 24 tunnin magneettisekoituksen jälkeen +5 °C:ssa,
- e) 14 vrk: 5 minuuttia 12 vuorokauden ravistelijassa sekoituksen jälkeen,
- f) 21 vrk: haihtunut kansi auki vetokaapissa viikon.

MALK & ZHAUROVA 2017.

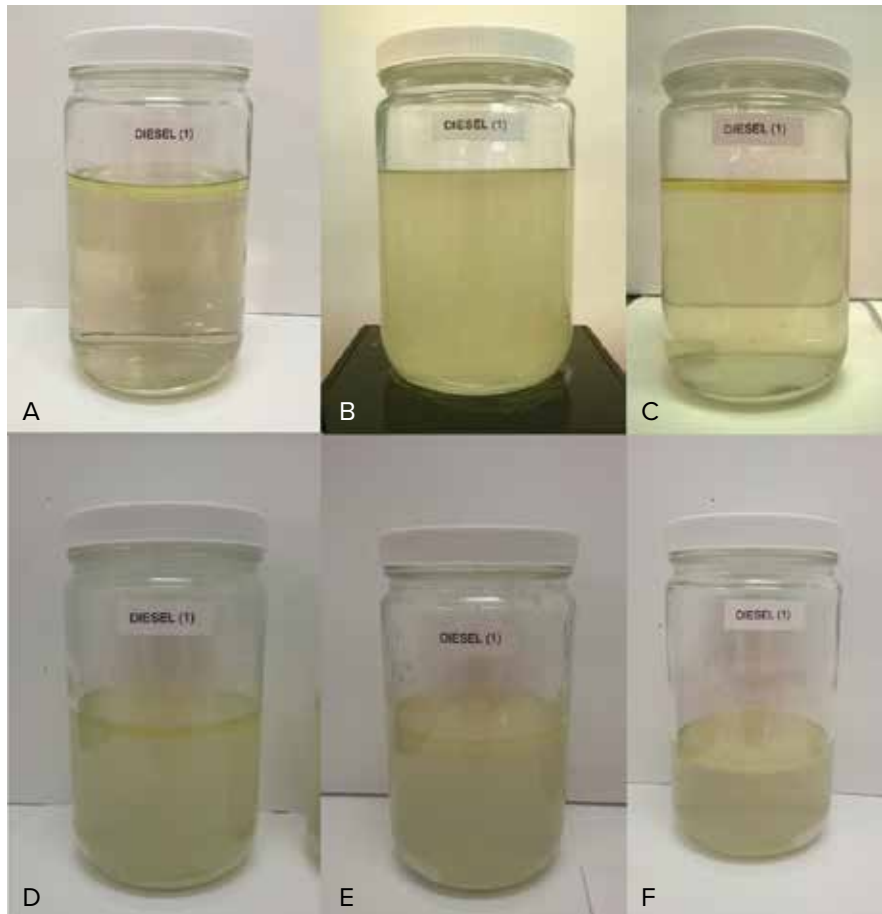
sa ajassa 70–80 %. Bensiini ja diesel säästyvät suurimmaksi osaksi haihtumisen kautta. Dieselin haihtuminen on hitaampaa polttoaineessa olevien raskaampien ainesosien takia. Dieselin höyrnpaine on selvästi alhaisempi kuin esimerkiksi raskaalla polttoöljyllä. Diesel muodostaa veden pinnalle hyvin ohuen kalvon, ja alhaisen viskositeetin vuoksi diesel dispersoituu helposti veteen aaltoliikkeen vaikutuksesta. Veteen dispersoitunut diesel voi myös sitoutua hienoon kiintoaineseen ja sedimentoitua, mutta pienessä vuodossa sedimentoituminen ei todennäköisesti aiheuta merkittävää pohjan pilaantumista.

Veteen vuotaneen öljyn haihtumiseen ja haihtumisnopeuteen vaikuttavat monet muuttujat. Empiiristen kokeiden mukaan luodut laskentakaavat esittävät eri diesellaatujen haihtumisprosentteiksi 9–50 % (keskiarvo 25 %) yhden vuorokauden jälkeen ja 24–77 % (keskiarvo 47 %) seitsemän vuorokauden jälkeen. Veden lämpötilalla on vaikutusta haihtumiseen. Esimerkiksi veden lämpötilan ollessa 0–5 °C dieselöljyn haihtumisprosentiksi

on kahden vuorokauden aikana saatu 5–20 %. Haihtuminen vähentää vedessä olevien kevyiden öljyjen kokonaismäärää, mutta kevyiden öljyjen kaikkein myrkyllisimmät ainesosat jäävät vesimassaan. Kevyet öljyalaadut ovat vesiympäristölle öljyhiilivedyistä myrkyllisimpiä. Dieselin toksisuus on suurempi verrattuna esimerkiksi raskaaseen polttoöljyyn mutta alhaisempi kuin bensiinin. Diesel hajoaa mikrobin vaikutuksesta parin kuukauden sisällä.

Kevyet öljyt muodostavat ns. ”epästabiilin” emulsion. Tämä tarkoittaa, että öljyyn sitoutunut vesi pysyy emulsiossa vain lyhyen ajan. Epästabiilin emulsion viskositeetti on yleensä enimmillään 20-kertainen alkuperäiseen öljyyn verrattuna.

Älykön demonstraatiokokeessa (kuva 4) diesel muodosti veteen kaadettaessa kalvon veden pinnalle. Huoneenlämmössä sekoitettaessa diesel sekoittui veteen. Vuorokauden sekoittamisen (magneettisekoitus) jälkeen diesel nousi nopeasti takaisin kalvoksi veden pinnalle, ja kalvo



KUVA 4

Dieselin käyttäytyminen makeassa vedessä:

- a) 1 vrk: 5 minuuttia öljyn lisäämisen jälkeen,
- b) 1 vrk: magneettisekoituksessa,
- c) 2 vrk: 5 minuuttia 24 tunnin magneettisekoituksen jälkeen,
- d) 3 vrk: 5 minuuttia 24 tunnin magneettisekoituksen jälkeen +5 °C:ssa,
- e) 14 vrk: 5 minuuttia 12 vuorokauden ravistelijassa sekoituksen jälkeen,
- f) 21 vrk: haihtunut kansi auki vetokaapissa viikon.

MALK & ZHAUROVA 2017.

näytti samalta kuin kokeen alussa. Kylmässä (+5 °C) sekoittamisen jälkeen vesi oli sameampaa huoneenlämpöön verrattuna, eli kylmässä diesel pysyi voimakkaammin veteen dispersoituneena. Öljykalvo oli myös hieman emulgoituneempi kuin huoneenlämmössä. Kokeen perusteella ei voida varmasti sanoa, johtuuko voimakkaampi dispersoituminen tai emulgoituminen lämpötilasta vai sekoituksen kestosta. Pakkasessa öljykalvo pysyi sulana jään päällä. Kahden viikon sekoituksen jälkeen (ravistelija) vesi näytti samealta ja öljykalvo oli selvästi emulgoitunut. Kokeen jälkeen koeastioita pidettiin avonaisina vetokaapissa viikko. Veden pinnalla oli edelleen selvä, emulgoitunut öljykalvo, ja vesi näytti samealta.

5.4 RASKAS POLTTOÖLJY

Jalostusprosessin tislauksjäännösöljyä kutsutaan raskaaksi polttoöljyksi (RPÖ, Heavy Fuel Oil, HFO).

Raskaan polttoöljyn tiheys on lähellä veden tiheyttä tai sen yläpuolella, ja sen viskositeetti on korkea.

Venäläiset raakaöljyt ja mazutit ovat yleensä keveämpiä kuin suomalaiset raskaat polttoöljyt. Niissä on jäljellä enemmän keveitä fraktioita kuin suomalaisissa raskaissa öljyissä. Esimerkiksi Suomenlahdella yleisen venäläisen mazut-raskaspolttoöljyn tiheys on keskimäärin 0,921 kg/dm³. Raskaan venäläisen mazut-polttoöljyn haihtuminen on merkityksettömän vähäistä, mutta dispergoituminen samaa luokkaa, jopa hieman runsaampaa kuin raakaöljyllä.

Raskaan polttoöljyn viskositeetti ilmaistaan lyhenteen HFO jatkona: esimerkiksi HFO 380 tarkoittaa öljyn viskositeetin olevan maksimissaan 380 mm²/s 50 °C:n lämpötilassa. Korkean viskositeetin takia raskas polttoöljy on normaalilämpötilassa jähmeää ja sen pumpattavuus edellyttää lämmit-

TAULUKKO 1 Raskaiden laivapolttoaineiden (HFO 180 ja HFO 380) sekä raskaan teollisuuspolttoöljyn (PORL) tyypillisiä ominaisuuksia.
JOLMA ET AL. 2018, 22.

OMINAISUUS	PORL 100	PORL 180	PORL 300	PORL 420	HFO 180	HFO 380	PORHK 2000
Viskositeetti							
–50°C:ssa, mm ² /s (laskettu)	80–100 95	140–180 170	160–300 290	220–420 400	140–180 170	300–380 309	max 2050 1690
–80°C:ssa	23,2–27,4 27	35,1–42,2 41,3	38–60 58	48–79 75	35–43 38	61–73 63	max 248 210
Tiheys 15°C:ssa, kg/m ³ EN ISO12185	900–1000 1000	910–1020 1000	920–1020 1005	920–1020 1005	900–991 980	900–991 989	max 1040 1010
Jähmepiste, °C ISO 3016	< 15 < 5	< 15 < 5	< 15 < 10	< 15 < 10	max 15 < 5	max 30 10	10
Leimahduspiste, °C EN ISO 2719	> 65 80	> 65 80	> 65 95	> 65 95	min 60 70	min 65 107	min 75 110

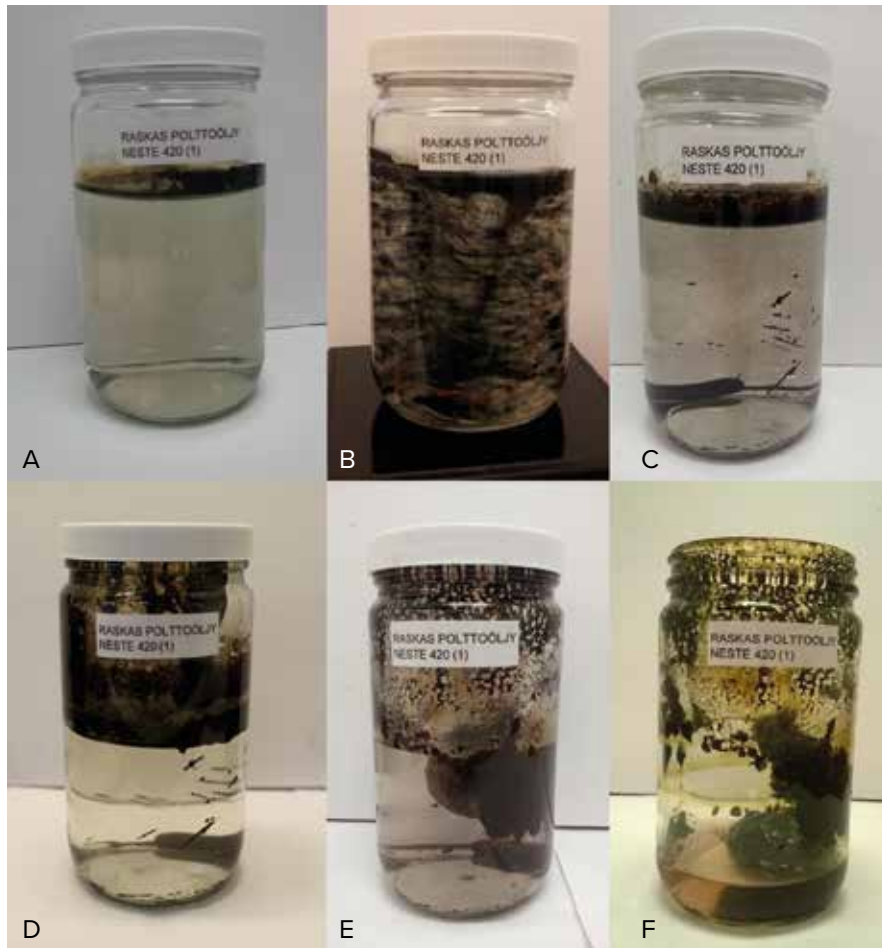
TAULUKKO 2 Venäläisen polttoöljyn (mazut) määritelmät GOST 10585-99 standardissa.
JOLMA ET AL. 2018, 21.

OMINAISUUS	F-5	F-12	M-40	M-100
Viskositeetti				
–50°C:ssa, cSt	36,2	89		
–80°C:ssa			59	118
Tiheys 20°C:ssa, kg/m ³	955	960	standardi ei määritä	standardi ei määritä
Jähmepiste, °C	–5	–8	10 (25 kun valmistettu korkeaparaafiinisesta RÖstä)	25 (42 kun valmistettu korkeaparaafiinisesta RÖstä)
Leimahduspiste, °C	80	90	90	110

tämistä. Siten esimerkiksi bunkrauksen yhteydessä sattuvassa vuodossa lämmitettynä käsiteltävä RPÖ leviää nopeasti aluksen kannelle, laiturille tai veteen, missä se sitten jähmettyy nopeasti sitkeäksi tahnaksi. Veteen vuotanut raskas polttoöljy jähmettyy ja on käytännössä haihtumatonta. Raskaan polttoöljyn kerääminen harjakeräimillä on tehokkaampaa kuin kevyen, koska öljyn tarttuvuus harjoihin on suurempaa.

Raskaiden öljyjen ominaisuuksissa on eroavaisuuksia. Joidenkin raskaiden öljyjen tiheys voi olla vettä suurempi, jolloin ne vajoavat pinnan alle vaikeuttaen näin öljylautan paikantamista. Vajonnut öljy kulkeutuu joko pohjassa tai veden välikerroksessa virtausten mukana. Vajoava öljy on suuri haaste öljyntorjunnalle. Puomeilla pys-

tytään käytännössä rajaamaan veden pinnassa olevan öljyn leviämistä. Myös useat öljynkeräimet soveltuvat vain melko lähellä pintaa olevan öljyn keräämiseen. Raskas polttoöljy saattaa muodostaa öljypaakkuja, jotka ulottuvat veden pinnasta kymmenien senttimetrien syvyyteen. Tämä todentui myös Älykö-hankkeen demonstraatiokoosteessa, jossa raskas polttoöljy poikkesi muista polttoaineista paakkuuntuen sekoituksessa vedessä uppoaviksi palloiksi, ks. kuva 5. Tahmea ja jäykkä raskas polttoöljy aiheuttaa lisähaasteita keräykseen ja välivarastointiin, sillä esimerkiksi siirtoletkuja tulee lämmittää, jotta ne eivät tukkeudu. Rannalle ajautuneet raskaat öljyjakeet imeytyvät vain maaperän pintakerrokseen, arviolta noin 25 senttimetrin syvyyteen.



KUVA 5

Raskaan polttoöljyn Neste 420 käyttäytyminen makeassa vedessä: a) 1 vrk: 5 minuuttia öljyn lisäämisen jälkeen, b) 1 vrk: magneettisekoituksessa, c) 2 vrk: 5 minuuttia 24 tunnin magneettisekoituksen jälkeen, d) 3 vrk: 5 minuuttia 24 tunnin magneettisekoituksen jälkeen +5 °C:ssa, e) 14 vrk: 5 minuuttia 12 vuorokauden ravistelijassa sekoituksen jälkeen, f) 21 vrk: haihtunut kansi auki vetokaapissa viikon. MALK & ZHAUROVA 2017.

Demonstraatiokokeissa raskas polttoöljy muodosti kalvon veden pinnalle. Huoneenlämmössä sekoitettaessa raskas polttoöljy sekoittui veteen. Vuorokauden sekoittamisen (magneettisekoitus) jälkeen se nousi takaisin kalvoksi veden pinnalle, mutta viiden minuutin seisotuksen jälkeen vedessä oli selvästi havaittavissa öljypisaroita. Kylmässä sekoitettaessa raskas polttoöljy takertui koeastioiden seinämille todennäköisesti öljyn jähmettymisestä johtuen. Pakkasessa raskas polttoöljy muodosti kumimaisen maton jään päälle ja koeastian seinämille. Kahden viikon sekoituksen jälkeen (ravistelija) raskas polttoöljy oli vatkaunut palloiksi ja uponnut koeastian pohjalle. Osa oli edelleen takertuneena koeastioiden seinämille. Vesi näytti kirkkaalta. Kokeen jälkeen koeastioita pidettiin avonaisina vetokaapissa viikko. Tänä aikana vesi haihtui koeastioista osittain, mutta öljy oli edelleen palloina tai seinämille takertuneena eikä silminnähtäviä muutoksia havaittu.

5.5 KESKIRASKAS POLTTOÖLJY

Keskiraskaan polttoöljyn (Intermediate Fuel Oil, IFO) tiheys on tavallisesti noin 890–910 kg/m³. Sen viskositeetti on raskasta polttoöljyä huomattavasti alempi, kuten IFO180, jossa IFO-lyhenteen liite 180 kertoo polttoaineen viskositeetin olevan korkeintaan 180 mm²/s 50 °C:n lämpötilassa. Keskiraskaiden polttoöljyjen taipumus dispersoitua aallokossa on suurempi kuin raskaiden polttoöljyjen.

5.6 RAAKAÖLJY

Raakaöljy koostuu useista hiilivety-yhdisteistä, jotka vaihtelevat molekyylipainoltaan keveistä, haihtuvista yhdisteistä suuriin, molekyylipainoltaan haihtumattomiin yhdisteisiin. Tärkeimpiä raakaöljyn sisältämiä yhdisteitä ovat muun muassa n-, iso- ja sykloalkaanit, aromaattiset hiilivedyt,

hartsit ja asfaltaanit. Funktionaalisten ryhmien perusteella raakaöljystä voidaan erotella esimerkiksi erilaisia fenoli-, kinoliini-, indoli-, tiofeeni-, karbatsoli-, karboksyylihappo-, porfyriini-, ketoni-, furaani- ja asetaattiyhdisteitä.

Suomenlahdella yleisesti kuljetettavan venäläisen raakaöljyn tiheys on 0,834 kg/dm³.

TAULUKKO 3 Venäläisen raakaöljyn määritelmä GOST TU39-1623-93 standardissa. JOLMA ET AL. 2018, 21.

OMINAISUUS	REBCO
Viskositeetti	
-20°C:ssa, cSt	4,92
-80°C:ssa	16
Tiheys 20°C:ssa, kg/m ³	870
Leimahduspiste, °C	35 (in locked cubicle)

Raakaöljyn kevyet ainesosat haihtuvat suhteellisen nopeasti: ilman lämpötilan ollessa enemmän kuin 0 °C kevyemmät raakaöljyn ainesosat, kuten bentseeni, haihtuvat kokonaan jo muutamassa päivässä. Venäläisestä raakaöljystä haihtuu ensimmäisen kuuden tunnin aikana 10 % ja vuorokaudessa 25 % ja jäljellä oleva öljy on melko raskasta. Tämyntyyppisen aineen keräämisestä harjakauhalla saatiin kokemusta Vainikkalan vahingossa. Emulsoituneen, runsaasti vettä sisältävän hyytelömäisen raakaöljyn kerääminen voi olla vaikeaa harjalaitteillakin.

Raakaöljystä haihtuva bentseeni on syttyvä kaikissa olosuhteissa ja muodostaa vaaran, mikä tulee huomioida kaikissa toiminnoissa vahinkoalueella. Raakaöljy, erityisesti sen suurimolekyylisimmät ja raskaimmat hiilivety-yhdisteet, liukenevat huomasti veteen. Osa raakaöljyn yhdisteistä on kuitenkin polaarisia johtuen muun muassa niiden tyyppiä, rikkiä ja happea sisältävistä funktionaalista ryhmistä. Polaarisuuden kasvaminen esimerkiksi hapettumisen yhteydessä lisää joidenkin öljy-yhdisteiden vesiliukoisuutta. Raakaöljy muodostaa veden kanssa herkästi vesi-öljyemulsiota.

Mereen vuotaneen raakaöljyn käyttäytymiseen vaikuttavat erityisesti neljä yhdisteryhmää: alkaanit eli saturaatit, aromaattiset hiilivedyt, hartsit

ja asfalteenit. Torjuntatyön turvallisuuden vuoksi on lisäksi selvitettävä ns. BTEX-yhdisteiden (bentseeni, tolueni, etyyli-bentseeni ja ksyleeni) kokonaismäärä. BTEX-yhdisteet ovat hyvin myrkyllisiä niin öljyntorjuntahenkilöstölle kuin meriekosysteemeillekin. Erityisesti bentseenillä on erittäin haitallisia sekä välittömiä että pitkäaikaisia terveydellisiä vaikutuksia (ks. lisätietoa vihkosta 5A). BTEX-yhdisteet haihtuvat suureksi osaksi nopeasti öljyvuodon jälkeen.

5.7 KASVIÖLJYT

Kasviöljyillä tarkoitetaan kasveista, kuten öljypalmusta, soijapavuista tai rapsista, tuotettua öljyä, jota hyödynnetään elintarvikekäytössä ja esimerkiksi biodieselin valmistuksessa.

Maailmalla, pääasiassa USA:ssa ja Kanadassa, sattuneissa kasviöljyjen vahingoissa havaitut ympäristövaikutukset ovat olleet pääasiassa kasviöljyn biohajoamisesta johtuva hapen kuluminen, jolloin eliöitä on kuollut hapen puutteeseen. Lisäksi monessa kasviöljyvahingossa on tahriintumisen seurauksena kuollut paljon lintuja. Joidenkin kasviöljyjen on havaittu hapettuvan ja polymerisoituvan ympäristössä voimakkaasti, jolloin niiden biohajoaminen heikkenee merkittävästi.

Kasviöljyjen kirjo sisältää sekä juoksevia ja kelluvia öljyjä että kiinteitä, uppoavia öljyjä. Kelluvien öljyjen keräämiseen suositellaan kaulusskimmereitä ja esimerkiksi palmunydinöljyyn verkkonuotta.

5.8 BIPOHJAISET POLTTOAINEET

Direktiivi 2009/98/EY määrittelee biopolttoaineiksi nestemäiset tai kaasumaiset liikenteessä käytettävät polttoaineet, jotka tuotetaan biomassasta. Bionesteillä tarkoitetaan biomassasta muuhun energiakäyttöön kuin liikennettä varten, esimerkiksi lämmitykseen, tuotettuja nestemäisiä polttoaineita. Bioöljyllä tarkoitetaan pyrolyysimenetelmällä biomassasta valmistettavaa öljyä.

Konventionaaliset öljyntorjuntamenetelmät on suunnattu pääsääntöisesti vettä kevyempien, kelluvien ja veteen liukenemattomien aineiden torjuntaan. Bioöljyn eli pyrolyysiöljyn ja muiden biopolttoaineiden, kuten bioetanolin ja korkease-



KUVA 6

Biopolttoaineilla ja uusiutuvilla polttoaineilla on huomattavia keskinäisiä ominaisuuseroja. Kuvan polttoaineet ovat vasemmalta oikealle lueteltuina NExBTL, korkeaseosetanoli E85, petrodiesel ja pyrolyysiöljy.
HALONEN 2016.

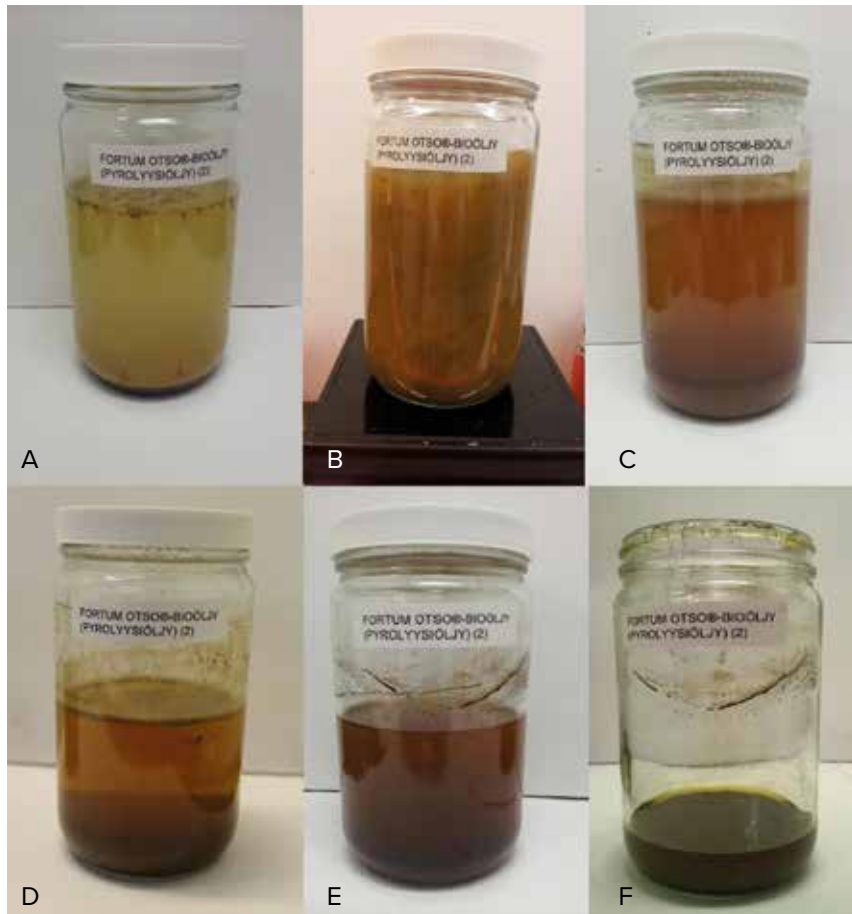
osetanolin, ominaisuudet ja käyttäytyminen kuitenkin poikkeavat näissä kohdin osin fossiilisista polttoaineista. Samat torjunta- ja keräysmenetelmät vaikuttavat osittain käyttökelpoisilta, osittain eivät. Biopolttoaineista onkin harhaanjohtavaa puhua yhtenä tuoteryhmänä niiden suurten keskinäisten ominaisuuserojen vuoksi. Tutkittua tietoa biopohjaisten polttoaineiden vuotokäyttäytymisestä ja torjuntaan vaikuttavista ominaisuuksista ei Älykön laboriotestien lisäksi ole saatavilla. Myöskään keräyskaluston tehokkuutta kyseisillä aineilla ei ole selvitetty.

Pyrolyysiöljy poikkeaa merkittävästi perinteisistä öljytuotteista. Suomessa Fortum valmistaa nopeapyrolyysiprosessin avulla Fortum Otso -bioöljyä puuperäisestä raaka-aineesta, kuten metsätähteestä, hakkeesta tai sahanpurusta. Pyrolyysiöljy vaikuttaa öljyntorjunnan kannalta haastavalta aineelta. Se on monimutkainen seos, joka koostuu ominaisuuksiltaan hyvin erilaisista yhdisteistä. Pyrolyysiöljyn vesipitoisuus on 20–30 painoprosenttia ja veteen liukenematon osuus 6–25 painoprosenttia. Älykö-hankkeen kokeissa (kuva 7) havaittiin, että pyrolyysiöljyn vesiliukoinen osuus liukeni nopeasti veteen, kun taas vettä tiheämpi, veteen liukenematon osuus painui pohjalle. Veden pintakerroksissa kelluva öljyvuomi ei siten rajoita pyrolyysiöljyn leviämistä. Pyrolyysiöljy on vähemmän biohajoavaa kuin tavallinen diesel mutta hieman haihtuvampaa. Haihtuvuus on alussa voimakasta, mutta se hidastuu kevyempien yhdisteiden poistuttua. Lisäksi pyrolyysiöljyn happamuus, pH 2–3, tulee huomioida keräys- ja välivarastointimateriaalien valinnassa.

Biodieselillä tarkoitetaan rasvahappojen metyyli-estereitä (FAME), jotka valmistetaan transesteröimällä kasviöljyistä, eläinrasvoista, kasviperäisestä jäteöljystä tai mikroleväöljystä. Öljyntorjuntaan vaikuttavia biodieselin ominaisuuksia ovat sen taipumus muodostaa maitomaista dispersiota sekä sen korkea jähmepiste. Biodiesel alkaa kiinteytyä 0 ja 15 °C:n välillä sen lähtöaineesta riippuen. Biodieselin viskositeetti on suurempi kuin petrodieselillä, se haihtuu heikommin kuin tavallinen diesel ja poistuu luonnosta pääasiassa biohajoamalla. Biodieselin vesiliukoisuus on vähäistä.

Bioetanoli on maailmanlaajuisesti tunnetuin ja eniten käytetty biopolttoaine. Euroopassa pääraaka-aineet ovat sokerijuurikas ja vehnä, mutta Suomessa St1 tuottaa bioetanolia elintarviketeollisuuden jätteistä sekä kauppojen ja kotitalouksien biojätteistä. E85 on FlexFuel-autoissa käytettävä polttoainelaatu, jossa on 80–85 % bioetanolia ja 15–20 % bensiinin erikoiskomponentteja.

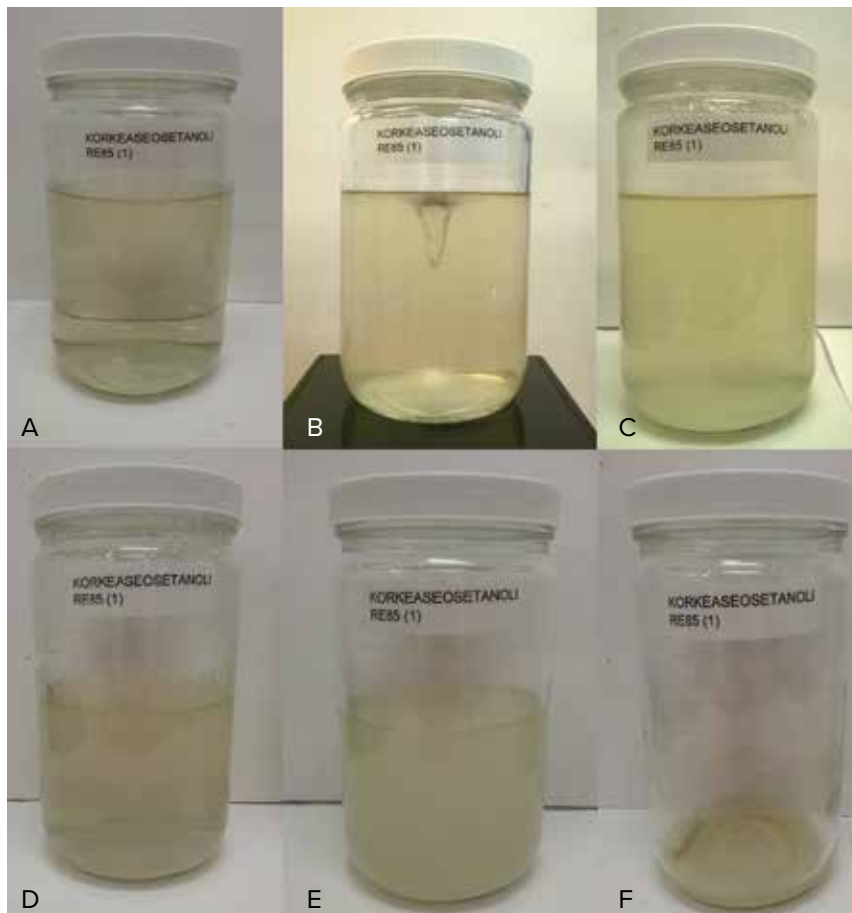
Bioetanoli ja korkeaseosetanoli E85 ovat haihtuvuudeltaan bensiinin kaltaisia. Vedessä tai märässä maassa bioetanolin haihtuminen on heikompa aineen korkean vesiliukoisuuden vuoksi. Vedessä biohajoaminen saattaa olla haihtumista merkittävämpi poistumismekanismi. Korkeaseosetanolin etanoli sekoittuu ja liukenee veteen erittäin nopeasti, mutta aineesta irtoavat hiilivedyt nousevat kalvoksi veden pinnalle (kuva 8). Öljyntorjunnassa, erityisesti sen keräämis- ja välivarastointivaiheessa, on huomioitava, että korkeaseosetanolin nopean biohajoamisen hajoamistuotteena syntyy metaania. Lisäksi biohajoaminen kuluttaa no-



KUVA 7

Pyrolyysiöljyn Fortum Otso käyttäytyminen makeassa vedessä: a) 1 vrk: 5 minuuttia öljyn lisäämisen jälkeen, b) 1 vrk: magneettisekoituksessa, c) 2 vrk: 5 minuuttia 24 tunnin magneettisekoituksen jälkeen, d) 3 vrk: 5 minuuttia 24 tunnin magneettisekoituksen jälkeen +5 °C:ssa, e) 14 vrk: 5 minuuttia 12 vuorokauden ravistelijassa sekoituksen jälkeen, f) 21 vrk: haihtunut kansi auki vetokaapissa viikon.

MALK & ZHAUROVA 2017.



KUVA 8

Korkeaseosetanolin E85 käyttäytyminen makeassa vedessä: a) 1 vrk: 5 minuuttia öljyn lisäämisen jälkeen, b) 1 vrk: magneettisekoituksessa, c) 2 vrk: 5 minuuttia 24 tunnin magneettisekoituksen jälkeen, d) 3 vrk: 5 minuuttia 24 tunnin magneettisekoituksen jälkeen +5 °C:ssa, e) 14 vrk: 5 minuuttia 12 vuorokauden ravistelijassa sekoituksen jälkeen, f) 21 vrk: haihtunut kansi auki vetokaapissa viikon.

MALK & ZHAUROVA 2017.

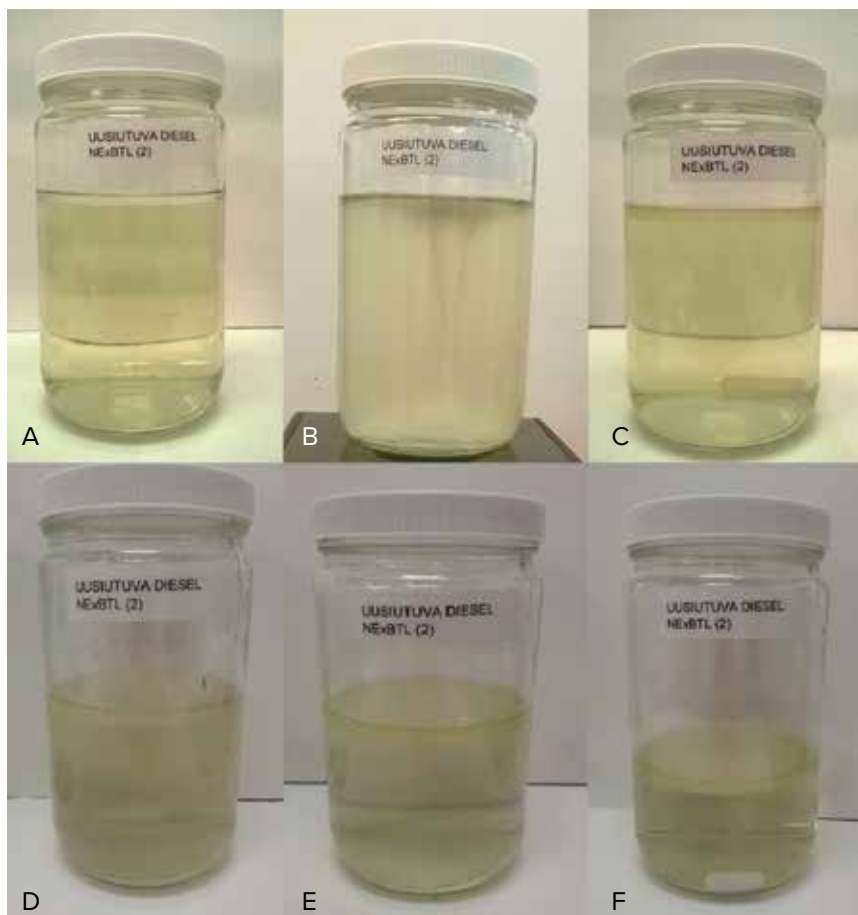
peasti happea. Metaanin tuotanto voi alkaa vasta kuukausien tai vuosien päästä vuodon tapahtumisesta ja jatkaa senkin jälkeen, kun biopolttoaine on poistettu ympäristöstä.

Älykön demonstraatiokokeissa korkeaseosetanoli muutti veteen kaadettaessa veden heti sameaksi pinnasta, toisin kuin esimerkiksi bensiini tai diesel. Tämä johtuu etanolin sekoittumisesta veteen. Pinnalle jäi ohut, bensiinifraktion muodostama öljykalvo (ks. kuva 8). Huoneenlämmössä sekoitettaessa korkeaseosetanoli sekoittui veteen ja vesi näytti samealta. Vuorokauden sekoittamisen (magneettisekoitus) jälkeen pinnalle erottui öljykalvo, mutta vesi pysyi sameana – jopa sameampana kuin bensiinillä vastaavassa käsittelyssä. Korkeaseosetanolin käyttäytymisessä ei havaittu merkittävää eroa kylmässä ja huoneenlämmössä. Korkeaseosetanoli pysyi veteen sekoittuneena ja sameana kylmässä, eikä ohuessa öljykalvossa havaittu silmin nähtäviä muutoksia. Kahden viikon sekoituksen jälkeen (ravistelija) öljykalvo muuttui emulgoitumisen myötä väriltään tummaksi ja huomaamattommaksi. Kokeen jälkeen koeastioita

pidettiin avonaisina vetokaapissa viikko. Vesi kirkastui, kun koeastioita seisotettiin ilman sekoitusta, mutta se pysyi hieman sameana, toisin kuin esimerkiksi bensiinikokeessa, jossa vesi muuttui kirkkaaksi. Viikon aikana korkeaseosetanoli ja vesi haihtuivat koeastiasta kokonaan.

Erikoista korkeaseosetanolin käyttäytymisessä oli, että järvi- tai järvivesi pysyi sameana koko kokeen ajan. Olisi voinut olettaa, että etanolin liuetessa veteen vesi olisi ollut kirkasta. Testi tehtiin myös hanavedessä. Alussa hanavesi muuttui luonnonveden tapaan sameaksi etanolin sekoituttua veteen. Vuorokauden sekoituksen jälkeen vesi oli kuitenkin täysin kirkasta. Järviveden sameuden voidaan siis päätellä liittyvän luonnonveden hanavedestä poikkeaviin ominaisuuksiin.

Suomessa markkinoilla olevassa dieselöljyssä on bio-osuutena enimmäkseen ns. uusiutuvaa dieseliä. Se on uusiutuvasta raaka-aineesta valmistettua mutta ominaisuuksiltaan tavallisen dieselin kaltaista polttoainetta. Uusiutuvat dieselit, kuten Neste Oilin NExBTL ja UPM Kymmene Oyj:n Bio-



KUVA 9

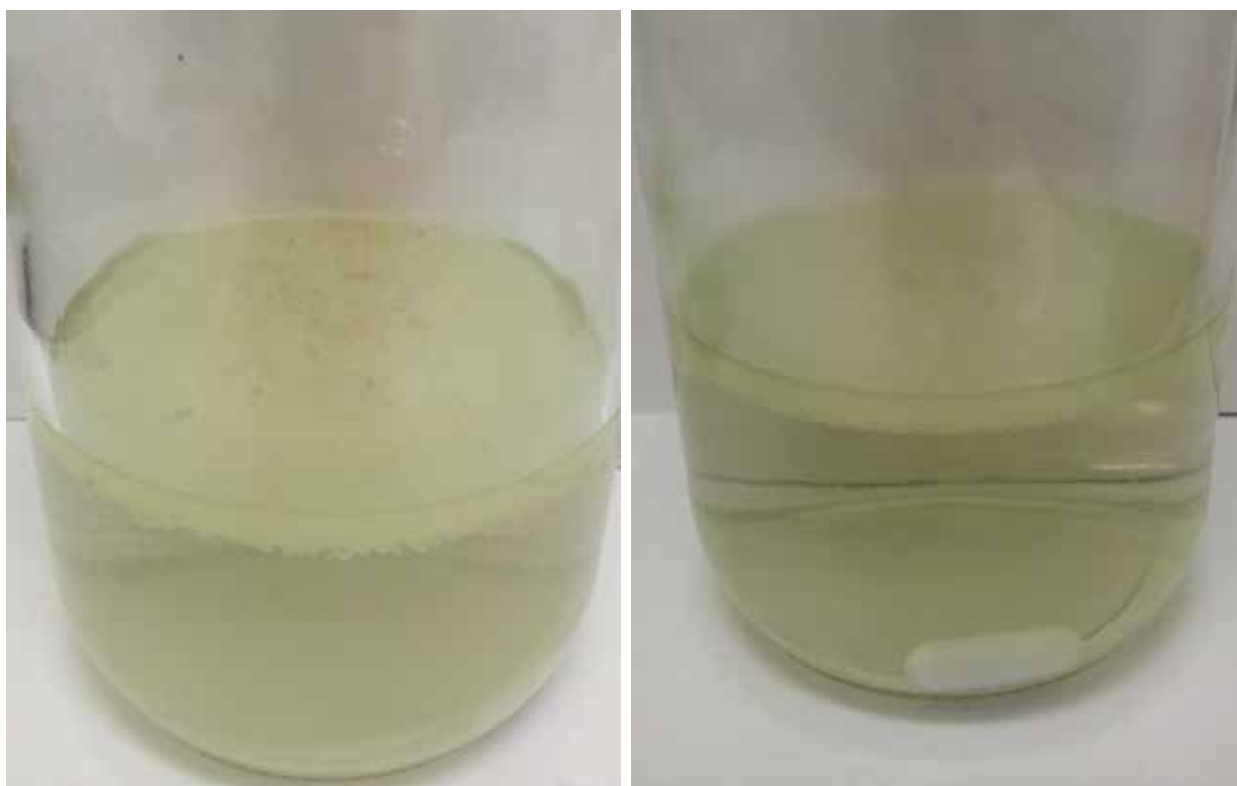
Uusiutuvan NExBTL-dieselin käyttäytyminen makeassa vedessä: a) 1 vrk: 5 minuuttia öljyn lisäämisen jälkeen, b) 1 vrk: magneettisekoituksessa, c) 2 vrk: 5 minuuttia 24 tunnin magneettisekoituksen jälkeen, d) 3 vrk: 5 minuuttia 24 tunnin magneettisekoituksen jälkeen +5 °C:ssa, e) 14 vrk: 5 minuuttia 12 vuorokauden ravistelijassa sekoituksen jälkeen, f) 21 vrk: haihtunut kansi auki vetokaapissa viikon.

MALK & ZHAUROVA 2017.

Verno, ovat pääasiassa fysikaalis-kemiallisilta ominaisuuksiltaan tavallisen dieselin kaltaisia mutta hieman heikommin haihtuvia ja nopeammin biohajoavia. Nesteen uusiutuva diesel NExBTL on ollut koekäytössä satamahinaajissa.

Uusiutuva diesel NExBTL (Next Generation Biomass to Liquid) käyttäytyi pääpiirteissään dieselin tavoin (kuva 9). NExBTL on väritöntä nestettä, kun taas dieselissä on kellertävä sävy. Dieselin tavoin NExBTL muodosti veteen kaadettaessa kalvon veden pinnalle, sekoittui veteen magneettisekoituksessa ja nousi nopeasti takaisin kalvok-

si veden pinnalle 24 tunnin sekoituksen jälkeen. NExBTL dispersoitui ja emulgoitui kylmässä, +5 °C:ssa, voimakkaammin kuin huoneenlämmössä. Kokeen perusteella ei kuitenkaan voida varmasti sanoa, johtuuko ero lämpötilasta vai sekoituksen kestosta. NExBTL:n öljykalvo emulgoitui kuten dieselilläkin, mutta emulsion rakenteessa oli eroa öljyjen välillä (ks. kuva 10). Kokeen jälkeen koeastioita pidettiin avonaisina vetokaapissa viikko. Veden pinnalla oli edelleen selvä emulgoitunut öljykalvo kuten dieselillä, mutta vesi oli kirkaampaa.



KUVA 10

Diesel (vasemmalla) ja NExBTL:n erot emulgoituneen kalvon rakenteessa, kokeen 21. vuorokausi.

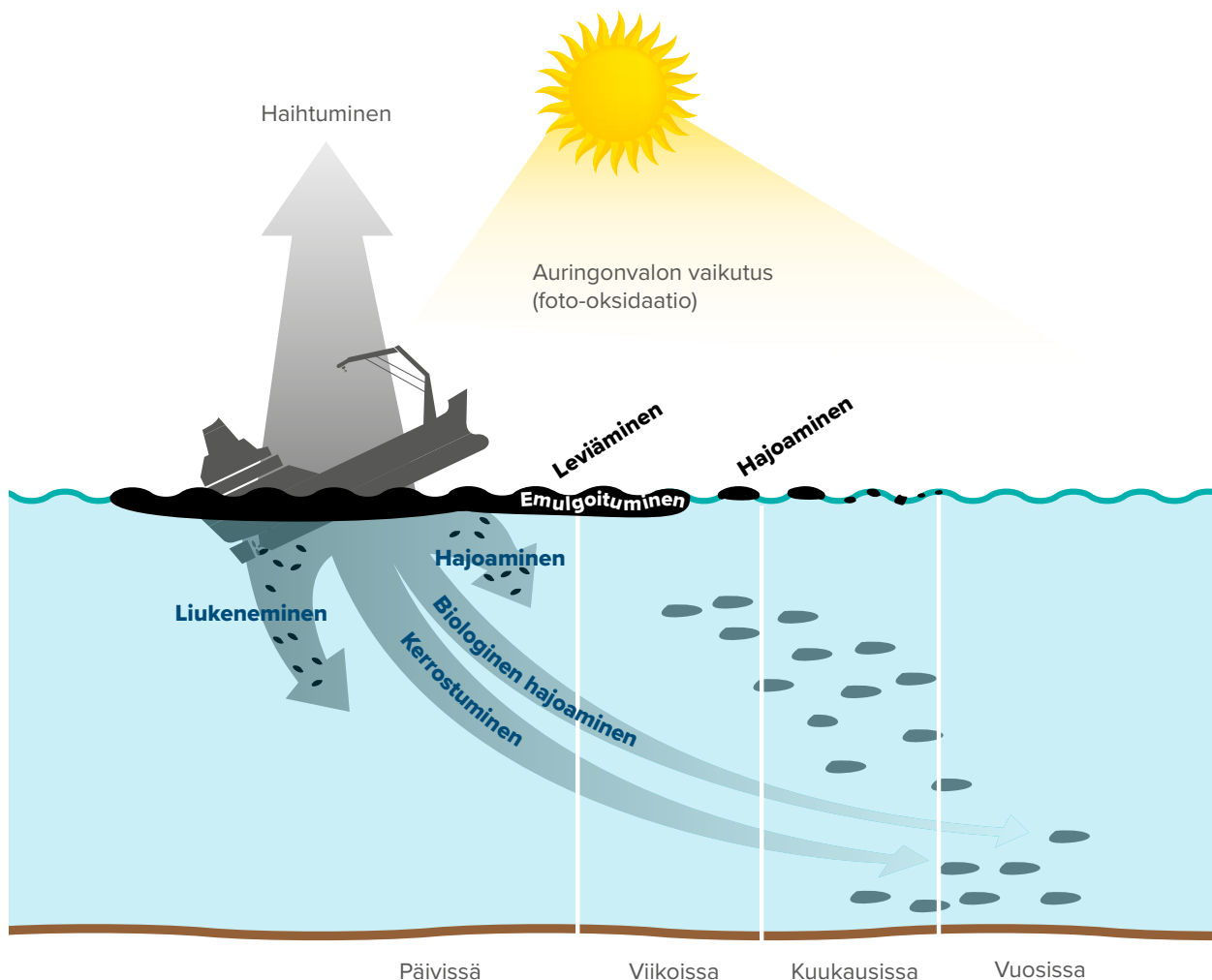
MALK & ZHAUROVA 2017.

6 ÖLJYJEN KÄYTTÄYTYMINEN VUOTOTILANTEESSA

6.1 ÖLJYJEN KÄYTTÄYTYMINEN VEDESSÄ

Pääsääntöisesti öljyلاadut ovat vettä kevyempiä, veteen liukenemattomia ja huoneenlämmössä nestemäisiä aineita. Kaikkein raskaimmat öljyلاadut, kuten bitumi ja piki, ovat huoneenlämpöisinä kiinteässä olomuodossa. Nestemäisessä olomuodossa oleva öljy on juoksevaa ja muodostaa veden pinnalle nopeasti levittyvän, ohuen kalvon. Kevyet öljyلاadut muodostavat ohuimman kalvon, ja ne myös levittyvät laajemmalle alueelle kuin muut öljyلاadut.

Esimerkiksi raakaöljy leviää mereen joutuessaan, jos leviämistä ei mitenkään rajoiteta, ohueksi kerrokseksi veden pinnalle laajalle, jopa kymmenien neliökilometrien alueelle. Useimmat raakaöljyلاadut ohenevat tunnissa kymmenesosamillimetrien paksuiseksi kalvoksi puhtaassa avovedessä – parin tunnin jälkeen öljykalvon paksuus on enää tuhannesosamillimetrejä. Käytännössä öljyyn muodostuu tuulen ja merenkäynnin vaikutuksesta paksuuntumia ja ohentumia. Kevyet öljyt leviävät keskimäärin nopeammin kuin raskaat öljyt. Ajan kuluessa leviäminen hidastuu. Meriveden lämpö-



KUVA 11

Öljyn säästyminen eli muuntuminen esimerkiksi valon, virtausten ja aallokon vaikutuksesta. CEDRE 2008.

tilan ollessa 7 ja 20 °C:n välillä lämpötila ei juuri vaikuta öljyn leviämiseen, paitsi jos lämpötila on öljyn jähmepistettä alhaisempi.

Öljy kulkeutuu meressä pääasiassa lauttamuodostelmissa. Tuuli ja virtaukset kuitenkin rikkovat lauttoja, jolloin öljy kulkeutuu pitkinä ja kapeina vanamuodostelmina. Öljy voi myös muodostaa veden kanssa muutaman millimetrin paksuisen emulsion, joka kulkeutuu tuulen ja virtausten ohjaamaan suuntaan. Veden pinnalla oleva öljy vähentää aaltojen muodostumista ja hidastaa niiden etenemistä. Tämä ilmiö helpottaa öljylauttojen paikantamista. Öljyvahingon leviämisen ennustamisesta löytyy lisätietoa tämän manuaalin vihkosta 1. Öljyn leviämisenopeuden arviointia varten on myös luotu arviointitaulukot, jotka perustuvat Fayn pintajännitysmalliin. Leviämismallit on laskettu vettä kevyemmille, juokseville öljyalaaduille, kuten kevyille polttoöljyille tai dieseleille. Lisäksi mukaan on sisällytetty taulukko, jolla voidaan arvioida öljyn haihtumista neljän ensimmäisen vuorokauden kuluessa.

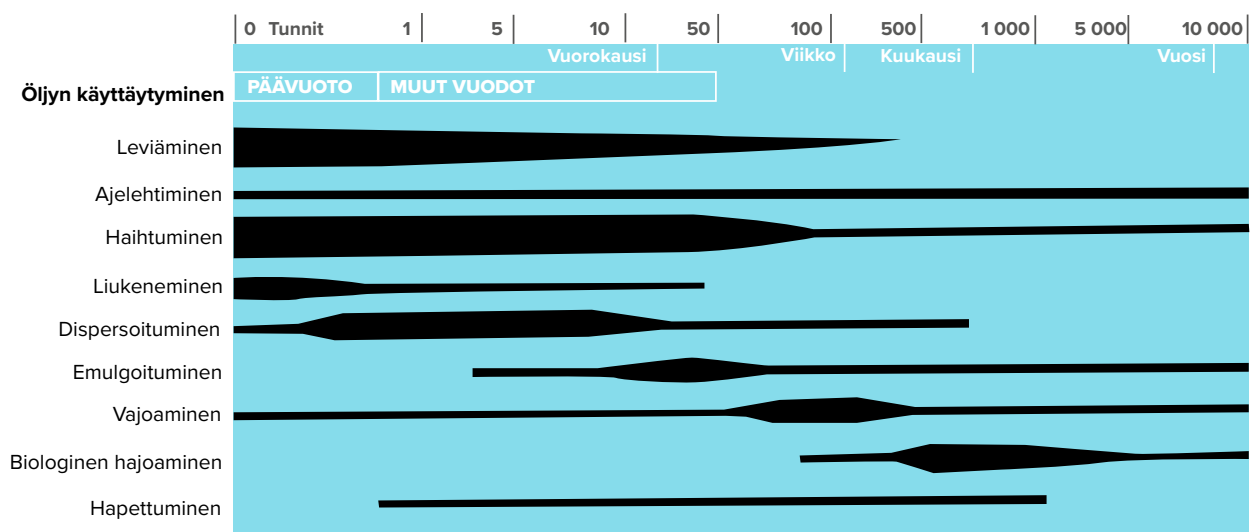
Mereen joutuessaan öljy alkaa säistyä, jolloin sen olomuoto muuttuu. Öljyn säistymisellä tarkoitetaan fysikaalisia ja kemiallisia prosesseja, joista torjuntatyön kannalta merkittäviä ovat haihtuminen, liukeneminen, öljy-vesidispersaatio, vesi-öljyemulsio, leviäminen, uppoaminen ja sedimentoituminen. Öljyt voivat lisäksi hapettua, ja voi esiintyä myös

Torjuntatyön kannalta merkittäviä säistymisprosesseja ovat

- haihtuminen
- liukeneminen
- öljy-vesidispersaatio
- vesi-öljyemulsio
- leviäminen
- uppoaminen tai sedimentoituminen.

mikrobiologista hajoamista. Jo ensimmäisen vuorokauden aikana päästöstä mereen öljyn koostumuksessa ja ominaisuuksissa voi ilmetä merkittäviä muutoksia. Kevyet komponentit haihtuvat ja liukenevat, ja haihtumaton jäännösöljy muodostaa veden kanssa emulsion (seoksen). Jäännösöljy on alkuperäistä tiheämpää. Säistymisen aiheuttamilla muutoksilla voi olla ratkaiseva merkitys öljyvahingon torjunnan kannalta.

Säistymisprosessin nopeus riippuu öljytyypistä, sen fysikaalisista (mm. viskositeetti ja jähmepiste) ja kemiallisista ominaisuuksista (mm. vahapitoisuus), vuotaneesta öljymäärästä, siitä, kuinka suuri osa öljystä pinta-alana on alttiina haihtumiselle, ympäristön olosuhteista (aallot, virtaus, jääolot, lämpötila ja tuuli) sekä öljyn sijainnista (meren pinnalla vai pinnan alla, jään päällä, alla vai sisällä, rannalla vai rantasedimentteihin sekoittuneena).



KUVA 12

Öljyn käyttäytyminen tunneissa, vuorokausissa, kuukausissa ja vuodessa vuodon jälkeen sekä kunkin käyttäytymistavan suhteellinen merkittävyys eri ajanjaksoilla.

IMO 2005.

Kevyistä öljy-laaduista suurin osa haihtuu ensimmäisten vuorokausien aikana öljypäästön jälkeen, jolloin jäljelle jäävät pääasiassa painavimmat ja sitkeimmät yhdisteet. Haihtuva öljy voi joissakin olosuhteissa aiheuttaa palo- ja räjähdysvaaran, ja se on myös terveydelle haitallista. Erityistä huomiota työturvallisuuteen on kiinnitettävä raakaöljyn vuodoissa.

Öljyvuotoa seuraavina päivinä kevyet raakaöljy-laadut voivat menettää 75 % tilavuudestaan, keskiraskaat vastaavasti 40 % ja raskaat noin 10 %. Haihtuminen vähentää öljyn syttymisherkkyyttä ja myrkyllisyyttä, sillä yleensä ensimmäisinä haihtuvat kaikkein myrkyllisimmät yhdisteet. Toisaalta haihtuminen lisää jäännöksen viskositeettia ja tiheyttä. Kun öljyn tiheys kasvaa, öljy tai osa siitä saattaa muuttua vettä raskaammaksi ja vajota pinnan alle.

Avovedessä, erityisesti kovalla tuulella, öljy-vesi-dispersaatio voi olla haihtumistakin merkittävämpi säästymisen muoto, joka poistaa öljyn veden pinnasta.

Raskaammat jakeet laskeutuvat vesimassassa alaspäin ja sedimentoituvat lopulta pohjaan. Öljyn ominaisuuksien lisäksi sen vajoamiseen vaikuttavat muun muassa meriveden tiheys (suolaisuus) ja partikkeliaines. Koska osa veteen vuotaneen öljyn sisältämistä yhdisteistä haihtuu tai hajoaa ennen kuin ehtii laskeutua pohjaan, pääasiassa vain öljyn raskaimmat ja hitaimmin hajoavat yhdisteet sedimentoituvat.

Öljyn kasaantuminen tiiviiksi lautoiksi voi edesauttaa sen painumista alaspäin vesimassassa ja lopulta sedimentoitumista. Myös veteen sekoittunut partikkeliaines, esimerkiksi kiintoainekset (savipartikkelit) tai pohjasta veteen sekoittunut materiaali, nopeuttaa vesimassassa olevan öljyn laskeutumista pohjaan.

Orgaaninen aine on karkeaa mineraalainesta kevyempää ja laskeutuu hitaammin vesimassassa. Tämän vuoksi se ehtii kulkeutua kauemmas ennen sedimentoitumistaan. On todennäköistä, että öljy-yhdisteiden saastuttama hiukkasaine kulkeutuu ja vajoaa huomattavasti varsinaista vahinkoaluetta tai öljylauttaa laajemmalle alueelle. Vesipatsaan virtauskentät voivat kuljettaa saastunutta materiaalia edelleen vuosien kuluessa. Jotkin sedimentoituneista öljyn hiilivedyistä voivat säilyä sedimentissä vuosia.

Rantautuvan öljyn olomuotoon vaikuttavat öljy-laatu, öljyn määrä ja ikä sekä säästymisen aste. Tuuli ja virtaukset voivat pakata öljyä esimerkiksi lahdelmiin, jolloin öljykalvon paksuus meren pinnalla kasvaa. Rantautuva säästynyt öljy voi, öljytyypistä riippuen, muodostaa mustaa, tervamaista, sitkeää ja tahraavaa ainesta. Tällainen asfalttia muistuttava seos saattaa ajautua rantaan yhtenä isona lautana tai yksittäisinä paakkuina ja palloina. Pallot ovat yleensä tervamaisia ja läpimitaltaan muutaman senttimetrin kokoisia, paakut taas ovat pääsääntöisesti huomattavasti tätä isompia. Säästynyt öljy saattaa raskaudesta johtuen vajota veden alle, jolloin sitä saattaa huuhtoutua rannoille vuosienkin kuluttua.

LEVÄKUKINNAT SAATTAVAT NOPEUTTAA ÖLJYLAUTAN VAJOAMISTA

Jos öljyvahinko tapahtuu ennen kasviplanktonkukintojen ja niitä seuraavien sedimentaatiojaksojen huippua, öljyperäiset yhdisteet päätyvät varsinaisesti meren pohjaan. Orgaanisen aineksen sedimentaatio on erityisen voimakasta piilevien kevätkukinnan jälkeen. Tällöin pohjaan päätyvän materiaalin osuus on suhteellisesti suurempi kuin jos öljyva-

hinko tapahtuisi sedimentaatiohuippujen jälkeen. Leväkukintojen myötä orgaanisen aineksen määrä vesimassassa kasvaa, ja kukinnan jälkeen pohjalta vajoaa orgaanista ainesta, joka vie mukanaan ainekseen imeytyneet öljy-yhdisteet. Planktonkukinnan jälkeen pääosa sedimentoituvasta aineksestä saavuttaa pohjan noin 1–3 viikon kuluessa.

K. LUKKARI & H. KANKAANPÄÄ (2012) ÖLJYPERÄISTEN HIILIVETY-YHDISTEIDEN SEDIMENTAATIO.

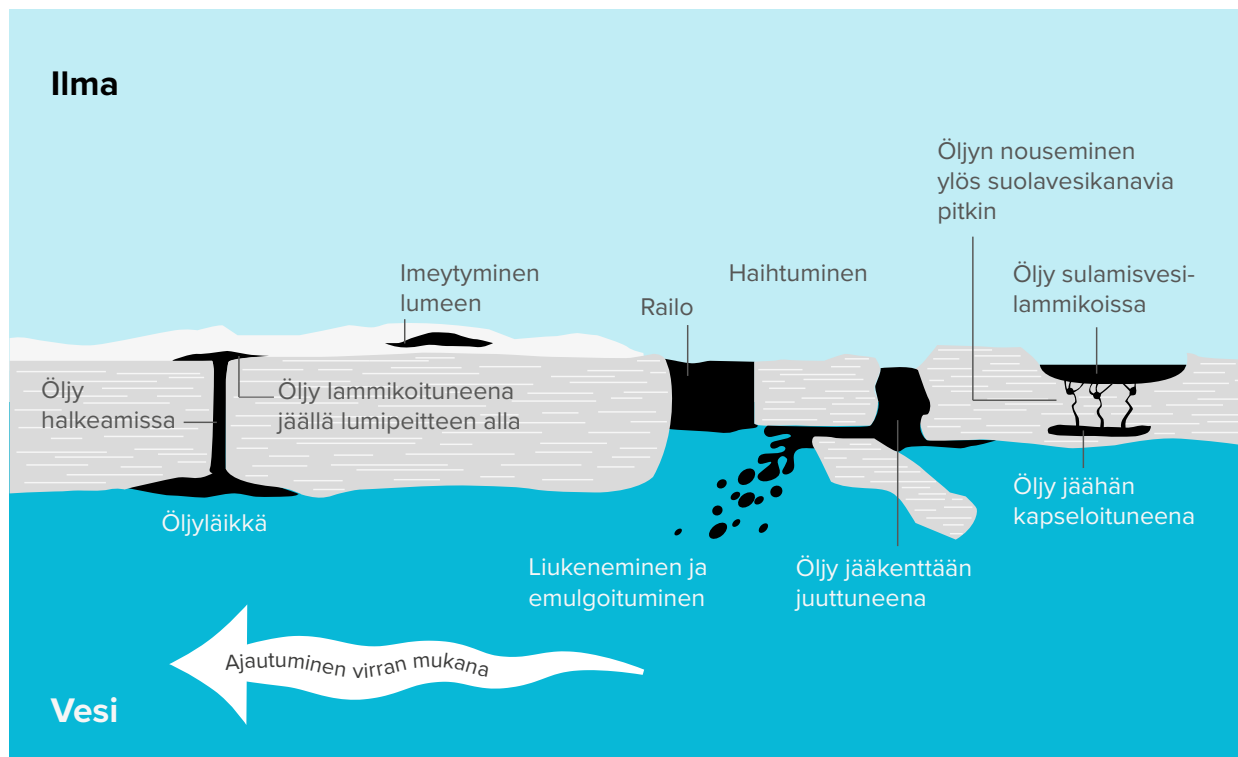
6.2 ÖLJYJEN KÄYTTÄYTYMINEN JÄÄOLOSUHTEISSA

Kylmässä vedessä öljy leviää vähemmän ja säilyy paksumpana kerroksena kuin lämpimässä vedessä. Se johtuu osittain siitä, että kylmässä öljyllä on suurempi viskositeetti eli se on jähmeämpää, mutta pääasiassa siitä, että jäät rajoittavat öljyn liikettä. Yli 60 %:n jääpeittävydessä öljy voi esiintyä suhteellisen paksuna, noin millimetrin tai sitä paksumpana kerroksena.

Jäälautojen seassa oleva öljy liikkuu jään mukana jään toimiessa puomina. Öljy ajautuu erillään jäästä jääpeittävyden ollessa vähemmän kuin 30 % ja myös jään peittävyden ollessa 60–70 % tai enemmän. Rikkonaisessa jääkentässä öljy liikkuu samalla nopeudella kuin ajautuvat jäälautat. Tuulen vaikutus öljyn kulkeutumiseen on voimakkaampaa silloin, kun on jäälautoja, verrattuna siihen, että vedessä olisi pelkästään öljyä. Tästä johtuen öljy liikkuu ajautuvien jäälautojen

seassa nopeammin kuin avovedessä tuulen nopeuden ollessa sama. Jään ajautumisnopeus 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. Myös öljyyn sekoittuvan veden määrä ja tämän prosessin nopeus vähenevät jään aaltoja vaimentavasta vaikutuksesta.

Avovedessä öljy haihtuu melko nopeasti, mutta kylmässä luonnollinen haihtuminen ja öljyn muuttuminen on hitaampaa. Jään alla öljy saattaa säilyä tuoreena pitkiäkin aikoja. Tuoreessa öljyssä sen vaaraominaisuudet ovat tallella. Alhaiset lämpötilat vähentävät kaasujen, kuten bentseenin ja rikkivedyn, haihtumista. Haihtuvien yhdisteiden säilyminen pidempään on huomioitava syttymis- ja räjähdysriskin arvioinnissa erityisesti silloin, kun hiilivedyt pääsevät vapautumaan öljyä jään alta esiin kairattaessa.



KUVA 13

Öljyn käyttäytyminen veden ja jään rajapinnassa sekä säistymisen muodot jääolosuhteissa.

GLOVER & DICKINS 1999.

Öljyn ominaisuudet, jään karkeus, rosoisuus ja huokoisuus, vallitseva lämpötila sekä tuulen ja virtauksen voimakkuus vaikuttavat siihen, kuinka laajalle öljy leviää jäällä tai kiintojään alla. Jään ja kylmyyden seurauksena öljyn leviämisenopeus on hitaampaa. Näin myös likaantuneen alueen koko jää pienemmäksi kuin avovesikaudella. Leviämisenopeutta vähentävät öljyn adsorboituminen jäähän ja lumeen sekä jään onkalot ja painanteet. Öljyn käyttäytymistä makeamman veden jäässä on tutkittu aika niukasti suolaiseen jäähän verrattuna, ja nykyiset öljy-jääkäyttäytymismallit perustuvat suurimmaksi osaksi arktisilla alueilla tehtyihin tutkimuksiin.

Rikkoutuneessa jääkentässä öljyllä on tapana kerääntyä avovesialueille, ellei sen liikkumista rajoiteta. Öljy hakeutuu alueille, joille se pääsee vapaasti, kuten railoihin, avantoihin ja aluksen muodostamaan kulkuränniin. Rännissä öljy kerääntyy korkeintaan saman paksuiseksi kerrokseksi kuin viereinen jääkenttä. Osa öljystä voi kuitenkin kulkeutua jään alle.

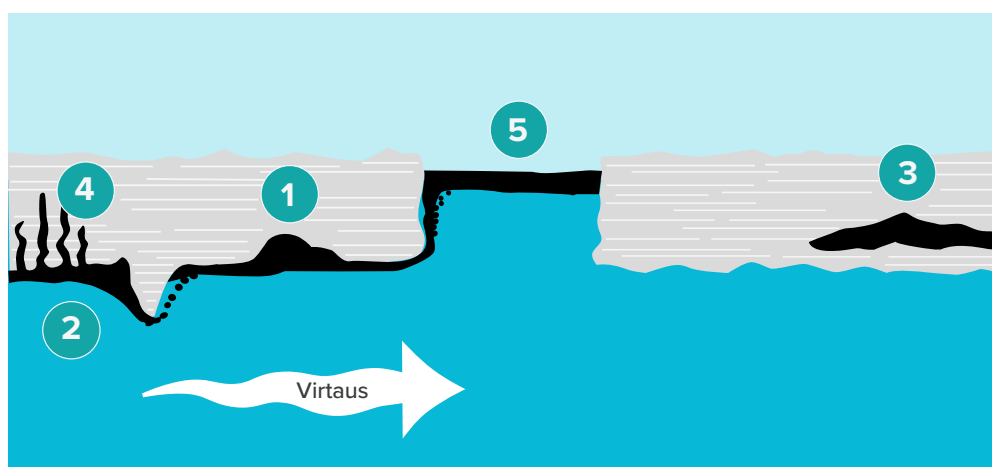
Jään alla kelluva öljy kulkeutuu pitkin jääkannen alustaa. Öljyn liikuttamiseen arktisen jään alla vaaditaan noin 0,1–0,4 m:n/s virtaus. Jääkannen alapohjan epätasaisuudella on tässä suuri merkitys. Itämerellä jääkannen alapinnan epätasaisuudet eivät ole niin huomattavia kuin arktisessa jäässä, vaan pinta on miltei sileä. Itämeren olosuhteiden virtaukset riittävät harvoin liikuttamaan jään alla

olevaa öljyä, sillä riittävä virtausnopeus toteutuu vain erityisissä virtapaikoissa. Virtaukset salmissa ja kapeikoissa ovat kuitenkin tavallisia, jolloin todennäköisyys öljyn liikkumiseen jääkannen alla on niissä suurempi. Jääkannen alle jääneen öljyn liikkeelle saamiseksi voidaan tarpeen niin vaatiessa hyödyntää muun muassa paineilmaa ja alusten potkurivirtausta.

Öljyllä on taipumus kerääntyä jään alapinnan taskuihin (kuva 14, kohta 1) ellei sen sivuttaista liikettä pysäytä harjanne (kuva 14, kohta 2). Jään alapohjan epätasaisuudesta riippuen jäällä on suuri kyky pidättää ja varastoida öljyä. Jään varastointikapasiteetti, ”under-ice storage”, voi olla jopa 60 litraa neliöllä. Seurauksena ilmiöstä on, että talvisai-kaan tapahtuva vuoto jään alle rajoittuu pienemmälle alueelle kuin se avovesiaikaan rajoittuisi.

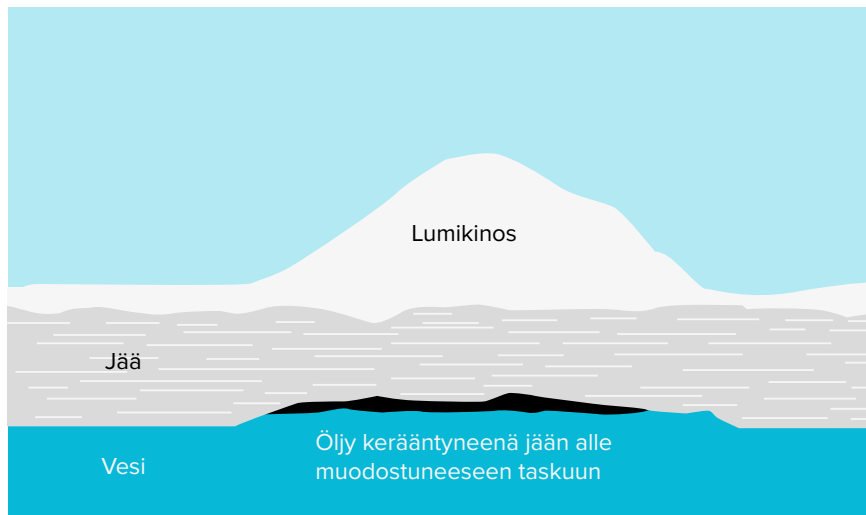
Jääkannen alustaan voidaan muodostaa keinotekoisia taskuja esimerkiksi höyryllä. Näin voidaan rajoittaa öljyn leviämistä.

Jään alla olevan öljyn liikkeitä seurataan yleensä kairaamalla jäähän tarkastusreikiä, jos muita keinoja, kuten GPR-tutkaa (Ground Penetrating Radar)¹, ei ole käytettävissä. Koska lumen eristävä vaikutus vähentää jään kasvua ja muodostaa näin taskuja jään alapintaan, jään alla olevan öljyn sijaintia kannattaa alkaa etsiä kairaamalla jäätä paksuimpien lumikinosten kohdalta (kuva 15).



KUVA 14
Öljyn käyttäytyminen jään alla.
EPPR 1998.

1 Katso lisätietoa TalviSÖKÖn taustaselvityksen 4. luvusta (Halonen 2014).



KUVA 15

Lumikinos toimii eristeenä ja edistää taskujen syntymistä jään alapintaan.

ACS 2012.

Jos jään alla oleva öljy vain löytää reiän jäässä, se virtaa avoveteen (kuva 14, kohta 5) ja saattaa myös pursuta jään päälle. Jäätä muodostuu lisää jään ja veden rajapinnassa, ja jos siinä on öljyä, öljy voi joutua muodostuvan jään sisään. Jään sulaessa yläosistaan ja lisää jäätä muodostuessa alapuolelta jään sisällä oleva öljy nousee jääkentässä ylöspäin (kuva 14, kohta 3) ja lopulta jään pinnalle. Pääasiallisin tapa, jolla öljy nousee jään pinnalle, on kuitenkin isompien railojen ja muiden avantojen kautta sekä keväällä jään puikkoontumisen seurauksena (kuva 14, kohta 4). Emulgoitunut öljy ei kuitenkaan nouse pienistä railoista tai kanavista vaan pysyy stabiilina paikallaan, sillä öljyyn sekoittuneet vesipisarot jäätyvät nopeasti ja tekevät näin sekoituksesta koostumukseltaan jähmeän ja rakeisen.

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 öljy lukittuu paikalleen ympärillä kasvavan jään vaikutuksesta ja saattaa myös kapseloitua jäähän sisään (kuva 14, kohta 3). Öljyn kapseloituminen ja koteloituminen jäähän pysäyttää sen säistymisen. Tällä on suuri merkitys, sillä kun öljy pumpataan tai muuten vapautetaan jään alta pinnalle, ollaan tekemisissä tuoreen, säistymättömän öljyn kanssa, vaikka öljyvahingosta olisi kulunut kuukausia. Myös jään alla öljyn säistyminen miltei pysähtyy. Kasvavan kiintojään aikaan öljy kapseloituu nopeasti. 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, ellei jäätä saada lohkottua ylös ja sulatettua hallitusti.

Jään sulaessa keväällä suolaisissa meriolosuhteissa öljy nousee huokoisen jään läpi suolavesikanavia pitkin jään pinnalle ja alkaa haihtua. Öljyn nouseminen tapahtuu aluksi hitaasti, mutta prosessi nopeutuu jään hapertumisen vauhdittuessa tumman öljyn sitoessa enemmän auringon valoa ja lämpöä. Jokisuistojen makeassa vedessä öljy ei nouse samalla tavalla jään läpi, mutta sitä on tutkittu melko vähän. Jo Itämerenkin jää on alhaisen suolapitoisuuden vuoksi melko kiinteää ja tiivistä, eikä siinä ole suolavesikanavia. Rannikolla öljy todennäköisesti säilyy jään alla, kunnes koko jää on haurastunut ja puikkoontunut. Tuolloin, aivan sulamisen loppuvaiheessa, öljy nousee nopeasti pintaan.

6.3 ÖLJYJEN KÄYTTÄYTYMINEN LUMESSA

Öljyn kerääminen lumesta ei sinänsä ole hankalaa, mutta öljyn valuttua lumipeitteen läpi öljyä tai sen liikkeitä ei voida havaita pinnalta. Kevyet öljyt voivat liikkua lumessa kymmeniä tai satoja metrejä, ja niiden etenemistä voi olla vaikea seurata.

Lumi ei ole tasalaatuista, vaan siihen muodostuu tiheydeltään ja huokoisuudeltaan erilaisia kerroksia. Lumessa voi olla myös jääkerroksia, jos suoja-asää on välillä sulattanut lumen pintaa, joka on jäänyt myöhemmin uudelleen, ja uutta lunta on satanut päälle. Öljy tunkeutuu yleensä nopeas-

ti lumikinokseen, mutta sen etenemistä estävät nämä jääkerrokset. Öljy, joka on jäähmepisteensä alapuolella, tunkeutuu vain vähän lumeen ja liikkuu pääasiassa lumen pintaa pitkin.

Pääsääntöisesti kylmä öljy leviää pakkaslumessa horisontaalisesti enemmän kuin lämmin öljy, joka sulattaa itselleen reiän. Lumen ominaisuuksilla ja ilman lämpötilalla saattaa kuitenkin olla päinvastainenkin vaikutus. Lumella, jossa on kova, jäinen pinta, lämmin, juokseva öljy saattaa levitä hankikantaa myöten kuin neste, mutta kylmempi öljy jähmeämpänä jää paikoilleen. Pakkasella ilmiöllä ei kuitenkaan ole kuin paikallista vaikutusta, koska jäähtyminen on hyvin nopeaa.

Öljy alkaa sulattaa lunta. Raakaöljy sulattaa enemmän mutta leviää vähemmän kuin bensini. Bensini leviää lumessa hyvin nopeasti ja laajalle alueelle. Kevyet öljyt liikkuvat ”ylämäkeenkin” kappilaarisesti. Lumi, jonka tuuli puhaltaa öljyn päälle, jää kiinni ja painuu öljyyn ja kasvattaa näin kerättävää määrää. Satava lumi kertyy öljyn pintaan.

Lumi on hyvä imeytysaine. Jos öljy on imeytynyt lumeen, on mahdollista saavuttaa 100 %:n keräystehokkuus. Öljyä ja lunta voidaan sekoittaa keskenään ja kerätä sitten pois, joskin tällaisen massan öljypitoisuus on aika alhainen, alle 1 % kevyillä öljyillä. Prosenttilukua 20 pidetään yleisesti vakiona

lumen imeytyskyvyille, mutta irtonaisen, kuivan ja rakeisen lumen imeytyskyky voi olla jopa 40–70 %. Tämä on saatu laskettua, kun raakaöljyä on imeytetty lumeen ja likaantunut lumi on sulatettu.

Lumen imeytyskyky riippuu öljyn tyypistä ja lumen ominaisuuksista. Öljypitoisuus lumessa nousee korkeimmaksi keskiraskailla raakaöljyillä ja on pienin kevyillä öljyillä. Kuutioon lunta voidaan imeyttää 200 litraa kevyttä öljyä ja 400 litraa keskiraskasta öljyä. Öljypitoisuus jää pieneksi myös tiivistyneessä lumessa, mutta se voi olla suuri vastasataneessa, tuoreessa lumessa. Myös ympäristön ja lumen lämpötilalla on suuri merkitys lumen imeytyskykyyn. Arktisella alueella raakaöljyillä suoritettujen kokeiden perusteella öljy levisi kesäkuukausina kahdeksan kertaa suuremmalle alueelle talvikuukausiin verrattuna lumen heikommasta imeytyskyvystä johtuen.

Lumipeitteen alla olevan öljyn haihtuminen on merkittävää, vaikka osa säistymisprosessin vaiheista heikkenee. Lumen peittämänäkin öljy jatkaa haihtumistaan, joskin hitaammalla tahdilla kuin jos se olisi suoraan alttiina ilmalle. Vaikka haihtuminen on hitaampaa, öljystä haihtuu sama osuus kuin lämpimissäkin olosuhteissa.

ARVIO VAHINKOJÄTTEEN MÄÄRÄSTÄ JA LAADUSTA

Öljyvahingosta syntyvän öljyisen jätteen määrää on hyvin hankala arvioida, sillä jätteen muodostuminen on hyvin tapauskohtaista. Tapahtuneiden öljyvahinkojen perusteella voidaan todeta, ettei öljyvahingossa vuotaneen öljyn määrällä ja sitä seuranneella vahinkojätteen määrällä ole osoitettavissa korrelaatiota. Kerättävän öljyisen jätteen määrä ei siis ole suoraan verrannollinen ulos vuotaneeseen öljymäärään, sillä jätemäärään vaikuttavat monet tekijät. Osa niistä liittyy vuotaneen aineen ominaisuuksiin ja osa vahingon ominaispiirteisiin, kuten vahinkopaikan sijaintiin ja tapahtumahetken olosuhteisiin. Merkittävimpiä olosuhdetekijöitä ovat öljyn leviämisen rajoittamiseen ja keräämiseen merellä vaikuttavat tekijät, kuten merenkäynti, sekä öljyn kulkeutumista edistävät tekijät, muun muassa merivirrat ja tuuli. Vahinkoöljyn laatu vaikuttaa vuotaneen öljyn käyttäytymiseen, kuten haihtumiseen, emulgoitumiseen tai dispersoitumiseen, ja siten kerättävään määrään.

Määrällisesti pienikin vahinko voi tuottaa suuren jätemäärän, jos vahingon torjunta edellyttää maa-aineksen puhdistamista. Aiempien öljyvahinkojen perusteella suurimpia jätemääriä ovat tuotaneet öljyisen maa-aineksen mekaaninen keräys koneellisesti, manuaalinen keräys ja imeytysmateriaalien käyttö. Öljyn laatu vaikuttaa sen tarttuvuuteen ja tahraavuuteen; mitä pysyvämmästä öljystä on kyse, sitä suurempia keräysjätteen määriä ja sitä enemmän lintualtistumisia voidaan odottaa. Siten pysyvien öljyjen, kuten raskaan polttoöljyn, vahingoista syntyvän jätemäärän voi ennakoida muodostuvan suuremmaksi kuin ei-niin-pysyvien öljyjen vuodoissa samoissa ympäristöolosuhteissa.

Öljyvahinkojätteen määrä lisääntyy, mitä laajemmalle alueelle öljy leviää. Vuotaneen öljyn määrällä ei vaikuta olevan suoraa korrelaatiota likaantuvan rantaviivan kokonaispituuteen, mutta likaantuneen rantaviivan pituus puolestaan korreloi muodostuvaan jätemäärään. Öljyn leviäminen laajalle ranta-alueelle tuottaa enemmän jätettä kuin saman määrän kerrostuminen sup-

peammalle alueelle, sillä öljyn keräyksessä joudutaan usein poistamaan myös pintamaata ja muuta ainesta. Vuotaneen öljyn määrä vaikuttaa kuitenkin rannan likaantumisasasteen voimakkuuteen eli siihen, kuinka paljon öljyä rantaosalle kertyy, ja voimakkaimmin likaantuneen alueen kokoon.

Likaantuneen rantaviivapituuden lisäksi rantatuneesta öljystä seuraavaan jätemäärään vaikuttavat öljyyn tahriintuneen kasvillisuuden ja levän määrä sekä rantamateriaalin tyyppi. Öljyvahingon kokonaisjätemäärään vaikuttavat lisäksi öljyn keräämiseen valittu menetelmä, rantojen puhdistukselle asetetut puhtaustasovaatimukset ja toiminnan suunnitelmallisuus. Torjuntatyössä käytettyjen imeytystuotteiden tai muun poistettavan öljyntyneen materiaalin lisäksi jätemäärää kasvattavat jätteen keräyksessä ja kuljettamisessa käytetyt suojaruusteet ja -materiaalit sekä keräystyömaiden ja välivarastointialueiden rakennus- ja suojamateriaalit.

Alusöljyvahingon seurauksena syntyvän jätteen määrään vaikuttavat vuotaneen öljyn tyyppin lisäksi ympäristön olosuhteet, kuten se, kuinka laajalle öljylautta virtausten, tuulen ja rannikon muodon takia leviää ja millaista materiaalia (kalliota, hiekkaa, rantakasvillisuutta) öljy kohtaa. Jätemäärään vaikuttavat oleellisesti myös merellä tehtävä torjuntatyö, valittu keräystapa ja tavoiteltu puhtaustaso.

Koska vahinkohetken olosuhteet ja sekä merellisessä että rantatorjunnassa tehdyt ratkaisut vaikuttavat lopputulokseen, jätemääristä ei voi tehdä tarkkoja ennakoarvioita. Jätemäärien arvioimista vaikeuttaa lisäksi se, ettei aikaisemmista öljyvahingoista ole dokumentoitu jätejakohtaisia öljyjättemääriä, vaan jätemäärä on useimmiten ilmoitettu vain kokonaisjätemääränä. Varautumista varten on kuitenkin mahdollista muodostaa karkea arvio jätemäärien suuruusluokasta ja jätelaatujen suhteellisista osuuksista. Seuraavassa on esitetty kaksi

jättemääräarviota Suomenlahdella tapahtuvan 30 000 tonnin alusöljyvahingolle. Jättemääräarvioiden tavoitteena on tukea soveltuvien välivarastointi- ja kuljetusyksiköiden tarpeen arviointia.

Ensimmäinen laskelma (taulukko 4) perustuu 22 aiempaan maailmalla tapahtuneeseen öljyvahinkoon ja niistä johdettuihin kertoimiin vuotaneen öljyn määrän, kerätyn öljyn määrän sekä muodostuneiden lintuvahinkojen suhteen. Laskelman taustatiedot on kuvattu SÖKÖSuomenlahden loppuraportin artikkelissa *Öljyvahinkojätteen määrän arviointi 30 000 tonnin esimerkkivahingossa Suomenlahdella*. Taulukossa 4 esitetään öljyisen jätteen määräarviot esimerkkitapauksille, joissa vahinkoöljy on raakaöljyä ja aluksen polttoainetta. Taulukossa 5 taas esitetään geneerinen laskelma, jossa tukeudutaan Etelä- ja Länsi-Suomen jättesuunnitelmassa eli ELSU-suunnitelmassa (Asikainen 2009) Suomen olosuhteisiin mitoitettuihin jättemääriin, joita on täydennetty seka- ja eläinjätteen määrillä. Taulukossa 5 eläinjätteen kertoimena käytetään taulukossa 4 hyödynnettyyn laskentatapaan perustuvaa, molempien vahinkoöljytyyppien mediaanikerrointa.

Ensimmäisen laskelman suurinkin tulos, 161 700 tonnia, jää alle 40 %:iin siitä tuloksesta, joka saadaan käytettäessä arvoina ELSU-suunnitelmassa esitetyjä kertoimia. ELSU-laskutavan mukaan saatu tulos, 416 300 tonnia, on esitetty taulukos-

sa 5. Tulosten eroavuus perustuu siihen, että taulukon 4 tulokset on johdettu muualla maailmalla sattuneista öljyvahingoista ja taulukon 5 laskenta noudattaa ELSUn Suomen olosuhteisiin soveltamaa tapaa. Muodostuvaa jättemäärää muuhun maailmaan verraten kasvattaa Suomenlahdella sen rikkonaisempi rannikko ja saarien suuri lukumäärä, eli altistuvan rantaviivan pituus, sekä suurten torjunta-alusten tehokasta toiminta-aluetta rajoittava vesialueen mataluus, jotka molemmat potentiaalisesti lisäävät rantatyön osuutta. Lisäksi täällä tyypilliset lämpötilat vähentävät haihtumisen määrää, ja myös öljyn dispersoituminen jäänee vertailutapauksia vähäisemmäksi pienemmän sekoittavan aaltoenergian vuoksi.

Taulukossa 4 esitetyt jättemääräarviot eivät pohjaudu mihinkään tiettyyn rantaviivapituuteen. Taulukossa 5 sen sijaan on käytetty likaantuvan rantaviivan pituutena 300:aa kilometriä. Tällöin öljyistä jätettä syntyisi 1,38 tonnia metriltä, ja jos jäteöljyn tiheytenä käyttää 1,15 t/m³, jättemäärä on 1,20 kuutiota rantaviivametritä. Jos jätteen oletetaan olevan pääasiassa öljyistä maa-ainesta, jonka tiheeksi arvioidaan 1–3 t/m³, muodostuva jättemäärä on noin 0,69 kuutiota rantaviivametritä.

Suomenlahdella tapahtuvan 30 000 tonnin alusöljyvahingon laskennallinen kokonaisjättemäärä asettunee haarukkaan 160 000–400 000 tonnia. Kuten todettu, ennakoita arviointeihin öljyvahinko-

TAULUKKO 4 Arvio Suomenlahdella tapahtuvan ja rannikolle ajautuvan 30 000 tonnin öljyvahingon seurauksena syntyvän öljyvahinkojätteen määrästä vuotaneen aineen ollessa raakaöljyä tai polttoöljyä. (W/O = waste/oil, B/O = birds/oil.)

VAHINKOJÄTEJAKEET	KOKONAI SJÄTEMÄÄRÄ (30 000 tn)	
	RAAKAÖLJYVAHINKO W/O-ratio 1,02:1 B/O-ratio 0,08:1	POLTTOÖLJYVAHINKO W/O-ratio 5,39:1 B/O-ratio 2,19:1
Öljy-vesiseoksia (öljypitoisuus 20 %)	2 200 (7,2 %)	11 600 (7,2 %)
Öljyistä maa-ainesta (öljypitoisuus 4–10 %)	24 950 (81,5 %)	131 700 (81,4 %)
Öljyistä maa-ainesta (öljypitoisuus 1 %)	2 650 (8,7 %)	14 000 (8,7 %)
Öljyinen eläinjäte	10 (0,03 %)	200 (0,1 %)
Sekajäte	450 (1,5 %)	2 500 (1,5 %)
Ei saada talteen	340 (1,1 %)	1 700 (1,0 %)
Yhteensä	30 600 (100,0 %)	161 700 (100,0 %)

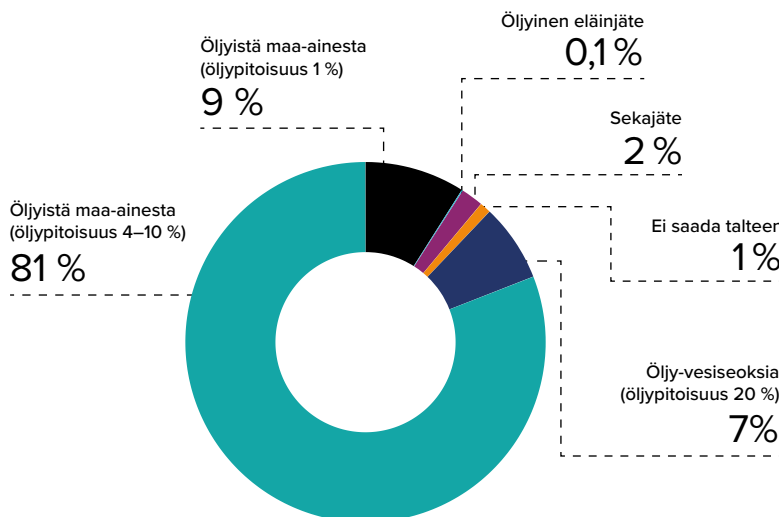
Arvio Suomenlahdella tapahtuvan ja 300 kilometrin rantaviivapituudelle ajautuvan 30 000 tonnin öljyvuodon seurauksena syntyvän öljyvahinkojätteen määrästä ELSU-suunnitelmassa esitettyä laskentatapaa käyttäen täydennettynä öljyisen eläinjätteen ja sekajätteen määrällä. (B/O = birds/oil.)

VAHINKOJÄTEJAKEET	Likaantunut rantaviivapituus		Uusi arvioitu kokonaisjättemäärä 300 km	
	200 km	400 km	[tn]	[%]
Öljy-vesiseoksia (öljypitoisuus 20 %)	37 500	22 500	30 000	7,2
Öljyistä maa-ainesta (öljypitoisuus 4–10%, maa-ainesta 44–60 %, vettä 35–40 %)	200 000	480 000	340 000	81,7
Öljyistä maa-ainesta (öljypitoisuus 1 %, maa-ainesta 50–60 %)	32 000	40 000	36 000	8,6
Keräysjäte yhteensä	269 500	542 500	406 000	97,5
Öljyinen eläinjäte (B/O-ratio 0,66:1)			60	0,01
Sekajäte			6 200	1,5
Ei saada talteen	2 180	5 900	4 040	1,0
Kokonaismäärä	271 680	548 400	416 300	100,0

jättemääriin liittyy epätarkkuutta, sillä käytettävissä ei ole tietoa öljyvahinkoa seuraavista torjuntatoimista ja puhtaustasovaatimuksista. Esitetyt arviot ovat siten vain laskennallisia, ja niiden tarkoitus on tukea jätelogistiikan suunnittelua. Jätelaatujen suhdetta voidaan hyödyntää ennakoitaessa, minkä tyyppistä keräys- ja kuljetuskapasiteettia torjuntatyön aikana saatetaan tarvita. Tulosten pohjalta suurin keräys- ja välivarastointikapasiteetin tarve tulee olemaan öljyiselle maa-ainekselle (kuva 16). Toiseksi eniten välivarastointikapasiteettia tarvitaan öljy-vesiseokselle. Öljyisen eläinjätteen määrä ei todennäköisesti ole muihin jätelajeihin verrattuna kovin suuri, mutta koska se vaatii erityisjärjestelyjä, kuten kylmäkontteja, siihen on hyvä varautua etukäteen.

Eri jätetyypeille soveltuvan keräys-, kuljetus- ja välivarastointikapasiteetin tarve vaihtelee ajallisesti. Torjuntatyön alkuvaiheessa suurin tarve voidaan arvioida olevan öljy-vesiseoksen välivarastointiselle, kun taas maa-ainekselle soveltuvien yksiköiden kysyntä kasvanee myöhemmässä vaiheessa. Välivarastointikapasiteetin ja yksiköiden tyhjennysrotaation tarve tulee arvioida, jotta keräystyö ei turhaan keskeydy. Esimerkiksi Suomenlahden pelastuslaitoksilla on merellä tapahtuvaan keräykseen soveltuvaa välivarastointikapasiteettia yhteensä ensimmäisen kuuden tunnin tehokkaan keräystyön tarpeisiin. Tämän jälkeen tulee järjestää lisäkapasiteettia joko keräyssäiliöt tyhjentämällä tai hankkimalla lisää välivarastointikapasiteettia (lisätietoa manuaalin vihkosta 9B).

VAHINKOJÄTTEEN LAATU (%)



KUVA 16

Eri jätelaatujen suhteet 30 000 tonnin öljyvahingossa.

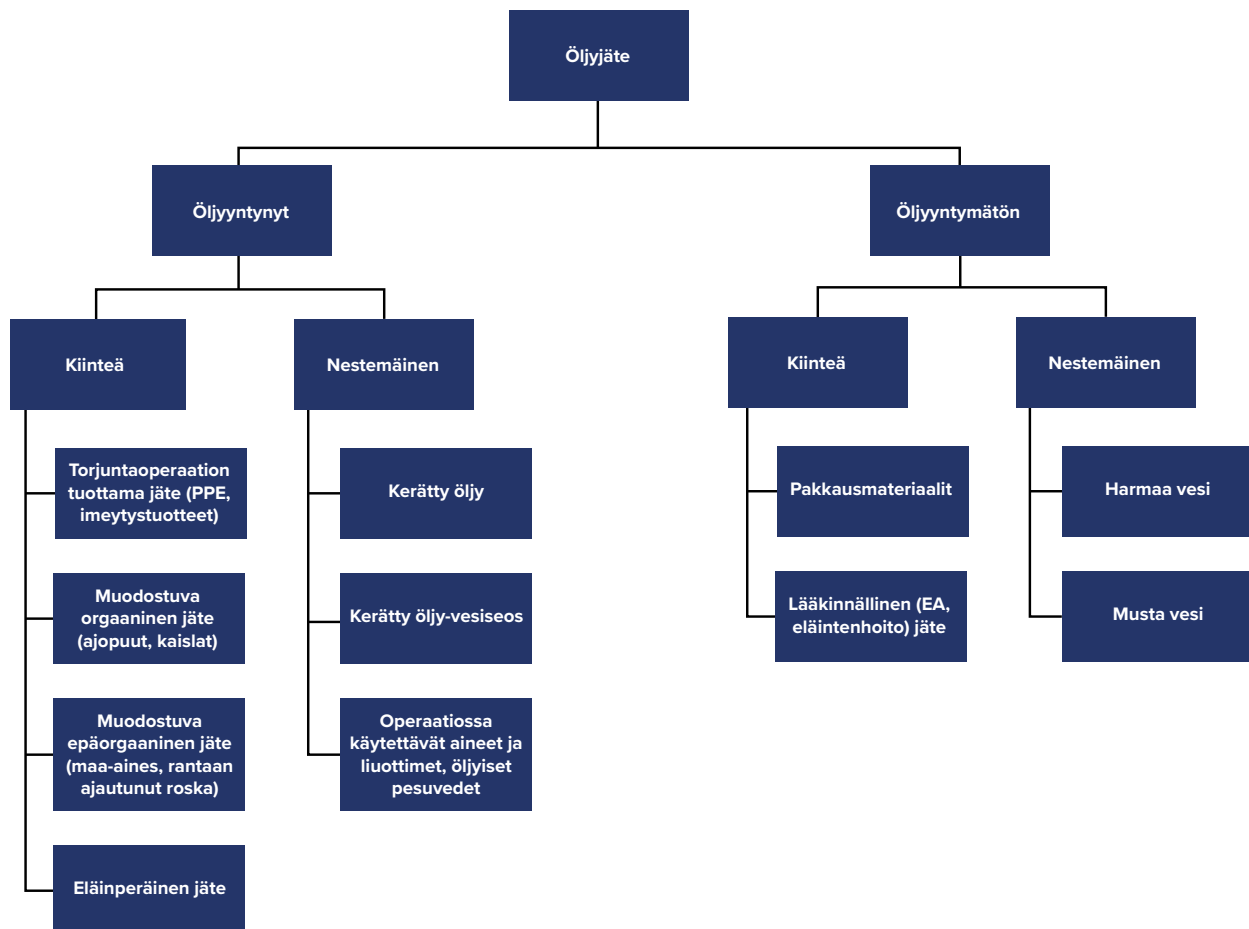
8 JÄTEJAKEET JA LAJITTELU

8.1 ÖLJYVAHINGOSTA MUODOSTUVAN JÄTTEEN LAATU

Öljyvahingosta syntyy sekä itse vahinkoaineesta muodostuvaa jätettä että torjuntaoperaation tuottamaa jätettä. Öljyvahingosta muodostuvat jätteet voidaan jakaa esimerkiksi kuvan 17 mukaisesti.

Jäteluokittelussa käytetään useampaa tapaa. Jätteet voidaan jakaa nestemäisiin ja kiinteisiin sekä öljyisiin ja öljyntyttömiin. Öljyiset nesteet voidaan jakaa edelleen öljyiseen veteen, öljy-vesiemulsioihin ja emulgoitumattomaan öljyyn.

Nesteiden ja kiinteiden jätteiden rinnalle voidaan lisäksi ottaa lietteet ja pastamaiset jätteet. Jätteet voidaan jakaa vielä biohajoaviin ja ei-hajoaviin jätteisiin. Jätteen loppukäsittelyn kannalta on mielekästä erotella jätteestä eläinperäiset ja muut riskiä aiheuttavat jätteet, kuten lääkkeet, neulat tai muut ensiapuun ja eläinten hoitoon liittyvät jätteet. Lisäksi öljyisen meriveden käsittelyä rajoittaa sen suolapitoisuus, jolloin öljyisten pesuveisien ja mereltä kerätyn öljy-vesiseoksen erottelu saattaa olla järkevää.



KUVA 17

Öljyvahingossa muodostuvat jätelaadut.



KUVA 18

Merkittyjä jäteastioita keräystyömaalla.

PASCALE, SÖKÖ II.

Jätteen myöhemmän käsittelyn kannalta öljyvahinkojätteet olisi järkevää lajitella myös öljypitoisuuden perusteella, sillä öljyvahinkojäte luokitellaan öljypitoisuuden ja/tai öljyn haitta-aineiden perusteella joko vaaralliseksi jätteeksi tai tavanomaiseksi jätteeksi. Jätelakiin (17.6.2011/646, 17. §) sisältyy vaarallisten jätteiden sekoittamiskielto: vaarallista jätettä ei saa laimentaa eikä muulla tavoin sekoittaa lajiltaan tai laadultaan erilaiseen jätteeseen taikka muuhun aineeseen. Öljyvahinkojätteen todellisen öljypitoisuuden aistinvarainen arvioiminen voi kuitenkin olla vaikeaa, eikä kerättävää öljyvahinkojätettä aina ole mahdollista lajitella öljypitoisuudeltaan eri jakeisiin. Öljypitoisuuden mukainen lajittelu toteutuu käytännössä torjuntavaiheen mukaan: alkuvaiheessa kerätyt, voimakkaasti likaantuneet jätteet pidetään erillään jälkitorjunnan yhteydessä syntyvistä, pitoisuuksiltaan pienemmistä aineksista.

Jätteen lajittelussa joudutaan kuitenkin pohtimaan myös lajittelun tarkoituksenmukaisuutta. On selvää, että useampaan jätelajiin lajitellun jätteen loppukäsittelykustannukset ovat kohtuullisemmat. Lisäksi lajittelu edistää jätteen hyötykäytön mahdollisuuksia. Laajassa öljyvahingossa huomioitavaksi tulee kuitenkin käytännön rajoitteita. Lajittelu edellyttää useampaa astia- ja yksikkömäärää sekä keräykseen, kuljetukseen että välivarastointiin. Koostumukseltaan erilaisten öljyn pilaamien maa-ainesten lajittelu voi lisäksi hidastaa torjuntatyötä. Siten jätteen lajittelu on tarkoituksenmukaisinta perustaa sille, millaiset jätelaadut jo lähtökohtaisesti kerätään, kuljetetaan ja välivarastoidaan erillään. Näitä ovat esimerkiksi öljy-vesiseokset, öljyinen maa-aines, öljyyntynyt eläinjäte sekä öljyinen ja puhdas sekajäte.



KUVA 19

Lajiteltavat jätejakeet. QR-koodista avautuvat jätetyyppikohtaiset lajitteluohjeet.

SURAKKA 2017.

8.2 ÖLJYVAHINKOJÄTTEIDEN LAJITTELU

Lajittelu tulee suorittaa jakamalla öljyvahinkojäte jakeisiin, joille on olemassa soveltuva käsittelymenetelmä. Lajittelun periaatteena on erotella öljyiset jätteet öljyintymättömistä, kiinteä jäte nestemäisestä sekä poltettavaksi tai kompostoitavaksi soveltuva jäte. Lajittelulla saavutettavan hyödyn tulee myös ylittää siihen kohdistetut resurssit, ja siksi lajitteluohjeen on oltava yksinkertainen ja yksiselitteinen.

Öljyvahingossa syntyvä jäte lajitellaan neljään jättejakeeseen:

- öljy-vesiseos
- öljyinen maa-aines
- öljyinen sekajäte (esim. suojahansikkaat ja haalarit, imeytyspuomit ja -matot)
- riskijäte eli tartuntavaarallinen jäte (esim. kuolleet linnut).

Lajittelua helpottamaan on luotu QR-koodilliset ohjeet (ks. kuva 19). Jättejakeen tyyppin eli jätteen laadun tulee ilmetä jokaisesta jätetyypistä. Jätetyyppien merkitsemisessä voidaan hyödyntää värikoodattuja, QR-koodillisia tarroja tai paperitusteita tai jättejakeen nimeä kirjoitettuna tekstinä.

Lajittelu aiheuttaa lisäjärjestelyjä keräyksessä ja kuljetuksessa edellyttämällä jokaiselle jättejakeelle omat keräys- ja kuljetusyksikkönsä, mutta se vähentää huomattavasti vahinkojätteen loppukäsittelystä koituvia kustannuksia. Karkeasti voidaan arvioida, että öljyisen kiinteän jätteen käsittely maksaa 10-kertaisesti sekajätteeseen verrattuna. Vastaavasti lajittelemattoman vaarallisen jätteen käsittelykustannukset voivat nousta 100- tai 1000-kertaisiksi.

Pääosa jakeiden lajittelusta tapahtuu luonnostaan jo keräyshetkellä. Öljy-vesiseos pumpataan yleensä säiliöihin tai loka-autoon. Pilaantunut maa-aines poistetaan koneellisesti ja kuormataan vaihtolavalle tai muuhun kuljetusyksikköön. Tällä tavoin kerätyn maa-aineksen öljypitoisuus ei välttämättä ole kovin suuri. Rantojen puhdistus manuaalisesti on sen sijaan valikoivampaa ja tuottaa öljypitoisempaa jätettä. Näin myös eri öljypitoisuudet kulkevat eri reittejä, jos niitä ei läjitetä

ÖLJYINEN MAA-AINES

Maa-aineksen ja öljyn muodostamaa seosta syntyy suuria määriä koneellisessa puhdistustyössä. Myös käsin tehtävän puhdistuksen yhteydessä maa-aineksen ja öljyn muodostamaa seosta kertyy huomattavia määriä. Öljypitoisuus maa-aineksessa voi olla huomattavan suuri keräyksen alkuvaiheessa, mutta rantojen puhdistustyön edetessä öljypitoisuus yleensä pienenee. Käsityössä kerätään maa-aineksen ja öljyn muodostaman seoksen yhteydessä myös öljyintyneitä pieniä kiviä ja rantahiekkaa sekä puhdistetaan suuria kiviä käytettävien resurssien ja puhdistustyön kiireellisyden mukaan. Myös risuja, oksia, ajopuita ja rantakasveja öljyintyy jossakin määrin, riippuen rannan ominaispiirteistä. Suuria öljypitoisuuksia sisältävät maa-ainekset luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi, ja ne tulee pitää erillään vähemmän öljyä sisältävistä maa-aineksista, jotka luokitellaan tavanomaiseksi jätteeksi. Kiinteän vahinkojätteen vesipitoisuus tulee huomioida.



KUVA 20

Torjunta- ja keräystyö tuottaa paljon öljyistä sekajätettä. Välineitä ja tarvikkeita tulee mahdollisuuksien mukaan puhdistaa ja käyttää uudelleen.

PASCALE, SÖKÖ II.

samalle lavalle. Käsiyössä öljy kerätään yleensä monikäyttöastioihin tai saaveihin, jotka kumotaan suurempaan astiaan. Kiinteä öljyinen sekajäte, kuten suojahansikkaat ja muovit, on suositeltavaa laittaa eri astiaan kuin maa-aines. Jos mahdollista, öljyistä maa-ainesta ei siirretä kuljetusyksikköön muovipusseineen, vaan se kumotaan irrallisena. Näin maa-ainekselle olisi osoitettavissa useampia loppukäsittelyvaihtoehtoja. Keräystyömaalle on tuotava erikseen myös omia keräyssäiliöitä öljyntyntymättömälle sekajätteelle, ettei sitä päädy tahattomasti muiden jätejakeiden joukkoon. Yksi toimintatapa on tuoda keräystyömaalle vaihtolava, jonka päällä on kuudesta kahdeksaan kuution IBC-kiintojätekonttia tai nestemäiselle jätteelle soveltuvaa IBC-kevytsuurpakkausta. Yhtenäistä vaihtolavayksikköä on kätevämpi liikutella, mutta yhden astian sijaan jokaiselle jätejakeelle löytyy oman astiansa.

Lajitellut jätejakeet on pidettävä erillään koko vahinkojäteketjun ajan keräyksestä loppukäsittelyyn asti. Lastierien koontia varten tai loppukäsittelypaikkojen rajallisen vastaanottokapasiteetin vuoksi jätettä voidaan joutua välivarastoimaan tähän tarkoitukseen perustetuilla varastointialueilla.

ÖLJY-VESISEOS

Öljy-vesiseosta syntyy kerätessä öljyä keräysaluksilla merellä, kerätessä öljyä rantavedestä sekä välineiden huolto- ja puhdistuspaikoilla. Öljy-vesiseos voi olla määrällisesti suuri jätejäte, mutta se on suhteellisen helposti käsiteltävää. Vesi voidaan erottaa öljystä painovoimaisesti eli seisottamalla seosta säiliössä, kunnes faasit ovat erottuneet. Tämän jälkeen öljy voidaan käyttää polttoaineena polttolaitoksessa.

ÖLJYINEN SEKAJÄTE

Öljyinen sekajäte koostuu öljyntyneistä torjunta- ja keräysvälineistä (kertakäyttöiset keräysvälineet, vaatteet, suojaimet, öljyntorjuntavälineet) sekä käytetyistä imeytysaineista. Öljyisen sekajätteen osuuden vahinkojätteen kokonaismäärästä arvioidaan olevan pieni, muutamia prosentteja. Öljyinen sekajäte on vaarallista jätettä (puhekielessä ongelmajätettä), ja sitä tulee kuljettaa ja välivarastoida samoilla periaatteilla kuin öljyistä keräysjätettä. Öljyisen sekajätteen moninaisen koostumuksen takia se tulee aina käsitellä ympäristöluvan mukaisessa vaarallisten jätteiden käsittelylaitoksessa.

ÖLJYINEN RISKIJÄTE ELI TARTUNTAVAARALLINEN JÄTE

Riskijätettä muodostuu öljyntyntymisen seurauksena kuolleista linnuista ja muista eläimistä sekä lintujen pesu- ja hoitokonteilla muodostuvista käytetyistä neuloista, verta sisältävistä hoitotarvikkeista ja hoitohenkilöstön suojavarusteista. Edellä mainitut jätejakeet luokitellaan riskijätteiksi, sillä ne saattavat sisältää haitallisia bakteereja, viruksia ja muita mahdollisia taudinaiheuttajia. Riskijäte tulee saada mahdollisimman hyvin erilleen muista jätejakeista, joten sen erottaminen omaksi lajiteltavaksi jätejakeekseen on perusteltua. Manuaalin vihkossa 16 kerrotaan lisää eläinperäisestä jätteestä. Vihkosta 5A löytyy lisätietoa tartuntavaarallisen jätteen turvallisesta käsittelystä.

ÖLJYNTYMÄTÖN SEKAJÄTE

Öljyntymätöntä sekajätettä syntyy ruokailu- ja majoitustiloissa sekä keräystyömaalla. Jätettä muodostuu esimerkiksi välineiden ja varusteiden puhtaista suojamuoveista ja pakkauksista, puhtaista, repeytyneistä tyvek-haalareista jne. Öljyntymättömän sekajätteen laittamista öljyisen jätteen joukkoon tulee välttää, sillä se voidaan käsitellä yhdyskuntajätteenä. Öljyntymättömät jätteet lajitellaan alueellisen jätehuolto-yhtiön ohjeen mukaan energiajätteeseen, muuhun sekajätteeseen tai esimerkiksi muoveihin ja kartonkeihin.

Tällöin haasteena on eri jättejakeiden pysyminen erillään varastointikentällä. Väli-varastointikentällä tulee olla riittävästi tilaa sijoittaa eri jättejakeita sisältävät kuljetusyksiköt niin, että niitä voidaan operoida kutakin erikseen. Joillakin jättejakeilla voi olla nopeampi kierto kuin toisilla, joten niiden kulkua ei saa tukkia väärällä sijoittelulla.

8.3 ÖLJYVAHINGOJÄTTEIDEN SEURANTA JA DOKUMENTOINTI

Öljyvaahinkojätteen seuranta tulee tehdä torjuntaoperaation tehokkuuden, jätekuljetusten koordinaation ja kustannusten hallinnan lisäksi myös lakisääteisin perustein. Jätelain 12. §:n mukaan jätteen haltijan on oltava selvillä muun muassa jätteen alkuperästä, sen nykyisestä sijainnista,

JÄTEMÄÄRÄN MINIMOINTI ÖLJYVAHINGON TORJUNNASSA

Torjuntatyössä noudatetaan jätteen minimoinnin periaatetta jätelain mukaisesti. Jätelakiin sisältyvän jätehierarkian mukaan ensisijaista on ennaltaehkäistä jätteen syntymistä. Toissijaista on kierrättää jätteet uusien tuotteiden raaka-aineeksi. Jätteen polttaminen tulee kyseeseen vasta, jos jätettä ei voi ehkäistä eikä kierrättää.

Jätteen määrän minimoimiseksi

- suunnittele ja koordinoi työn käynnistäminen hyvin
- suosi valikoivia keräysmenetelmiä
- suojaa puhtaat alueet ja pidä ne puhtaina
- älä sekoita öljyntymättömiä ja öljyisiä jätteitä
- valvo lajittelua jo ketjun alkupäässä, varaa riittävästi astioita, merkitse ne selkeästi ja pidä kirjaa keräytystä ja kuljetetusta jätteestä
- arvioi mahdollisuudet välineiden ja materiaalien pesuun ja uudelleenkäyttöön.

Jätteen minimointiin pyritään sekä torjuntataktiikkaa, keräysmenetelmää, huoltoa että logistiikkaa suunniteltaessa. Torjuntatoimilla pyritään estämään

öljyn hallitsematon rantautuminen, jos se vain on mahdollista. Pysäytyspaikka suojataan puomilla ja rannansuojamatolla ennen öljyn rantaan ohjaamista. Öljy pyritään keräämään vedestä, ja öljy-vesiseos erotellaan painovoimaisesti. Rantojen puhdistamisessa suositetaan valikoivia keräysmenetelmiä, kuten manuaalista keräystä, tai pesutekniikoita. Imeytysmateriaaleja käytetään vain tarkoituksenmukainen määrä. Lisävaahinkoja estetään suojaamalla keräystyömaat ja jätteiden käsittelyalueet. Pitämällä kiinni likaisen ja puhtaan alueen rajoista estetään öljyn leviäminen torjuihin tai kaluston mukana laajemmalle. Jätteiden lajittelusta huolehditaan koko kuljetusketjun ajan. Lajittelu on selkeästi vastuutettu, ja se ohjeistetaan jokaiselle torjuntatyöhön osallistuvalla. Kaikki tarkoituksenmukainen kalusto, keräysvälineet ja varusteet pestään ja käytetään uudelleen tai varastoidaan tulevaa tarvetta varten. Pesun mielekkyyttä tulee arvioida kokonaishyödyn näkökulmasta. Pesu tuottaa öljyistä vettä. Varusteita voidaan puhdistaa myös imeytysliinoilla pyyhkimällä, mikä sekin tuottaa öljyistä jätettä. Öljyjätteen kuljetus- ja väli-varastointiyksiköt suojataan sadevesiltä ja linnuilta. Väli-varastoinnissa noudatetaan ympäristöviranomaisten ohjeita, ja jätteet toimitetaan käsiteltäviksi luvittuihin laitoksiin.



KUVA 21

Esimerkkejä jätehierarkian tavoitteiden huomioimisesta öljyvahingon torjunnassa.

LÄHDETTÄ IPIECA-IOGP 2014 MUKAILLEN.

määrästä, lajista ja laadusta. Jätteen määrä jäte-tyypeittäin tulee olla tiedossa myös kansainväliselle korvausrahastolle osoitettavaa korvaushakemusta varten; torjuntaa johtavan viranomaisen on hakiessaan korvausta torjuntatyön aiheuttamista kustannuksista osoitettava, kuinka paljon, mistä ja minkä laatuista jätettä on kerätty, kuljetettu ja loppukäsitelty.

Korvaushakemuksessa on öljyvahinkojätteen osalta esitettävä seuraavat tiedot:

- kerätyn ja muodostuneen jätteen määrä, laatu ja laji
- jätteen alkuperä (keräys- tai syntypaikka, kuten rantaosan nimi tai nimetty keräysalue) ja keräysaika

- jätteen kuljetuskustannukset sekä kuinka paljon öljyä tai muuta jätettä on kuljetettu, millä kulkuneuvolla ja mihin
- jätteen varastointi- ja loppukäsittelykustannukset.

Jätelogistiikan koordinoitua voidaan helpottaa ottamalla käyttöön sähköinen dokumentointi- ja seurantajärjestelmä, jolloin astian sisältämän jäte- ja kuljetusyksiköt voidaan merkitä RFID-tunnisteilla. Lisätietoa seurantajärjestelmästä manuaalin vihkossa 10 ja jätteen haltijan velvollisuuksista vihkossa 12.

LISÄTIETOA

ECHA (European Chemicals Agency). **Rekisteröidyt aineet -tietokanta**. Saatavissa <http://echa.europa.eu/fi/information-on-chemicals/registered-substances>

Oil Properties Database <http://www.etc-cte.ec.gc.ca/databases/oilproperties/Default.aspx>

ACS. 2012. **Alaska Clean Seas Technical Manual**. Volume 1. Tactics Descriptions. Revised 03/2012. Prudhoe Bay, Alaska.

Asikainen, A. 2009. **Merialueilla tapahtuvat öljyalusonttomuudet**. Teoksessa Etelä- ja Länsi-Suomen jätesuunnitelma. Taustaraportti. Jätehuolto poikkeuksellisissa tilanteissa. Kaakkois-Suomen ympäristökeskuksen raportteja 1/2009. Kouvola: Kaakkois-Suomen ympäristökeskus, 9–102.

Glover, N. W. & Dickins, D. 1999. **Response Plans for Arctic Oil and Ice Encounters**. IOOSC Proceedings 1999.

Halonen, J. 2014. **Taustaselvitys alusöljyvahingon talvitorjunnasta pelastustoimen vastuualueella**. Kymenlaakson ammattikorkeakoulun julkaisuja A55. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-306-067-8>

Halonen, J. 2020. **Meriliikenteen polttoaineet ja lastina kuljetettavat öljyt Suomenlahdella**. Teoksessa Halonen, J. (toim.) Öljyntorjuntavalmiuden kehittäminen Suomenlahden rannikon pelastuslaitoksissa. SÖKÖSuomenlahti-hankkeen taustaselvitykset ja loppuraportti. Xamk Kehittää 134. Kotka: Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu.

Halonen, J. 2020. **Öljyvahinkojätteen määrän arviointi 30 000 tonnin esimerkkivahingossa Suomenlahdella**. Teoksessa Halonen, J. (toim.) Öljyntorjuntavalmiuden kehittäminen Suomenlahden rannikon pelastuslaitoksissa. SÖKÖSuomenlahti-hankkeen taustaselvitykset ja loppuraportti. Xamk Kehittää 134. Kotka: Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu.

Halonen, J. & Malk, V. 2017. **Bioöljyt ja -polttoaineet öljyntorjunnan näkökulmasta**. Teoksessa Malk V. (toim.) Itä-Suomen maa-alueiden ja Saimaan vesistöalueen öljyn ja vaarallisten aineiden varastoinnin ja kuljetusten ympäristöriskien älykäs minimointi ja torjunta. Xamk Kehittää 3. Kotka: Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu.

IEPCA-IOGP. 2014. **Oil spill waste minimization and management. Good practice guidelines for incident management and emergency response personnel**. IOGP Report 507.

Jolma, K., Haapasaari, H., Häkkinen, J. & Pirttijärvi, J. 2018. **Suomen ympäristövahinkojen torjunnan kokonaisselvitys 2017–2025**. Valtakunnallisen torjuntavalmiuden tavoitteet, nykytila ja kehitystarpeet. Ympäristöministeriön raportteja 24/2018. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Lempinen, H.K. 2006. **Öljyvahingon torjunnassa käytettävät keräys ja kuljetusastiat**. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Logistiikka. Opinnäytetyön versio 29.5.2006.

Lukkari, K. & Kankaanpää, H. 2012. **Öljyperäisten hiihivety-yhdisteiden sedimentaatio**. Teoksessa Rousi, H. & Kankaanpää, H. (toim.) Itämerellä tapahtuvien öljyvahinkojen ekologiset seuraukset. Suomen kansallinen toimintasuunnitelma. Ympäristöhallinnon ohjeita 6/2012. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.

Malk, V. 2017. **Biopolttoaineiden käyttäytyminen ja vaikutukset ympäristössä vahinkotilanteessa**. Teoksessa Malk V. (toim.) Itä-Suomen maa-alueiden ja Saimaan vesistöalueen öljyn ja vaarallisten aineiden varastoinnin ja kuljetusten ympäristöriskien älykäs minimointi ja torjunta. Xamk Kehittää 3. Kotka: Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu.

Malk, V. & Zhaurova, M. 2017. **Demonstraatiokoheet biopolttoaineiden käyttäytymisestä vedessä ja maaperässä**. Teoksessa Malk V. (toim.) Itä-Suomen maa-alueiden ja Saimaan vesistöalueen öljyn ja vaarallisten aineiden varastoinnin ja kuljetusten ympäristöriskien älykäs minimointi ja torjunta. Xamk Kehittää 3. Kotka: Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu.

Partila, M. 2010. **Alusöljyvahingon seurauksena rantautuvan öljyn lajitteluohjeiston muodostaminen**. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Diplomityö.

Öljylaatujen ominaisuudet

- Huomioi öljyalaatu: mikä öljy kyseessä?
- Haihtuva öljy voi aiheuttaa palo- ja räjähdysvaaran sekä terveyshaittaa.
- Kevyet öljyalaadut ovat vesiympäristölle öljyhiilivedyistä myrkyllisimpiä.
- Ota öljystä näyte mahdollisimman pian päästön tapahduttua. Tutkittavia ominaisuuksia ovat muun muassa emulgoituminen, jähmeys lämpötilan mukaan ja vaarallisten haihtuvien aineiden haihtumisaika. Näytettä tarvitaan myös mahdollisen ympäristörököksen tutkintaa varten.

Öljyvahingosta muodostuvan jätteen laatuun ja määrään vaikuttavat muun muassa seuraavat tekijät:

- ensitoimenpiteet haverialuksella (aluksen vakaavuuden varmistaminen, kevennys, suojasatamaan siirto)
- mereen vuotaneen (öljyn määrä ja) öljyn laadusta seuraava öljyn haihtuminen, dispersoituminen, emulgoituminen ja/tai uppoaminen sekä tahrausvaikutus
- merellä tapahtuvaa torjuntaa rajoittavat/tukevat olosuhteet ja tekijät
- öljyn keräystä vedessä rajoittavat/tukevat olosuhteet ja tekijät
- öljyn leviämistä ja kulkeutumista rajoittavat/tukevat olosuhteet ja tekijät (tuuli, virtaukset, jääolosuhteet)
- altistuvan alueen rikkonaisuus (saarien ja luotojen määrä) sekä öljyntyneen rannan topografia ja rantaprofiili (huuhtoutuvuus, pidättävyys)
- öljyntyneen rantaviivan pituus ja rantamateriaali (kallio, louhikko, kivikko, hiekka, siltti, muta jne.)

- rantakasvillisuuden, levän ja kelluvan kasvijätteen määrä
- vuodenajasta riippuva öljylle altistuvien eläinten määrä
- valittu keräys- ja puhdistusmenetelmä, työvälineiden ja -varusteiden dekontaminaatiomenetelmä sekä suojamateriaalien käyttötarve kuljetuksissa ja välivarastoinnissa
- työn suunnitelmallisuus ja öljynkeräyksen ajoitus
- tavoiteltu puhtaustaso.

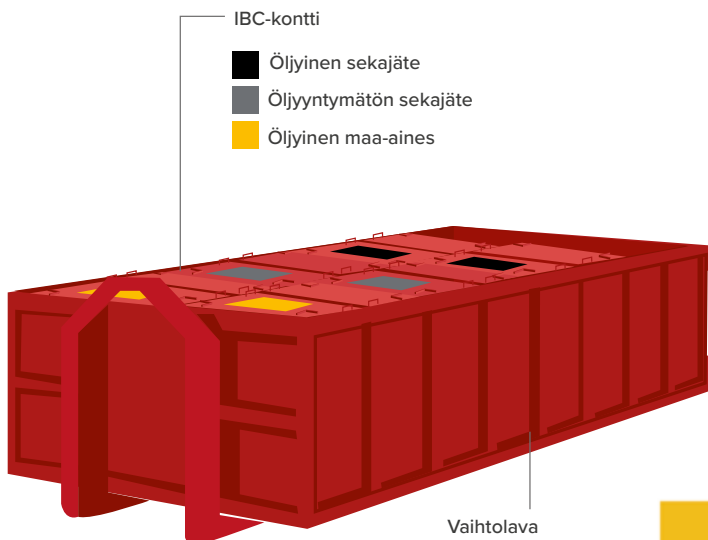
Öljyvahinkojättemäärän minimointi torjunta- ja keräysoissa

- Jätteen määrän minimoimiseksi
 - suunnittele ja koordinoi työn käynnistäminen hyvin
 - suosi valikoivia keräysmenetelmiä
 - suojaa puhtaat alueet ja pidä ne puhtaina
 - älä sekoita öljyntyneitä ja öljyisiä jätteitä
 - valvo lajittelua jo ketjun alkupäässä, varaa riittävästi astioita, merkitse ne selkeästi ja pidä kirjaa keräystä ja kuljetusta jätteestä
 - hyödynnä mahdollisuudet välineiden ja materiaalien pesuun ja uudelleenkäyttöön.
- Jos mahdollista, lajittele öljyvahinkojätteet myös öljypitoisuuden perusteella.
 - Öljyvahinkojäte luokitellaan öljypitoisuuden ja/tai öljyn haitta-aineiden perusteella joko vaaralliseksi jätteeksi tai tavanomaiseksi jätteeksi.

Jätteen lajittelu

- Lajittele jäte heti kerättyessä tai muutoin torjuntatyön alussa.
- Jaa öljyvahinkojäte jakeisiin, joille on olemassa soveltuva käsittelymenetelmä.
- Pidä lajitellut jättejakeet toisistaan erillään koko jätehuoltoketjun ajan lajittelusta käsittelyyn.
- Lajittele myös öljyntyneen sekajäte.
- Merkitse jättejakeiden nimet jätteastioihin selkeästi, esimerkiksi laminoidulla paperilapulla ja mahdollisuuksien mukaan värikoodein. Astian sisällön osoittavan merkin tulee näkyä joka suunnasta.

- Lajitteluohjeissa voit hyödyntää esimerkiksi tämän manuaalin QR-koodeja.
- Kuljetusyksiköt voi merkitä myös RFID-tagilla tai vastaavalla.
- Varaa keräystyömaalle esimerkiksi vaihtolava, jonka päällä on 6–8 kappaletta kuution kiintojätekonttia. Yhtenäistä yksikköä on kätevämpi liikutella ja jokaiselle jättejakeelle löytyy oma astiansa, eniten kertyvälle maa-ainekselle useampi.



ÖLJYINEN MAA-AINES

Mitä tänne lajitellaan?
Skannaa koodi ja katso lajitteluohjeet.

Lataa qr-koodin lukija sovelluskaupasta tai avaa ohje tästä linkistä:

<http://bit.ly/lajittelu-oljy-maa>



ÖLJY-VESISEOS

Mitä tänne lajitellaan?
Skannaa koodi ja katso lajitteluohjeet.

Lataa qr-koodin lukija sovelluskaupasta tai avaa ohje tästä linkistä:

<http://bit.ly/lajittelu-oljy-vesi>



ÖLJYINEN SEKAJÄTE

Mitä tänne lajitellaan?
Skannaa koodi ja katso lajitteluohjeet.

Lataa qr-koodin lukija sovelluskaupasta tai avaa ohje tästä linkistä:

<http://bit.ly/lajittelu-oljy-seka>



ÖLJYINEN RISKIJÄTE

Mitä tänne lajitellaan?
Skannaa koodi ja katso lajitteluohjeet.

Lataa qr-koodin lukija sovelluskaupasta tai avaa ohje tästä linkistä:

<http://bit.ly/lajittelu-oljy-riski>



ÖLJYNTYNEEN SEKAJÄTE

Mitä tänne lajitellaan?
Skannaa koodi ja katso lajitteluohjeet.

Lataa qr-koodin lukija sovelluskaupasta tai avaa ohje tästä linkistä:

<http://bit.ly/lajittelu-oljyntyneen-seka>



ÖLJYINEN MAA-AINES

Mitä tänne lajitellaan?
Skannaa koodi ja katso lajitteluohjeet.

Lataa qr-koodin lukija sovelluskaupasta
tai avaa ohje tästä linkistä:

<http://bit.ly/lajittelu-öljy-maa>



ÖLJY-VESISEOS

Mitä tänne lajitellaan?
Skannaa koodi ja katso lajitteluohjeet.

Lataa qr-koodin lukija sovelluskaupasta
tai avaa ohje tästä linkistä:

<http://bit.ly/lajittelu-öljy-vesi>



ÖLJYINEN SEKAJÄTE

Mitä tänne lajitellaan?
Skannaa koodi ja katso lajitteluohjeet.

Lataa qr-koodin lukija sovelluskaupasta
tai avaa ohje tästä linkistä:

<http://bit.ly/lajittelu-öljy-seka>



ÖLJYINEN RISKIJÄTE

Mitä tänne lajitellaan?
Skannaa koodi ja katso lajitteluohjeet.

Lataa qr-koodin lukija sovelluskaupasta
tai avaa ohje tästä linkistä:

<http://bit.ly/lajittelu-öljy-riski>



ÖLJYINTYMÄTÖN SEKAJÄTE

Mitä tänne lajitellaan?
Skannaa koodi ja katso lajitteluohjeet.

Lataa qr-koodin lukija sovelluskaupasta
tai avaa ohje tästä linkistä:

<http://bit.ly/lajittelu-öljyintymätön-seka>

Lajitteluohjeet

ÖLJYINEN MAA-AINES

- Öljyyntynyt maa-aines, risut, oksat, kaislat ja muu kasvillisuus.
- Suuria öljypitoisuuksia sisältävät maa-ainekset tulee pitää erillään vähemmän öljyä sisältävistä maa-aineksista.
- Käsintehdyssä puhdistustyössä maa-aineksen öljypitoisuus on suuri keräyksen alkuvaiheessa, joten tälle jätteelle on varattava omat astiansa.
- Huomioi keräys- ja välivarastointisäiliöiden tiiviys maa-aineksen öljypitoisuuden ollessa suuri.

Lajitteluohjeet

ÖLJY-VESISEOS

- Öljy-vesiseosta syntyy kerättäessä öljyä keräysaluksilla tai rantavedestä sekä välineiden huolto- ja puhdistuspaikoilla.
- Öljy-vesiseos voidaan erotella toisistaan painovoimaisesti seisottamalla seosta säiliössä, kunnes faasit ovat erottuneet.
- Tämän jälkeen öljy voidaan käyttää polttoaineena polttolaitoksessa.

Lajitteluohjeet

ÖLJYINEN SEKAJÄTE

Öljinen sekajäte koostuu öljyisistä torjuntavälineistä, kuten

- käytetyt suojarahusteet, hanskat, haalarit ja muut suojaimet
- käytetyt imeytysaineet ja muut kertakäyttöiset torjunta- ja keräysvälineet
- käytöstä poistettavat, öljyyntyneet puomit.
- Öljinen sekajäte on ongelmajätettä, ja sitä tulee kuljettaa ja välivarastoida samoilla periaatteilla kuin öljyistä keräysjätettä.

Lajitteluohjeet

ÖLJYINEN RISKIJÄTE

Riskijätettä eli tartuntavaarallista jätettä muodostuu

- öljyvahingon seurauksena kuolleista linnuista ja muista eläimistä,
- lintujen pesu- ja hoitokonteilla muodostuvista käytetyistä neuloista, verta sisältävistä hoitotarvikkeista ja hoitohenkilöstön suojarahusteista.
- Edellä mainitut jätejakeet luokitellaan riskijätteiksi, sillä ne saattavat sisältää haitallisia bakteereja, viruksia ja muita mahdollisia taudinaiheuttajia.
- Riskijäte tulee saada erilleen muista jätejakeista.
- Lisätietoa eläinjätteen turvallisesta käsittelystä SÖKÖ-manuaalin vihkoista 16 ja 5A.

Lajitteluohjeet

ÖLJYYNTYMÄTÖN SEKAJÄTE

Öljyyntymätöntä sekajätettä syntyy ruokailu- ja majoitustiloissa sekä keräystyömaalla (puhtaat suojamuovit, puhtaat repeytyneet haalarit jne.)

- Öljyyntymättömät jätteet lajitellaan alueellisen jätehuoltoyhtiön ohjeen mukaan energiajätteeseen tai muuhun sekajätteeseen.
- Öljyyntymätön sekajäte voidaan käsitellä yhdyskuntajätteenä.

Muistiinpanoja

A series of horizontal dotted lines providing space for notes.

sökö

SÖKÖSuomenlahti – Öljyntorjunnan toimintamalli
Suomenlahden rannikon pelastustoimialueilla.

VIHKO 08

Öljyvahinkojätteen ominaisuudet ja lajittelu