

09B

**Öljyntorjunta
vesialueella**

sökö

SÖKÖSaimaa -manuaali
Öljyntorjunnan toimintamalli Saimaan syväväylälle

Öljyntorjunta vesialueella



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu



XAMK Kehittää 42
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu
Kotka 2018

© Tekijät ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu
Graafinen suunnittelu ja taitto: Katri Eerikäinen
Paino: Grano Oy
ISBN: 978-952-344-084-5
ISBN: 978-952-344-085-2 (verkkojulkaisu)
ISSN: 2489-2467
ISSN: 2489-3102 (verkkojulkaisu)
julkaisut@xamk.fi

09B

Öljyntorjunta vesialueella

Öljyntorjunnassa puomeja käytetään rajaamaan öljyn leviämistä tai ohjaamaan sen kulkua suojattavien kohteiden ohi tai kohti määriteltyä keräysaluetta. Rajaamisella öljylautta saadaan lisäksi rikastumaan öljyn keräämisen kannalta riittävään kerrospaksuuteen. Puomituksen onnistumiselle asettaa haasteita öljyn kulkeutumisenopeus sekä virtausten, tuulen ja aallokon vaikutus puomien toimintaan. Oikealla puomivalinnalla sekä operaation hyvällä koordinoinnilla voidaan näitä haittoja vähentää, joskaan ei aina kokonaan poista. Huonoissa olosuhteissa mikään puomityyppi tai puomimuodostelma ei toimi täydellä varmuudella.

Puomitukseen on käytettävissä eri puomityyppejä, kuten aita- ja verhopuomeja. Oikeanlaisen puomityypin valinta oikeanlaiseen tehtävään riippuu puomin ominaisuuksista. Puomin tulisi olla riittävän joustava, jotta se pystyisi myötäilemään aallokon liikkeitä, mutta samalla riittävän jäykkä, jotta se pidättäisi öljyä mahdollisimman paljon. Puomin valintaan vaikuttavat myös veden syvyys ja virtaukset. Tässä manuaalin osassa tarkastellaan eri puomityyppien ominaisuuksia ja erilaisia tapoja puomien käyttämiseen. Lisäksi kuvataan öljyn keräämistä puomituksista ja rannan suojaamista. Tekstissä esitetään myös huomioita työturvallisuudesta puomituksessa. Työturvallisuutta yleisemmin käsitellään manuaalin osassa 5.

SISÄLLYS

Tiivistelmä.....	7
1 Puomin rakenne	8
2 Puomin ominaisuudet	10
3 Puomityypit	11
4 Puomien valinta	15
5 Puomitustaktiikat ja -tekniikat	17
5.1 Rajaaminen ja nuottaus	18
Ympäripuomitus	18
Nuottaus kahdella tai kolmella aluksella	20
Nuottaus yhdellä aluksella	23
Kriittinen nopeus	23
5.2 Ohjaaminen ja suuntaaminen	27
5.3 Suojaaminen	30
6 Puomitarpeen arviointi	33
7 Puomituspaikan valinta	35
8 Selvitys ja ankkurointi	36
9 Öljyn kerääminen puomituksesta	39
Lisätietoa	40
TOK 9B1 Nuottaus usealla aluksella	41
TOK 9B2 Nuottaus yhdellä aluksella	43
TOK 9B3 Ympäripuomitus	44
TOK 9B4 Sulkupuomitus	45
TOK 9B5 Ohjauspuomitus	46
TOK 9B6 Ohjauspuomitus paravanella	48
TOK 9B7 Suuntauspuomitus	50

Tiivistelmä

- Torjuntataktiikoina voidaan käyttää yhden tai useamman aluksen dynaamista puomitusta, rantakiinnitteisiä puomituksia ja öljyn keräämistä. Torjuntatekniikoina voidaan hyödyntää esimerkiksi rajaamista, nuottausta, ohjausta tai suuntaamista.
- Rajaamisessa voidaan käyttää ympäripuomitusta, motitusta ja nuottausta esimerkiksi U-, V- ja J-muodostelmissa.
- Ympäripuomitukseen tarvitaan noin kuusi kertaa kohteen pituuden verran puomia. Puomitus luodaan muodostamalla kaksi suojauskehää, joiden väliin jätetään riittävästi pintautumistilaa ensimmäisestä kehästä mahdollisesti karkaavalle öljylle.
- Nuottaamista tehostaa huomattavasti jos on mahdollista käyttää ilmatiedustelua ohjaamaan alukset öljylautan paksuimpaan kohtaan. Tehokkaimmin nuottaus toimii, kun alukset pysyvät riittävän lähellä toisiaan. Leveän pyyhkäisyalan tavoittelemisen sijaan kannattaa nuotata kapeammalla leveydellä useampaan kertaan.
- Öljypisaroiden tai läiskien nousu pintaan puomin jäljestä kertoo nuotan vuotamisesta. Nuotan liiallisesta nopeudesta kielii myös nuotan perään syntyvät vesipyrötteet. Puomin pohjukkaa ei kuitenkaan hinaavista aluksista näe – tähän tulee käyttää joko vene- tai ilmatiedustelua.
- Nuotattaessa tai puomitettaessa virtausnopeus puomilla ei tule ylittää puolta solmua eli noin 0,3 m/s. Tätä kutsutaan kriittiseksi nopeudeksi. Kun tämä nopeus ylittyy, öljy, joka kohtaa puomin pohjukassa kohtisuoran puomipinnan, karkaa puomin ali. Öljy karkaa, vaikka puomi pysyisikin pystyssä. Ilmiö ei siis edellytä puomin kaatumista tai sukeltamista. Kriittisen nopeuden raja-arvo määräytyy puomin rakenteen lisäksi öljytyypin perusteella.
- Virtaavassa vedessä puomeja käytetään suuntaamiseen ja ohjaamiseen siten, että puomi asetetaan kulmaan vedenvirtaussuuntaan nähden, jotta suhteellinen nopeus puomin pinnassa vähenisi. Suuntauskulma edellyttää pidempää puomia kuin suojattavan kohteen pituus tai vesistön leveys. Esimerkiksi kapeikossa, jossa veden virtausnopeus on suuri, puomia tarvitaan 3–4 kertaa vesialueen leveyden verran.
- Suurissa virtausnopeuksissa öljyn pysäyttämiseen tarvitaan useampi puomi. Kun ensimmäinen puomi ottaa vastaan suurimman virtausvoiman on virtaus jo hieman hitaampaa seuraavalla puomilla. Jälkimmäisen puomin toimintavarmuus on siten paljon parempi.
- Suojaamisessa on huomattava, että yhden alueen suojaaminen saattaa helposti johtaa viereisten alueiden likaantumiseen, ellei öljyn liikettä saada pysäytettyä. Siksi on pyrittävä muodostamaan alueita, joihin öljy alkaa kertyä ja joista sitä poistetaan.
- Öljyvuoto virtaavaan veteen leviää ja kulkeutuu laajalle alueelle, ellei sitä saada rajattua tai ohjattua rantaan kerättäväksi. Öljyn pysäytyspaikka valitaan hitaammin virtaavalta alueelta, esimerkiksi joen suvantoalueelta tai lahdelmasta alueen herkkyys, puhdistettavuus ja logistiset rajoitteet huomioiden.
- Pysäytyspaikka suojataan rannansuojapuomilla ja imeyttävällä materiaalilla ennen öljyn rantaan ohjaamista.
- Puomituksen onnistumiselle asettaa haasteita öljyn kulkeutumisnopeus, lautan hajoaminen useaan osaan sekä virtausten, tuulen ja aallokon vaikutus puomin toimintakykyyn. Puomityyppi valitaan vesialueen syvyyden, suojaisuuden ja virtausolosuhteiden mukaan.

Tämän tekstin lähteenä on käytetty pääasiassa IMO:n ohjeita *Manual on Oil Pollution, Combating Oil Spills* (2005) ja *Guideline for Oil Spill Response in Fast Currents* (2013), ITOPFIn ohjetta *Use of Booms in Oil Pollution Response* (2014), M. Fingasin teosta *The Basics of Oil Spill Cleanup* (2013), Suomen ympäristökeskuksen *Öljypuomiopasta* (2016) sekä U.S. Navyn ja U.S. Coast Gardin manuaaleja. Tämä teksti lähdeviitteineen löytyy SÖKÖSaimaan hankejulkaisusta.

1 Puomin rakenne

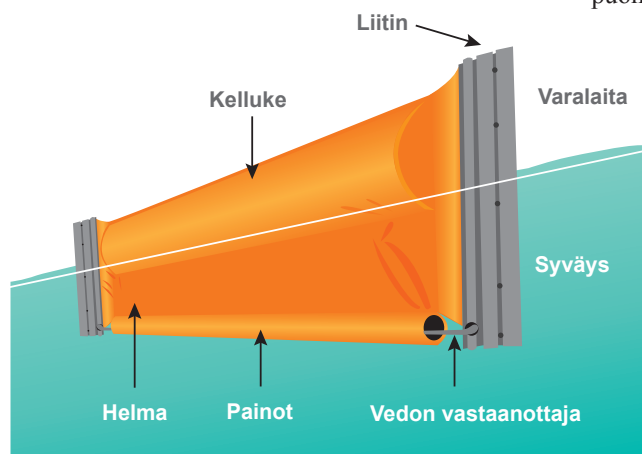
Puomityyppejä on useita, mutta puomin rakenne on useimmissa malleissa samankaltainen.

Varalaidaksi (freeboard) kutsutaan puomin vedenpinnan yläpuolista osaa ja sen korkeutta. Varalaidan korkeus määrittää, miten paljon öljyä roiskuu (tai ei roisku) puomin ylitse. Liian korkea varalaita tekee puomista tuuliherkän. **Syväys** (draught) taas on puomin veden alla olevan osan korkeus. Useimmissa puomeissa syväys on 2/3 puomin kokonaiskorkeudesta.

Kelluke (flotation members tai floats) määrittää nimensä mukaisesti puomin kelluvuutta eli sitä, miten puomi pysyy vedenpinnalla. Kellukkeet voivat olla kiinteitä tai ilmalla täyttyviä. Kiinteät kellukkeet ovat yleensä joko polyuretaania tai polyetyleneä. Kellukkeet ovat joko taipuisia, tai sitten jäykät kellukkeet on jaksotettu, jotta puomin taipuminen ja eläminen aallonharjalla mahdollistuisi.

Helma (skirt) on puomin osa kellukkeen alla. Helman avulla öljy rajautuu vedessä, ja sen tavoite on

Kuva 1. Puomin perusrakenne (Fingas 2013).



estää öljyn liike puomin alitse. Helma on yleensä samaa materiaalia kuin kellukkeet tai kellukkeiden päällysmateriaali, eli nailonia, polyesteriä, Kevlaria® tai niiden sekoitusta, ja ne on kyllästetty tai pinnoitettu esimerkiksi PVC:llä, polyuretaanilla, neopreenilla tai nitrilikumilla. Virtauksen puomiin kohdistama voima on verrannollinen helman pinta-alaan, ja siksi eri käyttökohteisiin soveltuville puomeille on määritelty optimikoot. Esimerkiksi virtaavaan veteen kannattaa valita mahdollisimman pienisyväyksinen puomi.

Puomeissa on tyypillisesti helman alaosassa ketju, köysi tai kuormaliina, joka toimii puomiin kohdistuvan vaakasuoran **vedon vastaanottajana** (tension member). Puomin materiaali ei itsessään ole riittävän vahvaa kestäämään siihen kohdistuvia voimia, paitsi erittäin suojaisilla vesillä. Alaosan ketju toimii samalla puomin **painona** (ballast). Painojen tehtävänä on pitää puomi pystyasennossa. Painot, samoin kuin ankkurointi, pienentävät puomin tuuliherkkyyttä, mutta samalla sen kelluvuusominaisuudet heikkenevät. Painojen tulee olla joko kipinöimätöntä materiaalia tai sitten painona käytettävä kettinki tulee pinnoittaa. Eräissä rannansuojapuomeissa käytetään painona vettä. Osassa puomeista on lisäksi **jäykistäjiä** (stiffeners), jotka tukevat ja auttavat puomin pystyssä pysymistä.

Puomit kytketään toisiinsa **liittimien** (connectors) avulla. Liittimien yhteensopivuutta on pyritty tukemaan standardoinnilla. Useimmissa puomimalleissa on ASTM International -standardointijärjestön mukaan nimettyjä ASTM-liittimiä (American Society for Testing and Materials, ASTM), mutta muitakin liittintyyppäjä on markkinoilla. Puomia hankittaessa tulee yhteensopivuuden lisäksi kiinnittää

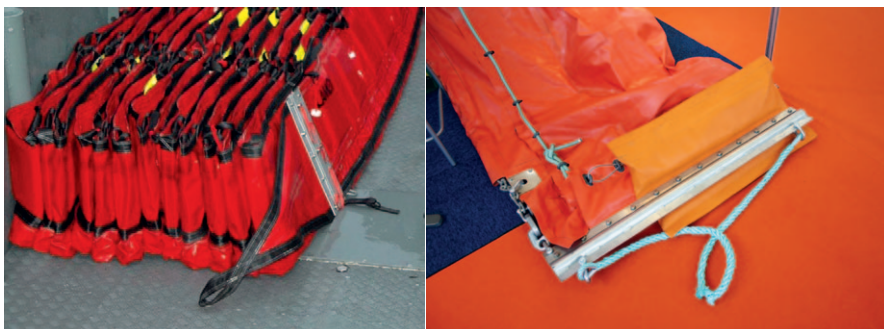


Kuva 2. Erilaisia puomiliittimiä. Ylä- tai alakautta liu'utettavan liuku-liitoksen ja Z-liitoksen lisäksi käytössä on mm. U-pulttiliitoksia aluslevyllä ja siipimuttereilla. U-pulttiliitos tulee kiinnittää valmiiksi ennen veteen laskua. Toisissa liitintyypeissä on uros- ja naaraspuolet puomin eri päissä, ja tämä tulee huomata liitettäessä useampaa puomijataa yhteen vedessä. (Halonen 2009, 2016 ja 2017)

huomiota liittimien helppokäyttöisyyteen. Puomit tulee saada liitettyä nopeasti myös kylmstä kohtein sormin ilman vaaraa tippuvista osista. Niiden tulee olla myös tiiviitä; öljy ei saa päästä karkaamaan liitoksesta.

Puomin päähän voidaan kiinnittää myös **magneettiitin** (magnetic connector, magnetic hull connector), jolla pään saa liitettyä tiiviisti esimerkiksi haverialuksen kylkeen tai muuhun tasaiseen metallipintaan.

Puomeissa on myös **vetopää**, josta puomia hinataan. Veto-pää (tow bridle, towing bridle) voi olla puomimateriaalista valmistettu, vahvennettu kappale, joka liitetään puomin päähän, tai päätylii-



tin, jonka keskikohdalta ja/tai ylä- ja alareunoista lähtevät vetoköydet tai -vaijerit.

Puomin helman alaosassa on päissä ja tasaisin välimatkoin **kiinnityskohdat ankkureille**. Osassa puomimalleista on lisäksi kiinteänä **kädensijat** ja **nostoraksit, tutkaheijastimet** ja kiinnityspaikat valoille, ns. **lampputaskut**.

Kuva 3. Puomin vetopäitä (Pascale 2008 ja Halonen 2015).

2 Puomin ominaisuudet

Puomi rajoittaa öljyä tehokkaimmin, jos se pysyy pystyssä aallokkoa myötäillen puomin 2/3-linjan tai kellukelinjan myötäillessä veden pintaa. Puomin toimivuutta eri käyttökohteissa määrittävät pitkälti puomin **nostevara** (reserve buoyancy, myös buoyancy-to-weight ratio), **kohoiluvaste** (heave response) ja **pyörintävastus** (roll response). Näiden ominaisuuksien vertaaminen on tärkeää tietynlaiseen toimintaympäristöön hankittavan puomin ostopäätöstä tehtäessä ja valittaessa soveltuvinta puomia vahinkopaikan olosuhteisiin.

Puomin **nostevara** määritellään puomin painon ja kelluvuuden suhdeluvun avulla. Kellukkeiden tulee tarjota riittävästi nostetta puomin painoon ja siihen kohdistuviin voimiin (virtaus, aallokko) nähdessä, jotta puomin vakavuus säilyy. Mitä suurempi nostevara puomilla on, sitä paremmin se kelluu. Nostevara voidaan ilmoittaa myös vedenpinnalla olevan kellukkeen osan tilavuutta vastaavan kellukemateriaalin painona.

Kohoiluvaste kuvaa puomin kykyä mukautua aaltoihin. Kohoiluvasteeseen vaikuttaa puomin nostevara sekä joustavuus ja taipaisuus siten, että suuri nostevara ja puomin keveys antavat sille hyvän kohoiluvasteen, kun taas jäykkyys heikentää sitä. Puomi, jolla on hyvä kohoiluvaste, liikkuu aaltoja myötäillen ylös ja alas vedenpinnassa, eikä sukella aallon osuessa kohdalle. Riittävä varalaita kompensoi jonkin verran huonoa kohoiluvastetta. Kohoiluvasteesta käytetään Suomen ympäristökeskuksen julkaisuissa myös nimitystä nostevaste, mutta termin erottumiseksi selkeämmin nostevarasta käytetään tässä tekstissä merenkulussa yleisemmin käytettyä suomennosta.

Pyörintävastus kuvaa puomin kykyä säilyttää vedessä pystyasentonsa, jota virtaus, aallokko ja tuuli pyrkivät usein poikkeuttamaan. Jos puomin

helma poikkeutuu liikaa oikeasta asennostaan nousemalla kohti pintaa, öljy karkaa helman alta. Tätä tapahtuu, jos vedon vastaanottaja on liian lähellä pintaa: helma nousee pintaa kohti, jos puomin kiinnityspiste on virtauksen aiheuttaman voiman painopisteen yläpuolella. Nousemista edistää liian kevyt helman alaosa. Jos taas puomin kiinnityspiste on virtausvoiman painopisteen alapuolella, lähtee puomin yläosa eli varalaita kääntymään. Se, miten puomi pystyy oikaisemaan nämä voimat ja pysymään pystyssä, kuvataan pyörintävastuksella. Pyörintävastusta voidaan kasvattaa mm. lisäämällä painoa helman alaosaan, mikä toisaalta vähentää kelluvuutta. Helman nousua voidaan estää myös ankkuroimalla. Tällöin helman repeämistodennäköisyys kuitenkin kasvaa. Myös puomin jäykkyys yleensä vähentää pyörimistä. Pyörintää aiheuttaa erityisesti, jos voimakas tuuli ja voimakas virtaus ovat vastakkaisuuntaiset.

Edellä kuvattujen ominaisuuksien seurauksena eri puomityypit käyttäytyvät eri tavoin erilaisissa olosuhteissa; virtaavassa vedessä, tuulessa ja aallokossa. Puomityyppi tulee valita käyttötarkoitukseen sopivaksi. Yleisesti voidaan sanoa, että verhopuomit ovat aita-putomeja monikäyttöisempiä. Seuraavassa on tarkasteltu eri puomityyppejä tarkemmin.

3 Puomityypit

Puomit voidaan jakaa karkeasti kolmeen tyyppiin: 1) aitapuomeihin, 2) verhopuomeihin ja 3) erikoispuomeihin. Puomit voidaan jakaa myös käyttöalueensa mukaan avomeri-, rannikko-, joki- tai rantapuomeihin. Erikoispuomeihin voidaan sisällyttää esimerkiksi polttopuomit, verkkopuomit ja vesitäytteiset rannansuojapuomit.

Aitapuomit ovat yleensä litteitä, pystysuorassa suunnassaan jäykähköjä tai täysin jäykkiä, ja niiden kellukkeet ovat rakenteeltaan joko kiinteitä, esimerkiksi umpinaisesta solumuovista valmistettuja, tai rakeilla täytettäviä.

Aitapuomit ovat halvemman hintansa vuoksi melko yleisiä. Niiden käyttökohteiksi soveltuvat ainoastaan hyvin suojaisat vedet. Aitapuomeille on tyypillistä huono kohoiluvaste niiden alhaisen nostevaran ja jäykkyyden vuoksi. Ne myötäävät aallokkoa huonosti ja painuessaan veden alle tai kaatuessaan päästävät öljyn karkaamaan. Jäykät ja korkeavaralaitaiset aitapuomit saattavat kaatua tuulen ja virtausten vuoksi ja harjoituksissa havaittuna myös veneiden peräaallostaa. Kiinteitä aitapuomeja ei suositella käytettäväksi virtaavassa vedessä, tuulussa tai aallokossa. Samasta syystä ne eivät sovellu myöskään nuottaukseen muutoin kuin tyynessä vedessä hyvin alhaisissa nopeuksissa. Aitapuomien etuna nähdään niiden pieni varastointitilan tarve sekä kevyt käsiteltävyys. Lisäksi puomipinnan yhtenäinen profiili ilman epätasaisuuksia tukee laminaarista, pyörteetöntä virtausta vähentäen veden pyörteilyistä johtuvaa öljyn karkaamista. Puomit soveltuvat myös ilmatäytteisiä puomeja paremmin jääolosuhteissa käytettäväksi.

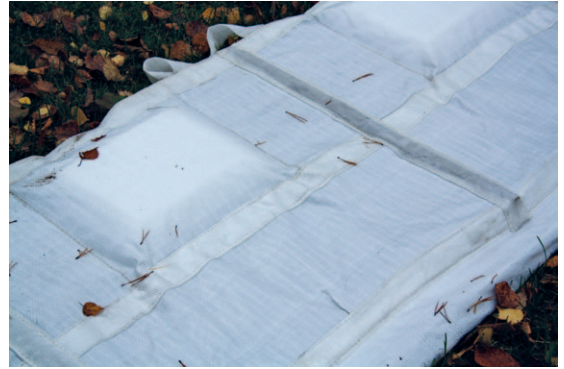
Verhopuomit toimivat aallokossa ja virtaavassa vedessä aitapuomeja paremmin, sillä niillä on yleensä parempi kohoiluvaste sekä nostevara, jolloin ne myötäävät aallokon liikettä ketterämmin.



Kuva 4. Eri puomityyppejä. Vasemmalla pääasiassa aitapuomia erilaisilla kellukkeilla, oikealla verhopuomirakenteinen avomeripuomi. (Halonen 2015).



Kuva 5. Aitapuomia (Pitkäaho 2016).



Kuva 6. Pelastuslaitoksilla on myös kevyttä aita-puomia, A-puomia, jonka käyttöympäristönä ovat suojaosat vesialueet. (Halonen 2017)

Verhupuomien pyörintävastus ei kuitenkaan kaikissa malleissa ole kovin hyvä, joskin alahelman painot ja ankkurointi auttavat asiaa. Ilmatäytteisten verhupuomien, kuten tyypillisesti meripuomien, haittana nähdään niiden hieman hitaampi käyttöönotto, kun osastot täytetään yksitellen. Yksittäin täytettävissä malleissa yhden kammion rikkoontuminen ei kuitenkaan vaaranna koko puomin toimivuutta. Verhupuomeissa myös malleja, joissa puomi täytetään yhdestä liittimestä puomin päässä. Myös näissä on pyritty huomioimaan kammioiden osastointi.

Itsestään täyttyvien expandipuomien etuna nähdään nopea käyttöönotettavuus ja pieni varastointilavuus. Pienenä haittana sitä vastoin on pidetty

vaikeutta saada puomi siististi takaisin kasetille tai kelalle sekä korkeita korjaus- ja puhdistuskustannuksia. Pakkaamiseen on kuitenkin kehitetty erilaisia apuvälineitä. Expandipuomin kellukkammiot saavat muotonsa jousivanteiden avulla ja täyttyvät ilmalla venttiilien kautta. Expandipuomi on ilmeisen tehokas ja toimiva puomityyppi, ja sen kohoiluvaste ja pyörintävastus ovat hyvät.

Verhupuomien kellukkeet voivat ilman lisäksi olla täytettyjä kiinteällä vaahdolla, solumuovilla tai esimerkiksi rakeilla. Suojaisiin vesiin tarkoitetuissa kiinteäkellukkeisissa verhupuomeissa varalaita on noin 1/3 puomin korkeudesta ja virtaaviin vesiin tarkoitetuissa puomeissa 1/2 puomin kokonaiskorkeudesta. Kiinteästi täytettyjen puo-



Kuva 7. Itsetäyttyvää Expandi-puomia. Valmistajan mukaan puomin vakavuus riittää vielä 15 m/s tuulella, 2 metrin aallokossa ja 3 solmun (1,5 m/s) virtauksessa. (Pitkääho 2017)

mien etuna on niiden vähäinen vaurioherkkyys ja suhteellisen halpa hankintahinta. Puomit vaativat kuitenkin paljon varastointitilaa, ja toiset voivat väärin pakattuina vaurioitua, kuten litistyä. Puomityyppiä on saatavana myös säilytuspussiinsa käyttövalmiina pakattuna pikapuomina. Puomierä voidaan hinata suhteellisen suurella nopeudel-

la vahinkopaikalle ja levittää siellä tarvittavaan paikkaan.

Puomit, joissa kellukkeet ovat suorakaiteen muotoisia, eivät seuraa aallokkoa kovin hyvin. Tämän tyyppisiä on muun muassa raskastekoinen kiinteäkellukkeinen aitapuomi pitkäkestoisiin tai pysyviin



Kuva 8. Puomien nopeaa levittämistä varten on kehitetty erilaisia pikapuomitusjärjestelmiä. Kuvassa selvittää pikapuomia, jossa on taipuisa solumuovikelluke. (Lamor Corporation Ab ja Pitkääho 2017)



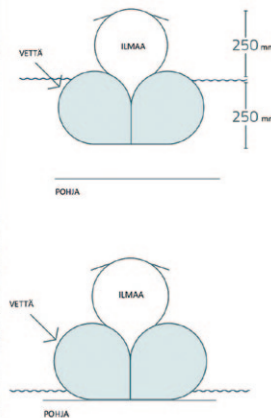
Kuva 9. Kiinteäkellukkeinen aitaapuomi (Pitkäaho 2017 ja Muhonen 2012).

puomituksiin. Kiinteät kelluntapuomit toimivat tyynessä vedessä, mutta myös jääolosuhteissa ja kestävät hyvin ajeltavan jään tai roskan aiheuttamaan kuormitusta.

Erikoispuomeihin voidaan sisällyttää esimerkiksi pyyhkäisyapuomit, ns. siipipuomit, jotka öljyä keräävän aluksen kylkiin kiinnitettyinä ohjaavat öljyä aluksen keräinjärjestelmälle. Erikoispuomeina voidaan lisäksi pitää varta vasten jokiin tai virtaaviin vesiin suunniteltuja puomeja. Jokipuomeissa on usein jäykistäjät sekä ylä- että alaosassa, jotta ne kestäisivät pystyssä virtauksissa. Niissä voi olla

myös joustavuutta, minkä tarkoituksena on ottaa vastaan veden virtausvoima. Puomien virtausominaisuuksia on kehitetty lisäksi virtausköysistöjen avulla, ja näitä on käytössä myös pelastuslaitoksilla.

Rannansuojapuomit rakentuvat kolmesta putkimaisesta kammioista, joista kaksi alemmaa toimii vedellä täytettynä puomin painolastina. Puomi on tarkoitettu erityisesti alueille, joissa vedenkorkeus vaihtelee tai joissa rannassa on pitkästi matalaa. Puomi kelluu vedessä mutta painuu tiiviisti maata vasten rantaviivalla ja on siten toimintavarma. Vesi- ja ilmatäytön vuoksi käyttönotettavuus saat-



Kuva 10. Rannansuoja-puomin rakenne ja toimintaperiaate. Puomia on pelastuslaitosten käytössä mm. Merenkurkussa ja Perämerellä. Ennen täyttämistä puomin paikka tulee miettiä valmiiksi, sillä täytettynä sitä on rannassa hankala miesvoimin siirtää. (Structurflex Limited)



Kuva 11.
DESMin PyroBoom
-polttopuomia (Halonen
2018).

taa olla hidasta. Puomin melko pitkät osastoinnit, erityisesti ilmatäytteisen kellukkeen osalta, tekevät siitä vaurioherkän. Myös huolto- ja kunnostus torjuntakäytön jälkeen saattaa olla normipuomeja kalliimpaa. Erään valmistajan mukaan puomi on suunnattu mataliin vesiin sekä voimakkaisiin virtausolosuhteisiin; sen luvataan toimivan aina 3

tuvat erikoispuomit ovat materiaaliltaan yleensä ruostumattomasta teräksestä ja tulenkestävästä puomikankaasta valmistettuja. Tämä tekee niistä melko painavia käsitellä ja kookkaita varastoida. Suomessa ei tällä hetkellä ole polttoon soveltuvia puomeja. Niiden käyttöä tutkitaan kuitenkin mm. Suomen ympäristökeskuksen GRACE-projektissa.

solmun eli 1,5 m/s virtausnopeuteen asti. Toinen markkinoi puomia rannan suojaukseen tyyneissä, matalissa vesissä.

Öljyn polttoon sovel-

4 Puomien valinta

Mikään puomityyppi ei toimi ideaalisti kaikissa olosuhteissa. Puomia valittaessa tulee arvioida, millaisia ominaisuuksia puomin tyypillisimmässä käyttötarkoituksessa ja toimintaympäristössä tarvitaan. Suomen ympäristökeskuksen mukaan puomin hinta on oleellinen valintaperuste, sillä monet puomien erityisominaisuudet ovat kalliita. Toisaalta, on ihan turha ostaa varastoon kalustoa, joka ei oikeasti toimi siihen, mihin se on hankittu.

Puomin kohoiluvaste, korkeus ja pituus ovat tärkeitä valintakriteereitä. Puomin optimikoko riippuu pääasiassa virtauksesta ja aallokosta, jossa sitä on tarkoitus käyttää. Yleisenä ohjeena on pyrkiä valitsemaan puomi mahdollisimman matalalla varalaidalla, joka kuitenkin vielä estää öljyn yliroiskumisen ko. olosuhteissa. Puomin helman syvyys

määräytyy varalaidan suhteessa. Liian korkea varalaita toimii purjeen tavoin, ja liian syvä helma taas aiheuttaa patoilmiötä. Lyhyet puomijaksot helpottavat käsittelyä ja vaurion tullessa välipaikkauksia, eli vaurioituneen puomin vaihtoa toiseen. Lyhyillä puomijaksoilla liitoksia tulee kuitenkin paljon, niiden näprääminen voi olla hankalaa ja liitoskohdat voivat poiketessaan puomin pintaprofiilista aiheuttaa pyörteilyä ja sitä kautta öljyn karkaamista. Suositellaankin, että liitoskohtaa vältetään sijoittamasta paksuimman öljypatjan kohdalle, jos se vain on mahdollista.

Koon ja pituuden lisäksi valintaperusteina tulee tarkastella vetolujuutta, käsiteltävyyttä ja selviytynopeutta, luotettavuutta, painoa ja kustannuksia. Puomin kestävyys joutuu usein suurelle koe-

Taulukko 1. Puomien valinta erilaisiin käyttökohteisiin (*arvoa ei löytenyt).

	Tyven	Hidas virtaus	Virtaus	Suojaisat vedet	Suuret, avoimet selät	Voimakas aallokko
Aallonkorkeus	< 0,3 m	< 0,3 m	< 0,3 m	0–1,0 m	0–2,0 m	> 2,0 m
Olosuhteet	Tyyri	Lyhyttä, ei murtuvaa aaltoa	Noin 0,4 m/s vedenvirtaus tai yli	Pientä aallokkoa, siellä täällä murtuvia aallonharjoja	Kohtuullista aallokkoa, säännöllisesti murtuvia aallonharjoja	Aallokkoa, vaahtopäitä ja roiskeita
Soveltuva puomityyppi (tarkennus)	Verhopuomit Aitapuomit (rantapuomit, minipuomit, imeytyspuomit)	Verhopuomit Aitapuomit (rantapuomit)	Verhopuomit, joissa varalaita 50 % puomin korkeudesta (virtapuomit)	Verhopuomit Aitapuomit (rannikko-puomit)	Verhopuomit (meripuomit)	Verhopuomit (meripuomit, avameripuomit)
Puomin korkeus	20–40 cm	40–60 cm	50–100 cm	60–100 cm	100–150 cm	> 150 cm
Varalaidan korkeus	10–25 cm	10–30 cm	25–50 cm	25–50 cm	> 50 cm	> 50 cm
Syväys	10–20 cm	20–30 cm	25–50 cm (1 m/s: < 30 cm, 1,5m/s: < 10 cm)	40–60 cm	> 60 cm	> 60 cm
Nostevara	3:1	4:1	*	4:1	8:1	8:1
Puomin minimi kokonaisvetolujuus	20 kN	20–50 kN	50–90 kN	70–90 kN	> 90 kN	> 90 kN
Helmakankaan vetolujuus	0,9 kN	0,9 kN	*	> 1,36 kN	> 2,30 kN	> 2,30 kN
Helmakankaan repäisylujuus	45 kg	45 kg	*	50 kg	60 kg	60 kg
Vedon vastaanottajan lujuus	40 kN	40 kN	*	60 kN	140 kN	> 140 kN
Vedon vastaanottajan venymä/ kankaan venymä max. vedolla	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

tukselle esimerkiksi kiertyessään itsensä ympäri, aallokossa, jäälauttojen tai kelluvan roskan paineessa, raahautuessaan rantaa vasten, tai muutoin tottumattomien käsittelyssä. Lisäksi hinauksessa ja nuottauksessa puomiin kohdistuvat voimat voivat

olla hyvin suuria. Aallokossa puomiin kohdistuvia voimia vähentää, jos puomi asetetaan kulmaan veden virtaussuuntaan nähden. Swellissä ja aallokossa, jossa aallonharjat eivät murru, puomiin kohdistuvat voimat ovat yleensä kohtalaisia. Murtuvassa

aallokossa puomiin kohdistuvat hetkelliset voimat voivat olla niin suuria, että puomi repeytyy. Tästä syystä puomikankaan tulee olla veto- ja repäisy- lujuudeltaan riittävän vahvaa, vaikkakin vedon vastaanottajien vetolujuuden tulee olla puomikankaan vetolujuutta huomattavasti suurempi. Kuormitus- tilanteessa vedonvastaanottajat eivät välttämät- tä murre samanaikaisesti. Tämä tarkoittaa, ettei puomin lujuus ole sama kuin puomin osien yh-

teenlaskettu lujuus. Puomin lujuus lasketaan sen heikoimman komponentin mukaan. Esimerkiksi puomiliittimet saattavat pettää vedonvastaanottajia huomattavasti aiemmin.

Puomien valintaperusteita helpottamaan on laa- dittu erilaisia laatukriteereitä ja ominaisuuslistoja, joista on kooste taulukossa 1.

5 Puomitustaktiikat ja -tekniikat

Taktiikalla tarkoitetaan tässä suunnitelmallista toi- mintamallia, jonka torjuntaa johtava viranomainen vahinkotilanteen olosuhteet ja käytettävissä olevat resurssit huomioiden valitsee, mukauttaa ja toteuttaa öljyn pysäyt- tämiseksi päästöläh- teellä, vedessä tai öl- jyn tarkoitukselliseksi rantaan ohjaamiseksi ja öljyn poistamiseksi. Taktiikoina voi- daan käyttää yhden tai useamman aluksen dynaamista puomitusta, rantakiinnitteisiä puomituksia ja öljyn keräämistä. Torjunta- tekniikoina voidaan hyödyntää esimerkiksi rajaamista, nuottausta, ohjausta tai suuntaa- mista. Tekniikoista on useampia variaatioita, joista on tässä pyritty kuvaamaan sisävesillä hyö- dynnettävissä olevat vaihtoehdot.

Puomitusta saattaa olla vaikeaa ja riskialtista operaatioita.

Huonot sääolosuhteet, painavat puomit ja keinu- va alus edellyttävät huolellista harkintaa ja pitkää pinnaa. Mitä nopeammin öljyn saa rajattua, sen

pienemmät vahingot syntyvät, mutta kiireh- timinen ei silti kannata. Verrattaessa torjunta- operaation realistisia menestymisen mahdol- lisuuksia siitä torjujille tai kalustolle aiheutu- viin riskeihin, voi lop- putuloksena olla päätös siirtää torjunnan pai- nopistettä vesistössä ta- pahtuvasta pysäyttämi- sestä rantatorjuntaan. Alusoperaatioiden ja puomituksen työtur- vallisuuksia käsitellään tarkemmin manuaalin osassa 5.

Tehokkainta vahingon rajaaminen on sen päästölähteellä, joko estäen öl- jyn vuotaminen ulos pumppaamalla öljy toiseen alukseen tai haverialuksen ehjänä säilyneisiin polt- toainetankkeihin, tukkimalla vuoto, muuttamalla

Peruseriaatteita 1

- *Selvitä alueen virtausnopeudet ja -suunnat, sekä tuulen suunta ja nopeus. Tsekkaa en- nusteita myös muutamana päivänä päähän.*
- *Arvioi öljylautan liikkumissuunta ja -nopeus sekä likaantumisvaarassa olevat kohteet.*
- *Priorisoi suojattavat kohteet, jotta saat maksimoitua hyödyn rajallisista puomi- resursseista.*
- *Määrittele, mitkä kohteista on parhaiten suo- jattavissa paikalleen ankkuroidulla puomilla, mitkä taas dynaamisella puomituksella eli alusten ohjaamina.*
- *Valitse puomityyppi vesialueen syvyyden, suojaisuuden ja virtausolosuhteiden mukaan.*
- *Perusta rajoitus-, suojaus-, suuntaus- tai ohjauspuomit.*
- *Seuraa puomien toimivuutta ja ankkureiden pitävyyttä.*
- *Kerää öljyä pois mahdollisimman paljon.*

aluksen trimmiä tai rajoittamalla öljyn leviäminen päästölähteen läheisyyteen. Miten nopeasti vahinkopaikka voidaan saavuttaa, on täysin tapauskohtaista. Ajoajan lisäksi puomien toimintakuntoon saattaminen riippuu muun muassa niiden säilytystavasta (esimerkiksi pikapuomina, puomikontissa tai kannelle taiteltuna), miehistön harjaantuneisuudesta, mutta erityisesti sääolosuhteista.

Puomituksilla voidaan rajoittaa ja estää öljyn leviämistä ja jossain määrin suunnata öljyn kulkua. Puomituksen onnistumiselle asettaa haasteita öljyn kulkeutumisenopeus, lautan hajoaminen useaan osaan sekä virtausten, tuulen ja aallokon vaikutus puomin toimintakykyyn. Oikealla puomivalinnalla sekä operaation hyvällä koordinoinnilla voidaan näitä haittoja vähentää, joskaan ei aina kokonaan poistaa. Erityisesti Saimaan olosuhteissa vesistössä tapahtuvan torjuntatyön rinnalla tulee valmistautua myös rantatorjuntaan, rantaviivan suojaamiseen ja rantakeräykseen. Suurissa vahingoissa yhden alueen suojaaminen saattaa johtaa viereisten alueiden likaantumiseen, ellei öljyä saada kerättyä pois. Vahinkoöljyn poistaminen aloitetaan heti, kun öljyä on saatu rikastettua riittävään kerospaksuuteen

skimmereillä kerättäväksi tai muutoin koottua poistettavaksi tehokkaasti esimerkiksi imeyttämällä tai alipainetekniikoilla.

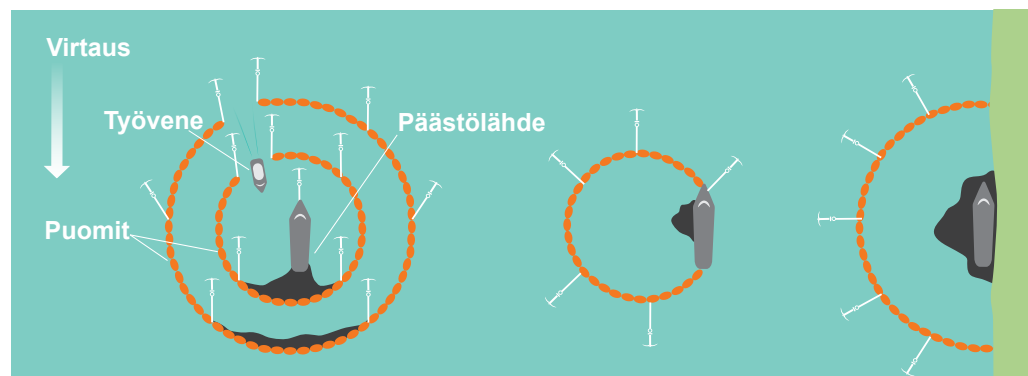
5.1 Rajaaminen ja nuottaus

Tyypillisimmin puomeja käytetään öljyvuodon rajaamiseen. Rajaamisessa voidaan käyttää ympäripuomitusta, motitusta ja nuottausta esimerkiksi U-, V- ja J-muodostelmissa. Puomit voidaan myös asemoida (ja tarvittaessa ankkuroidakin) U-, V- ja J-muodostelmiin.

Ympäripuomitus

Ympäripuomituksen tavoitteena on rajoittaa öljyvuodon leviäminen päästölähteen läheisyyteen, estää jatkuvan vuodon leviäminen laajemmalle tai varautua lisävuotoihin. Haveristin ympäripuomituksessa tulee huomioida tarvittava puomipituus. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että haverialuksen ympäripuomituksen tarvitaan noin kuusi kertaa aluksen pituuden verran puomia. Kolmea aluksen mittaa (johdettu ympyrän kehän kaavasta: pii kertaa halkaisija) vastaava puomimäärä riittää aluksen ympärille, mutta puomi tulee miltei aluksen kylkeen kiinni. Puomikehä tulisi kuitenkin saada hie-

Kuva 12. Öljypäästön ympäripuomituksen toimintamallit. Suojaisissa kohteissa yksi puomikehä saattaa riittää, mutta toinen suojauskehä varmistukseksi on erittäin suositeltava. Toinen kehä myös antaa ensimmäiselle suojaa aallokolta ja vedessä ajeltavalta roskalta. Huomaa kulkureitti keräävälle alukselle. (U.S. Navy 1991)





Kuva 13. Haverialuksen ympäripuomitus (Pitkäaho 2017).

Ympäripuomitus soveltuu silloin kun öljy ei ole päässyt leviämään vielä kovin laajalle tai jos öljyvuodon oletetaan edelleen jatkuvan. Ympäripuomitus sopii tilanteisiin, joissa vir-

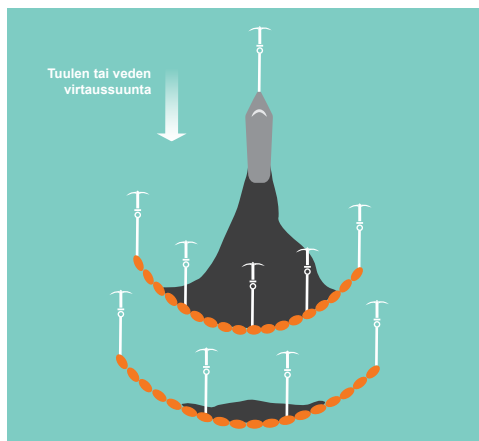
man kauemmas aluksesta, sillä vuotava öljy saattaa nousta pintaan muutamien metrien päässä aluksen rungosta riippuen vaurioituneen kohdan sijainnista, veden kerrostuneisuudesta ja virtauksista. Tuuli ja virtaus yleensä pitävät puomipussia avoimna, mutta tarvittaessa riittävä öljyn pintautumistila varmistetaan ankkuroinnilla. Puomi on hyvä saada pysymään irti aluksen rungosta myös siksi, ettei se hankaudu tai ajaudu esimerkiksi aluksen perän alle siten, että puomi painuu kasaan ja alkaa vuotaa. Aluksen runko tai muu kiinteä kohde voi toisinaan toimia osana puomipituutta. Puomeihin on saatavilla magneettiliittimiä, joilla puomin pään saa kiinnitettyä tiiviisti aluksen runkoon. Ankkuroidulle haverialukselle tulee tarvittaessa jättää tilaa elää ankkurinsa varassa.

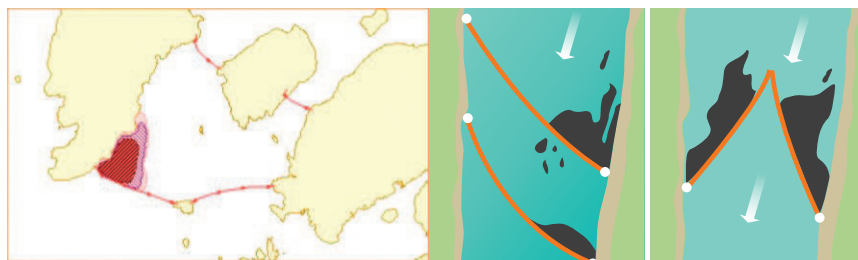
Optimaalista olisi luoda kaksi suojauskehää. Kehien väliin jätetään noin 2–5 metriä, jotta seuraava kehä pystyy pysäyttämään ensimmäisestä kehästä karkaavan öljyn, eli öljylle jää riittävästi pintautumistilaa. Patoilmiön takia karkaavan öljyn pysäyttämiseen toinenkaan suojauskehä ei välttämättä auta, jos olosuhteet toisella puomilla ovat ensimmäisen kaltaiset (sama virtausnopeus, syvyys ja samankokoinen puomi). Patoilmiön ilmetessä vaihdetaan torjuntatekniikka suuntaamiseen tai ohjaamiseen (patoilmiöstä lisää myöhemmin tässä luvussa).

tauksen tai tuulen suunnan muutokset ovat mahdollisia – öljy on suojattu kaikkiin suuntiin. Puomikehien suunnittelussa huomioidaan tarvittaessa kulkureitit keräävälle alukselle tai muille työveneille. Alukseen saattaa olla tarve päästä myös vauriorintorjunnan, miehistön tai tutkinnallisten syiden vuoksi.

Jos puomipituus ei riitä haverialuksen ympäripuomitukseen, voidaan öljyä koettaa pysäyttää esimerkiksi kahdella puomilla kuvan 14 mukaisesti. Puomit asetetaan öljyn kulkusuuntaa vastaan mahdollisimman pienen etäisyyden päähän vuotopai-

Kuva 14. Öljyvuodon pysäyttäminen (IMO 2005).





Kuva 15. Motitus virtaamattomassa vedessä SpillMod-mallinnuksena (Suomen ympäristökeskus). Oikealla kaksi tapaa kapean salmen sulkemiseen virtaavassa vedessä (Cedre).

kasta, ettei lautta ehdi laajentua. Öljyn kerääminen tulee aloittaa puomituksesta välittömästi, sillä menetelmä on hyvin altis esimerkiksi tuulen suunnan muutoksille. Jos puomin ankkuroiminen ei ole mahdollista, esimerkiksi vesisyvyyden vuoksi, voidaan puomimuodostelmaa ylläpitää aluksilla.

Öljyvuodon rajaamisessa voidaan hyödyntää myös maaston muotoja. Silloin tulee huomioida veden virtausnopeuden lisääntyminen salmissa tai muissa kapeikoissa. Kapeiden salmien sulkeminen lyhintä reittiä pitkin on mahdollista ainoastaan tyynessä, virtaamattomassa vedessä. Öljyn pysäyttämiseksi puomi tulee asettaa viistosti salmen yli kulmaan, jonka suuruus riippuu veden virtausnopeudesta, lisätietoa luvussa 5.2. Kulmasta johtuen puomia tarvitaan vähintään 1,5 kertaa mutta mieluiten 3–4 kertaa suljettavan vesistön leveydeltä.

Nuottaus kahdella tai kolmella aluksella

Nuottauksessa U-muodostelma on kaikkein yleisin. Siinä kaksi alusta hinaa puomia sen eri päistä. U-muoto syntyy virtauksen työntäessä puomin keskikohtaa taaksepäin. Tehokkaimmin muodostelma toimii, kun alukset pysyvät riittävän lähellä toisiaan: nuotansuun leveys kannattaa pitää maksimissaan 1/3 nuotan pituudesta. Esimerkiksi 300 metrin pituisella puomilla nuotattaessa nuotan leveys, eli

pyyhkäisyala, voi olla 100 metriä. Liian leveä nuotta vie alusten ohjailukyvyyn ja puomiin kohdistuvat veto-
lujuudet rikkovat sen. Leveän pyyhkäisyalan tavoittelemisen sijaan

kannattaa nuotata kapeammalla leveydellä useampaan kertaan.

Nuottaukseen soveltuu parhaiten verhopuomit. Nuottauksessa tulee käyttää puomin vetopäitä, jotta veto kohdistuu puomiin tasaisesti ja puomi ei olisi niin altis kiertymään. Hinausköysien tulee olla riittävän pitkiä, ettei puomiin kohdistu hetkellisesti liian suuria voimia, kuten teräviä nykäyksiä. Esimerkeiksi hinausköyden pituudelle annetaan noin 50–60 metriä 300 metriselle puomille. Aluksen käsittelyn kannalta paras puomin hinausköyden kiinnityspiste löytyy kokeilemalla: se riippuu paljon propulsiolaitteesta mutta myös aluksen suunnasta suhteessa virtaukseen ja tuuleen sekä niiden voimakkuudesta. Hinausköysien tulee olla kelluvia, jotta vältetään niiden sotkeutuminen aluksen potkuriin.

Nuottausmuodostelmissa puomin pituus on tyypillisesti 100 metristä 500 metriin, ja puomipituus riippuu vesistöalueen koosta ja hinaavista aluksista. Tätä suurempi puomipituus hankaloittaa muodostelmassa ajoa ja lisää puomin vaurioitumisen riskiä. Suurempien puominuottien käsittely onnistuu kyllä valtion öljyntorjunta-aluksilla ja hinaajilla.

Suljetussa U-nuottauksessa kannattaa käyttää paritonta määrää puomijaksoja, jolloin liitoskohta ei osu nuotan perälle, jossa paine on suurin. Suuremman rikkoontumisvaaran lisäksi, öljy myös karkaa puomin ali todennäköisimmin juuri joustamattoman liitoksen kohdalta. Avoimessa nuotassa puomimäärä on parillinen: kaksi yhtä pitkää puomija-



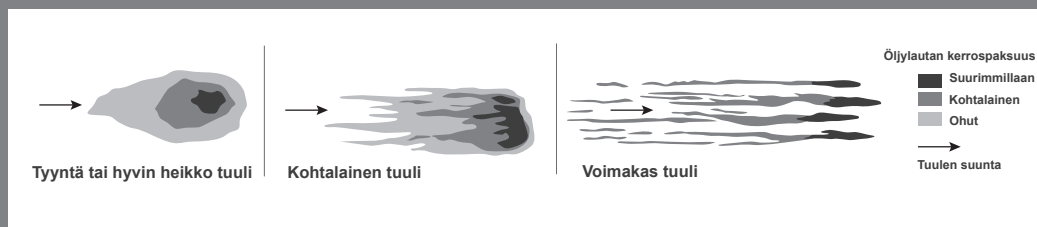
Torjunta-alusten ohjaaminen

Öljyn havaitseminen nuottaavista aluksista saattaa olla hyvin vaikeaa. Öljykalvo hukkuu auringon välkkeeseen, tuulen aiheuttamaan väreilyyn tai aaltoihin erityisesti silloin kun tarkastelijan silmät ovat lähellä vedenpinnan tasoa. Öljylautta havaitaan vasta, kun se on noin kymmenen metrin päässä havainnoijasta. Öljyn erottaa parhaiten ilmasta – optimaalisin havainnointikulma on suurempi kuin 45 astetta horisonttitasosta. Siten ilmatiedustelun hyödyntäminen on ainoa keino saada realistinen arvio öljyn sijainnista ja lautan leviämisestä.

Lentotiedusteluun voidaan käyttää Rajavartiolaitoksen virka-apua, Suomen Lentopelastusseuraa tai pelastuslaitoksen omaa RPAS-yksikköä. RPAS-tiedustelun etuna on sen nopeus, joustavuus ja kustannustehokkuus. Tiedustelulentoja voidaan tehdä vara-akuista huolehdittaessa rajattomasti. Kopteria voidaan tarvittaessa leijuttaa torjunta-alueen päällä koko operaation ajan. Kopterin voi määrätä myös seuraamaan liikkuvaa kohdetta, kuten venettä tai ohjainta, jos lennättäjä on veneessä. Reaaliaikaisen videokuvan välittäminen torjunnan johtokeskukseen antaa merkittävän edun toiminnan suuntaamisessa. Torjunnan johto voi hyödyntää lentotiedustelua mm.:

- öljylautan tai lauttojen paikantamiseen
- lautan muodon, koon ja kerrospaksuuden arviointiin
- lautan leviämisen ja kulkusuunnan arviointiin
- likaantuneiden rantaosien paikantamiseen
- puomien sijainnin tarkastamiseen suhteessa lautan kulkusuuntaan
- öljylautan paksuimman osan osoittamiseen nuottaaville tai kerääville aluksille
- nuottauksen pitävyyden tarkkailuun eli nuottapuomin ali tapahtuvien mahdollisten vuotojen havainnointiin
- olosuhteiden, kuten virtauksen ja aallokon, arviointiin
- torjuntatoimien seurantaan.

Öljylautan leviämissuuntaa voidaan arvioida esimerkiksi lautan ”häntien” avulla (ks. kuva 16) tai useamman peräkkäisen tiedustelulennon perusteella. Lautan leviämismuodon perusteella saadaan karkea arvio myös alueella vallitsevista tuulista ja veden virtausnopeudesta. Seuraamalla öljyvanoja tuulensuuntaan, voidaan löytää lautan keskus sekä leviämialueesta riippuen myös paikkoja, joihin öljyä on kertynyt enemmän. Näiden keskittymien löytäminen ja tiedottaminen aluksille tehostaa torjuntatyötä huomattavan paljon. Katso lisätietoa manuaalin osasta 7.



Kuva 16. Öljylautan leviäminen tuulen vaikutuksesta kertavuodon tapauksessa. Öljylautan keskus, jossa suurin osa öljystä on, sijaitsee yleensä melko pienellä alueella lautan etuosassa sen kulkusuuntaan nähden. (Cedre 2015).



Kuva 17. Nuottaus suljetussa ja avoimessa U-muodostelmassa. Avoin nuotta muodostaa perässä seuraavalle alukselle rikastuneen öljyvanan, jota kerätää. (IPIECA-IOGP 2015)

taa liitetään toisiinsa kettingillä tai vaijerilla. Näin nuottaan syntyy aukko, josta paksummaksi rikastunut öljy valuu kapeana nauhana nuotan perässä seuraavan aluksen kerättäväksi.

Vedessä öljylautta hajoaa epäyhtenäiseksi lautaksi. Lisäksi öljylautan kerrospaksuus vaihtelee. Nyrkisääntönä voidaan pitää, että 90 % öljystä sijaitsee öljylautan keskuksessa, joka puolestaan on noin

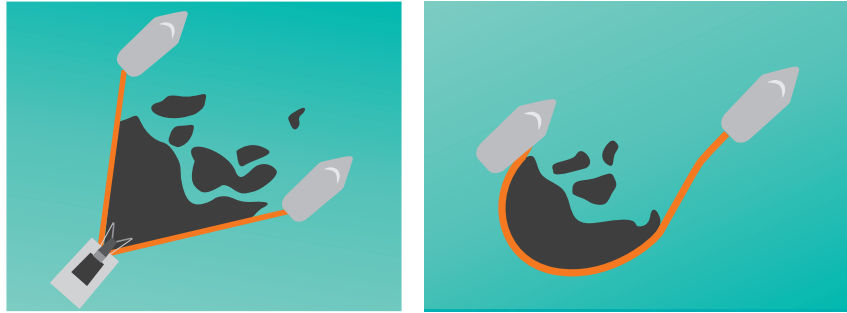
10 % lautan pinta-alasta, ks. kuva 16. Toimintaa tehostaa siten huomattavasti, jos on mahdollista käyttää ilmatiedustelua ohjaamaan nuottaavat alukset öljylautan paksuimpaan kohtaan. Nuottaamisen, ja yleisemminkin puomittamisen, tehokkuus on suoraan verrannollinen sen tiedon laatuun, mitä operaation johdolla yksittäisten lauttojen ja paksuimman lautanosan sijainnista ja kulkusuunnasta on.

Nuottaussuunta valitaan yleensä lautan pituussuuntaan öljyn kulkusuuntaa vastaan. Nuottausta saattaa kuitenkin rajoittaa alusten syväys tai vesistön karikkoisuus ja saaret. Suurissa virtausnopeuksissa nuotta pidetään paikallaan ja annetaan virran painaa lautta nuottaan. Erittäin suurissa virtausnopeuksissa voidaan puominpohjukassa vallitsevaa suhteellista virtausnopeutta vähentää nuottaamalla myötävirtaan.

Alusten tulee edetä hallitusti ja riittävän hitaasti, kun öljy on saatu nuottaan, ettei öljyä menetetä puomin alta. Yhtä tärkeää on valita vallitseviin olosuhteisiin, aallonkorkeuteen, tuuleen ja virtausnopeuteen, soveltuva puomi. Aikaisemmat vahingot maailmalta osoittavat kuitenkin, että optimaalisissakin olosuhteissa öljyn talteenotto vedessä onnistuu vain osittain. Operaation tekee vaikeaksi kahden tai useamman aluksen toiminnan yhteensovittaminen, muodostelman koordinointi ja hallittavuus erittäin pienissä nopeuksissa. Alusten nopeus veden suhteen tulee pitää noin 0,5 solmussa (kriittisestä nopeudesta lisää myöhemmin tässä luvussa). Avoin pohjukka mahdollistaa hieman suuremman nuottausnopeuden kuin suljettu. Lisäksi on kehitetty erilaisia keräinjärjestelmiä, kuten NOFI Current Buster ja MOS Sweeper, jotka sallivat suuremman nuottausnopeuden.

J-nuottauksessa alukset eivät etene samassa rintamassa, vaan toinen aluksista kulkee hieman toista jäljessä. Tämä muodostelma mahdollistaa, että jälkimmäinen alus kerää samanaikaisesti öljyä talteen

Kuva 18. Nuottausta V- ja J-muodostelmassa (IPIECA-IOGP 2015).



laitakerääjällä tai skimmerillä. V-muodostelmassa kolmas keulakerääjällä varustettu alus kerää öljyä kiinni puomin pohjukassa. Kolmen aluksen keskinäisen koordinaation haasteellisuuden vuoksi tätä toimintatapaa käytetään muita harvemmin.

Nuottaus yhdellä aluksella

Öljyä voidaan nuotata myös yhdellä aluksella, joka on varustettu pyyhkäisyvuomilla. Itsenäisesti öljyä keräävän aluksen pyyhkäisyleveys on nuottaa kaapeampi, mutta etuna on sen parempi manoveerattavuus. Keruujärjestelmä voi olla joko yhdellä tai kahdella sivulla.

Yhdellä aluksella käytettäviä keräysjärjestelmiä ovat esimerkiksi alukseen kiinteästi asennettu järjestelmä sisältäen pyyhkäisyvuomin ja sitä auki pitävän kiinteän tai teleskooppivartisen levitysvarren sekä harjahihnakeräimen, joka yleensä on aluksen sisällä. Aluksen kylkeen kiinnitettävässä keräysjärjestelmässä, eli laita- tai sivukerääjässä, keräinyksikkö on aluksen ulkopuolella. Laitakerääjiä voidaan myös jälkiasentaa jo olemassa oleviin aluksiin. Lisäksi on olemassa jäykkiä pyyhkäisyvuomeja, joissa ei tarvita erillistä levitysvartta.

Pyyhkäisyvuomin ja levitysvarren sijaan voidaan käyttää myös paravaania. Paravaaninuottausta arvioidaan melko helpoksi toteuttaa, ja muodostelma pysyy, kun se on saatu kerran säädettyä kohdilleen. Paravaani voi mahdollistaa lähempänä rantaa tapahtuvan nuottauksen kuin mitä aluksella olisi turvallista tehdä.



Kuva 19. Keräystä yhdellä aluksella laitakerääjän (ylemmässä) ja paravaanin avulla (alemmassa kuvassa). Keräysjärjestelmissä on tyypillisesti kiinteät keräimet, mutta puomin pohjukassa voidaan kuljettaa myös kelluvaa keräintä. (IPIECA-IOGP 2015)

Oleellista on saada kerättyä öljyä pois vedestä mahdollisimman paljon samalla kuin sitä nuotataan. Aina tämä ei kuitenkaan ole mahdollista, vaan nuottaus ja keräys tehdään omina vaiheinaan. Välivarastointikapasiteetti tulee mitoittaa keräyskapasiteetin mukaan, ettei kerääminen pysähdy tarpeettomasti.

Kriittinen nopeus

Nuottaessa on tärkeää, ettei virtausnopeus puomin pohjukassa ylitä puolta solmua eli noin 0,3 m/s. Tätä kutsutaan **kriittiseksi nopeudeksi** (critical velocity). Kun tämä nopeus ylittyy, öljy, joka kohtaa puomin pohjukassa kohtisuoran puomipinnan, karkaa puomin ali. Kriittinen nopeus tulee huomioida kaikissa puomituksissa. Suurimmalla osalla

puomeista kriittinen nopeus ylittyy alle solmun nopeudessa.

Kriittisen nopeuden raja-arvo määräytyy puomin rakenteen lisäksi öljytyypin perusteella. Öljytyypin vaikutuksesta löytyy kuitenkin hieman ristiriitaista tietoa. ITOPF:n (2014) mukaan juoksevat öljyt karkaavat pisaroina päävirran mukaan ja raskaammat vasta, kun öljyä on kertynyt runsaaksi kerrokseksi puomin pohjukkaan. ITOPF myös arvioi, että alhaisen viskositeetin öljyt, eli juoksevat öljyt, karkaavat puomin ali alhaisemmissa nopeuksissa kuin jäykemmät öljyt. Alankomaiden NHL yliopiston tutkijaryhmän (Koops, Zeinstra & Heins 2014) mukaan kriittisen nopeuden raja-arvona raskaille, tiheydeltään noin 900 kg/m³ öljyille voidaan pitää 0,3 m/s, mutta kevyemmille, tiheydeltään noin 840 kg/m³ öljyille hieman suurempaa 0,4 m/s nopeutta. Varmin nyrkkisääntö voisi siten olla raja-arvo 0,3 m/s, eli puolen (0,5) solmun nopeus.

Kriittisen nopeuden ylityksessä öljy karkaa puomin ali, vaikka puomi pysyisikin pystyssä (ks. kuva

Kuva 20. Öljyn karkaaminen puomin alitse veden virtausnopeuden (m/s) tai aluksen nopeuden veden suhteen (solmua) kasvaessa. Virtausnopeuksilla 0,1–0,2 m/s (0,2–0,4 solmua) puomi pystyy pidättämään öljyn. Nopeuden ylittäessä 0,3 m/s (0,6 solmua) öljyn karkaaminen alkaa, ja yli 0,5 m/s (1 solmun) nopeuksissa kaikki öljy lähtee puomin alittavan päävirran mukaan. (Koops, Zeinstra & Heins 2014)

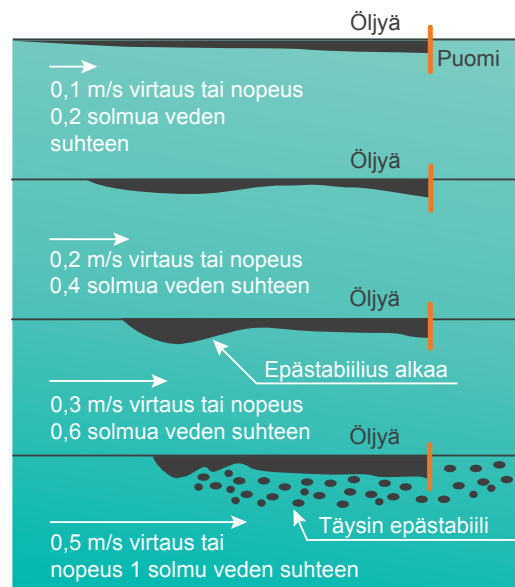
Perusperiaatteita 2

- 90 prosenttia öljystä sijaitsee 10 prosentin alueella lautan pinta-alasta, loput 10 prosenttia öljystä 90 prosentin alueella – keskitä voimavarasi oikein
- kriittinen nopeus 0,5 solmua (nopeus veden suhteen)
- haveristin ympäripuomitukseen tarvittava puomimäärä on 6 kertaa aluksen pituus
- nuotan puomipituus 100–500 metriä
- kokoa umpinuotta parittomasta määrästä-puomijaksoja
- pidä nuotansuun leveys maksimissaan 1/3 nuotan pituudesta
- valitse puomi, jonka syväys on korkeintaan 1/3 veden syvyydestä, optimisyväys 1/5 veden syvyydestä.

pintajännitykseen. Ilmiö on yleinen kaikille puomityypeille riippumatta puomin koosta tai helman syvyydestä. Jo 0,3 m/s virtausnopeudella öljyä alkaa karata ja 0,5 m/s nopeudella kaikki öljy karkaa. Kriittisen nopeuden ylittymistä puomin pinnassa voidaan säädellä asettamalla puomi kulmaan vedenvirtaussuuntaan nähden, jolloin suhteellinen nopeus vähenee (tästä lisää luvussa 5.2).

20). Ilmiö ei siis edellytä puomin kaatumista tai sukeltamista, joten ongelmaa ei välttämättä näe puomin asennosta. Erittäin suurissa virtausnopeuksissa puomi kyllä kaatuu ja uppoaa.

Ilmiö liittyy puomin alittavan vesimassan nopeuteen, joka kiihtyy, kun sama määrä vettä joutuu virtaamaan pienemmästä alasta, sekä öljyn ja veden tiheyseroihin ja neste-





Kuva 21. Jos puomi plokkaa veden syvyydestä yli 20 %, kasvaa puomin alitse virtaavan veden nopeus suureksi saman vesimassan virratessa pienemmästä alasta.

Joskus kriittinen nopeus ylittyy jo veden virtausnopeuden takia, jolloin nuottaavia aluksia joko pidetään paikoillaan tai pienellä pakilla.

Toisinaan aluksen ohjailtavuus saattaa edellyttää kriittisen nopeuden ylittäviä nopeuksia. Oleellista on, että nopeuden lisäys tehdään tietoisina sen seurauksista puominuotassa olevaan öljyyn.

Vahinkohetken olosuhteisiin sopivan nopeuden, nuottauksen ja puomin toimivuuden voi parhaiten arvioida vain tilannetta havainnoimalla. Öljypisaroiden tai läiskien nousu pintaan puomin jäljestä kertoo nuotan vuotamisesta. Ohutta kalvoa voi kuitenkin muodostua myös hyvin toimivassa nuottauksessa. Nuotan liiallisesta nopeudesta kielii myös nuotan perään syntyvät pyörteet. Puomin pohjukkaa ei kuitenkaan hinaavista aluksista näe – on tärkeää käyttää tähän joko vene- tai ilmatiedustelua.

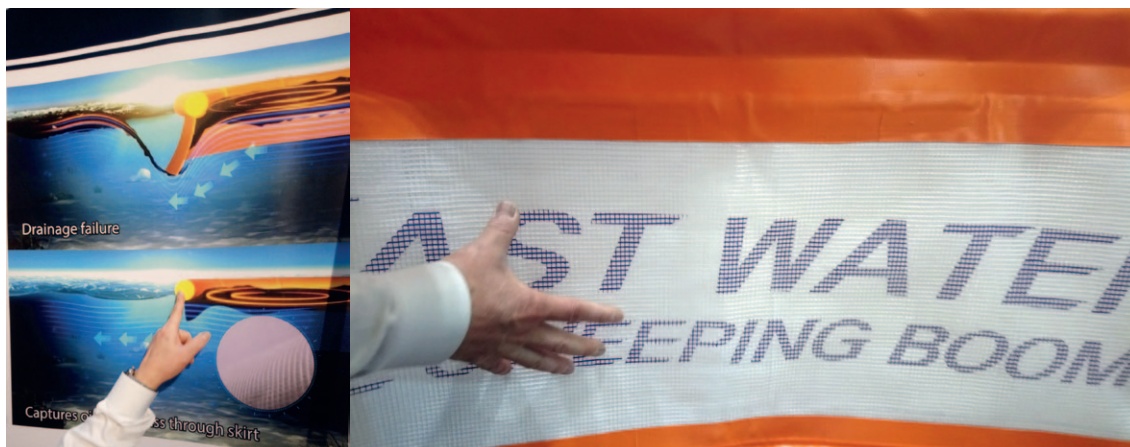
Kriittinen nopeus on merkittävä ja rajoittavakin tekijä erityisesti matalissa vesissä, jos puomin syväys ylittää 20 % veden syvyydestä, ks. kuva 21. Ajatus ”mitä isompi puomi, sitä tehokkaampi” ei siis pidä

paikkaansa. Puomista muodostuu ”kuminen pato”, joka ei arvatenkään pysy pystyssä, tai jos pysyykin, ei pysty pidättämään öljyä.

Voimakkaasti virtaavissa joissa, missä ei ole sopivaa suvantopaikkaa öljyn ohjaamista ja keräämistä varten, tulee käyttää rajoituspuomia, jonka optimisyväys on 1/5 veden syvyydestä, jotta patoilmiö ja veden pyörteily eivät muodostuisi liian voimakkaiksi ja öljy siten karkaisi puomin ali. Maksimisyväyksenä voidaan pitää 1/3 veden syvyydestä. IMO:n ohjeissa (2013) ja ASTM-puomistandardissa 2 solmun (1,0 m/s) virtaukseen suositellaan puomia, jonka helma 15–30 cm:ä ja 3 solmun (1,5 m/s) virtaukseen alle 8 cm:n ja helmasyvyyttä.

Vapaan veden syvyys vaikuttaa myös puomiin kohdistuvien voimien suuruuteen. Mitä vähemmän vapaata vettä on, sitä suurempi on vetovastus. Jos vettä on yli seitsemän kertaa puomin korkeus, silloin syvyydellä ei ole enää merkitystä.

Joissakin virtaavaan veteen tarkoitetuissa puomimalleissa helman alaosa on verkkoa, jonka tarkoi-



Kuva 22. Korealaisen toimittajan KOAI Co. Ltd. Chungsoo Industryn suuriin virtausnopeuksiin tarkoitettu puomi, jossa osa puomin helmasta muodostuu imeyttävästä materiaalista valmistetusta verkosta. (Halonen 2018).

tus on vaihtaa patoilmiötä sekä puomiin kohdistuvia vastusvoimia sitä hinattaessa. Yhdestä tällaisesta puomista on esimerkki kuvassa 22. Lisäksi toisissa puomimalleissa on helmassa aukkoja. Näiden on kuitenkin todettu lisäävän turbulenssia puomilla ja siten öljyn karkaamista.

Alusten nopeudet tulee pitää melko alhaisina myös puomiin kohdistuvien voimien vuoksi. Puomia hinattaessa vetonopeus tulee säätää hinausköyden, puomin vetopään, vetolaitteen ja puomijaksojen

liitosten vetolujuuteen. Nuotattaessa U- tai J-muodostelmissa puomiin kohdistuu huomattavasti suurempia voimia kuin hinattaessa suoraa puomijataa aluksen perässä. Nopeus tulee sopeuttaa myös nuotan suuaukon leveyteen ja puomien pituuteen.

Puomin vetolujuuden määrittelyyn löytyy useita laskentakaavoja, jotka osin antavat eri suuruusluokan vastauksia, ks. Jolman (2015) raportti *Puomin vetolujuus ja hinausvoimat*. ASTM-standardin mukaan ainoa tapa arvioida puomin vetolujuus

Virtausnopeuden arvioiminen

Puomien tehokasta käyttöä varten tulee tietää virtauksen nopeus ja suunta. Virtausnopeusmittarit ovat tähän hyviä, mutta niitä ei useinkaan ole käytössä vahingon torjuntahetkellä. Hyvä konsti on katsoa poijujen ja viittojen ympärille muodostuvan pyörteilyn voimakkuutta tai vedessä virtaavaa roskaa. Yksi tapa on kellottaa roskaa, tai muun kelluvan kappaleen, etenemistä tietyn pituisella matkalla. Helpoiten etenemän saa laskettua jonkin jo tunnetun matkan, kuten aluksen kyljen pituuden mukaan.

IMO (2013). *Guideline for oils spill response in fast currents*.

U.S. Coast Guard (2001). *Oil Spill Response in Fast Currents. A Field Guide*.



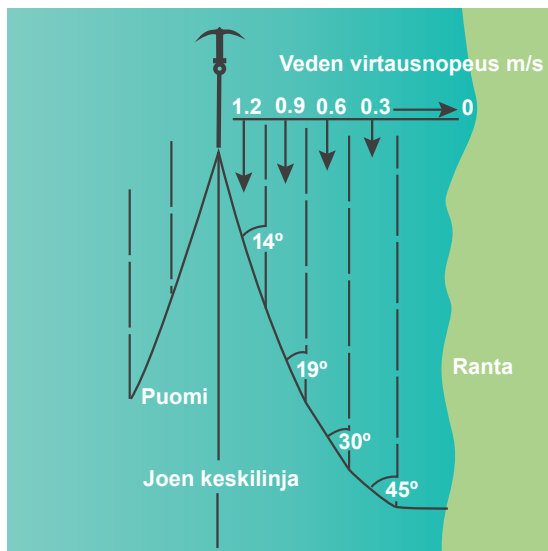
Kuva 23. Suurissa virtausnopeuksissa puomit tulee asettaa kulmaan vedenvirtaussuuntaan nähden, mikä vähentää puomiin kohdistuvaa suhteellista virtausnopeutta. Puomien toimintavarmuus saattaa heiketä myös aallokossa. (Halonen 2017 ja Pitkäaho 2017)

täsmällisesti on määrittää se vetolujuustestillä puominäytteestä.

Puomikankaan kestävyys on puomin toimivuuden kannalta oleellista. Puomikankaan tulee olla veto- ja repäisylujuudeltaan taulukossa 1 esitettyjen laatuksien mukainen. Vedon vastaanottajien vetolujuuden tulee olla puomikankaan vetolujuutta huomattavasti suurempi.

5.2 Ohjaaminen ja suuntaaminen

Suurissa vedenvirtausnopeuksissa, joissa kriittinen nopeus ylittyy, puomeja käytetään suuntaamiseen

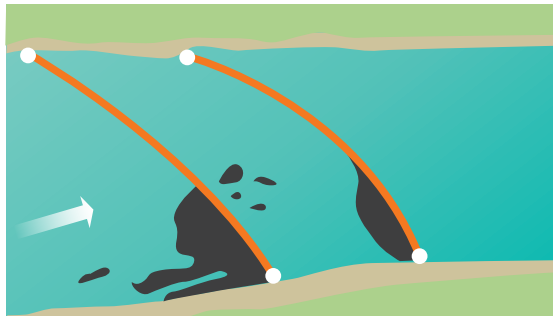
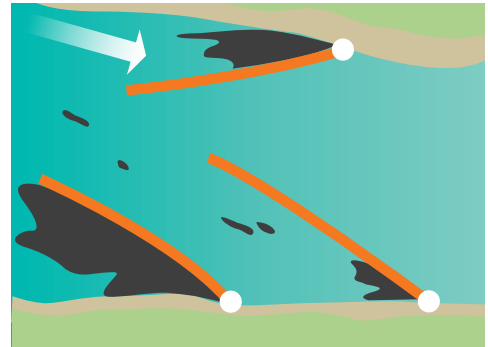
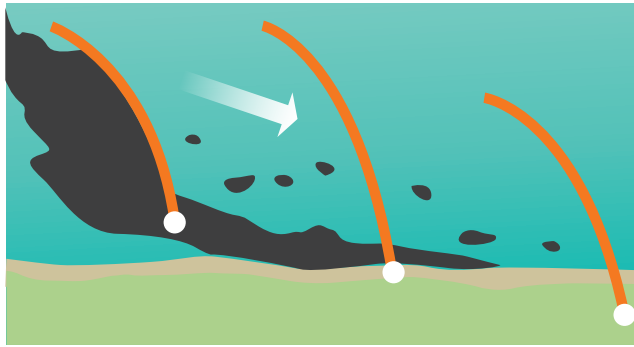


Kuva 24. Joen tai salmen virtausprofiili ja tarvittavat puomin suuntauskulmat. Mitä suurempi virtausnopeus, sitä virranmyötäisemmäksi puomi tulee asettaa. Puomi voidaan laittaa kohtisuoraan (90-asteen kulmaan) vain hyvin tyynessä vedessä. (Koops, Zeinstra & Heins 2014)

ja ohjaamiseen siten, että puomi asetetaan kulmaan vedenvirtaussuuntaan nähden. Tämä vähentää puomiin kohdistuvaa suhteellista virtausnopeutta, esimerkiksi 45 asteen kulma jo noin puolella. Erittäin suurissa virtausnopeuksissa puomi tulee asettaa miltei virran suuntaisesti.

Joissa tai kapeikoissa vedenvirtausnopeus on yleensä suurinta keskellä ja hitaampaa reunamilla (ks. kuva 24). Ohjattaessa öljyä kohti rantaa, jossa virtausnopeudet ovat pienempiä, öljy todennäköisimmin pysyy puomituksessa. Kuvassa 24 on esitetty, kuinka virtausnopeus pienenee rantaa kohti, jolloin puomin kulmaakin voidaan kasvattaa.

Ohjaamista ja suuntaamista voidaan tehdä dynaamisesti siten, että puomin toista päätä ohjailaan aluksella. Näin puomin kulmaa voidaan ketterämmin hakea. Leveänä lauttana liikkuvaa öljyä voi-



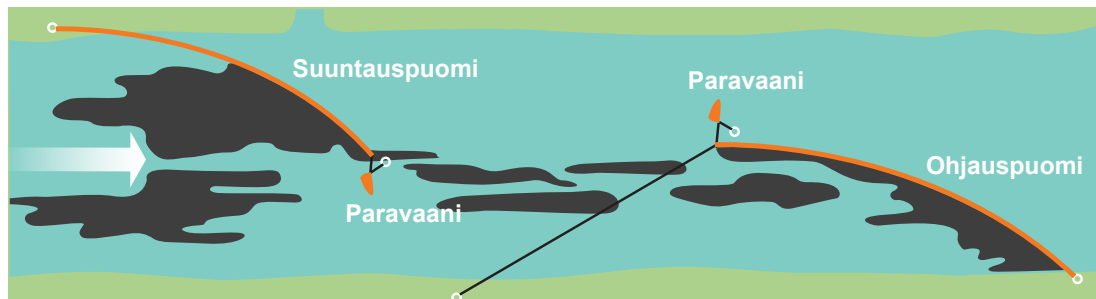
Kuva 25. Puomitus virtaavassa vedessä ketjupuomituksilla (Cedre).

daan yrittää kaventaa suisteen avulla. Öljylautta voidaan myös saattaa kahden aluksen ohjaaman puomin avulla jonkin erityisen herkän alueen ohi.

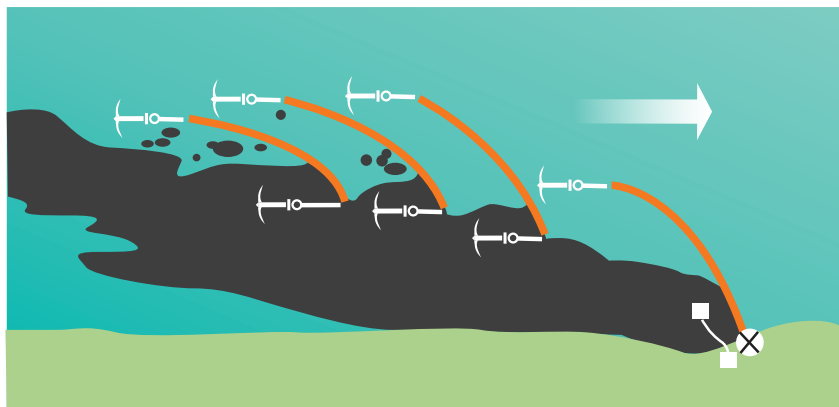
Myös staattisia, paikallaan pysyviä puomituksia voidaan hyödyntää. Suurissa virtausnopeuksissa öljyn pysäyttämiseen tarvitaan useampi puomi.

Kun ensimmäinen puomi ottaa vastaan suurimman virtausvoiman, on virtaus jo hieman hitaampaa seuraavalla puomilla. Jälkimmäisen puomin toimintavarmuus on siten paljon parempi. Kuvasa 25 on esitetty useamman puomin käyttöperiaatteita.

Jokialueilla tai kanavissa, joissa liikenteen jatkuminen on tärkeää, voidaan harkita avoimen puomituksen käyttöä kahdella puomilla siten, että ensimmäinen puomi toimii suuntauspuomina suistaen öljyä toiselle, rantaan ohjaavalle puomille (ks. kuva



Kuva 26. Kulkureitin mahdollistava puomitustapa, jossa ensimmäinen suuntauspuomi suistaa öljyn toiselle rantaan ohjaavalle puomille. Virtausnopeuden vaatiessa puomien määrää kasvatetaan. (Oil Spill Science Solution 2010)



Kuva 27. Useamman puomin ketjupuomitusta voidaan käyttää voimakkaassa virtauksessa, jossa yhden pidemmän puomin käyttäminen on hankalaa tai mahdotonta. Virtaavassa vedessä lyhyempien puomijaksojen käsittely on helpompaa. Se edellyttää kuitenkin enemmän ankkurointikalustoa. Peräkkäiset suuntauspuomit heikentävät pintavirtausta, jolloin seuraavien puomien suuntauskulmaa voidaan asteittain kasvattaa. (Nuka Research 2012)

26). Puomitustekniikkaa voidaan hyödyntää myös vesistöissä, joiden leveys ei mahdollista koko alueen sulkemista yhdellä puomilla. Suuntauspuomeja voi silloin olla useampia.

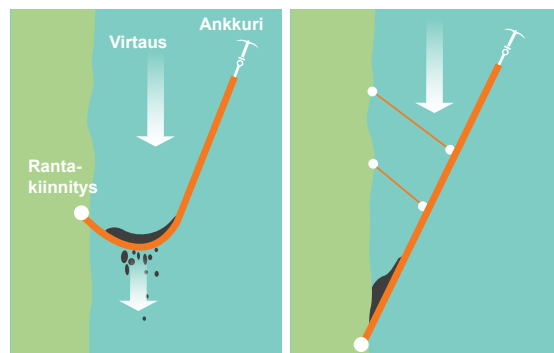
Virtaavassa vedessä puomitusta saattaa olla huomattavasti helpompaa paravaanin avulla kuin veneellä. Paravaania kokeiltiin Vuoksen harjoituksessa lokakuussa 2017 hyvin tuloksin (lisätietoa toimintaohjekortista ja manuaalin osasta 20 ja sen harjoituskorteista).

Rantaan ohjaava puomi tulee kiinnittää rantaan siten, ettei puomin päähän muodostu pussia. Tärkeää on myös tehdä rantakiinnityksestä tiivis, sillä aitapuomi yleensä kaatuu rantaan noustessa. Rantakiinnitystä voidaan tiivistää esimerkiksi imeytymateriaalilla.

Ohjaamista hyödynnetään myös kiintojääolosuhteissa. Jos jää kantaa torjujat ja heidän varusteensa, ohjauspuomit tehdään jäähän sahattuun railoon. Virtausten ylittäessä 0,4 m/s raiho sahataan kulmaan veden virtaussuuntaan nähden, samoin kuin puomi asetettaisiin avovedessä.

Kulman ansiosta öljy saadaan nousemaan railoon paremmin, eikä se virtaa raihon alta. Optimaalinen raihon leveys on 1,5-kertainen jään paksuuteen verrattuna. Altaan ylävirran puoleinen pää voidaan sahata kaartaen kohti veden virtaussuuntaa. Joki-alueella sahataan toinen raiho joen vastakkaiselle puolelle peilikuvana jään kantavuuden sallimissa rajoissa.

Öljyllä taipumus nousta jään alta avoveteen, joten raiho toimii myös ilman puomia. Puomia voidaan kuitenkin käyttää tehostamaan pysäytystä. Virta-



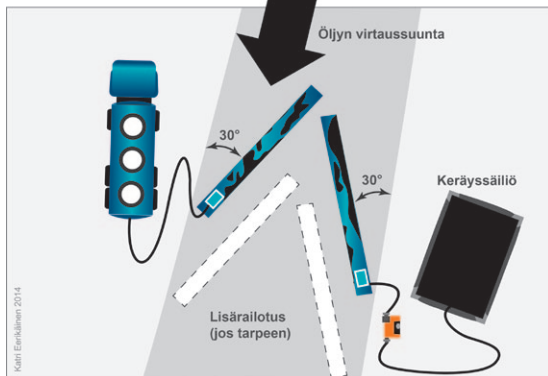
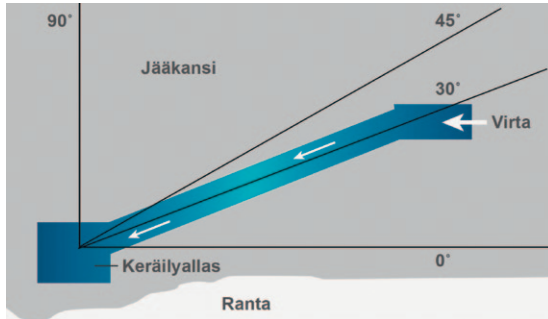
Kuva 28. Puomin kiinnityksessä tulee välttää pussin syntymistä: siellä öljy kohtaa puominpohjukan 90-asteen kulmassa, mikä saattaa johtaa öljyn karkaamiseen puomin ali. (Greene et al. 1979).



Kuva 29. Paravaani-puomitus, sama tilanne rannalta ja ilmasta katsottuna. Puomituksen muoto on huomattavasti helpompi hahmottaa ilmakuvasta. RPAS-kuvan perusteella havaittiin puomin jääneen liikaa pussittamaan. Tilanne korjattiin siirtämällä puomin rantakiinnityspistettä kauemmas alavirtaan. (Rantavuo 2017 ja Pitkäaho 2017)

us kuljettaa öljyä raiioon asetettua puomia myöten raiion päähän, josta se kerätään pois. Jäiden liikkuessa raiio voi painua umpeen, jolloin puomi saattaa

jäätyä kiinni ja repeytyä. Puomiraiioon voidaan tarvittaessa laittaa esimerkiksi puusta stopparilaudat. Raiiituksen toteuttamiseen löytyy tekniset ohjeet TalviSÖKÖ-manuaalista.



Suurissa virtausnopeuksissa on huomioitava, että öljy on todennäköisesti jo kaukana päästö- tai havaintopisteestä ennen kuin raiio ja puomitus on saatu aikaiseksi. Tämä tulee huomioida raiiutuspaikkaa valittaessa.

5.3 Suojaaminen

Puomeilla voidaan suojata erityisiä kohteita kuten luonnonsuojelullisesti arvokkaan alueen rantoja

Kuva 30. Puomitusrailon ja keruualtaan muoto. Raiion kulma määräytyy veden virtausnopeuden mukaan samoin kuin avovedessä. Näissä esimerkeissä raiio on sahattu 30-asteen kulmaan veden virtaussuuntaan nähden. Joessa raiioja voidaan sahata peilikuvina koko jokileveyden kattamiseksi jään kantavuuden sallimin välimatkoin. (Oskins & Bradley 2005 ja Allen 1979)



Kuva 31. Puomitusrailon ja keruualueen sahaaminen. Kuvat Pohjois-Savon jääolosuhteiden torjuntaharjoituksesta. (Halonen 2018).

öljyyntymiseltä. Suojaamisessa voidaan hyödyntää dynaamista suojausta (alusten ohjaamina) tai rantakiinnitteisiä puomituksia. Suojaamisessa on huomattava, että yhden alueen suojaaminen saattaa helposti johtaa viereisten alueiden likaantumiseen, ellei öljyn liikettä saada pysäytettyä. Siksi on pyrittävä muodostamaan alueita, joihin öljy alkaa kertyä ja joista sitä poistetaan. Yhtenä öljyn pysäyttämisen ja sen keräämisen mahdollistavana puomitustekniikkana käytetään ns. siksak-puomitusta. Siksak-puomitusta voidaan käyttää myös ohjauspuomin kanssa rannanpuoleisen sivun suojaamiseen.

Rannan suojaukseen käytetään tyypillisesti rajotuspuomia ja sen rinnalla imeytyspuomia. Imeytyspitko ei yksinään estä rantaa öljyyntymästä kuin hyvin suojaisilla vesialueilla. Imeytyspuomien tehoa voidaan lisätä kiinnittämällä kaksi imeytyspitkoa nippusitein rinnakkain. Näin puomi ei pääse pyörrähtelemään ja siten päästämään öljyä altaan. Aallokossa pitko yleensä nousee kivien päälle, jolloin sen suojaus- ja keräysteho heikkenee. Litteä nauhapuomi sen sijaan myötäilee aallokkoa. Sen etuna on myös suuri imeytyspinta-ala. Rannat voidaan suojata myös rannansuojamatoilla, jos maasto sallii.

Kuva 32. Rannan suojapuomituksen tulee muodostaa alueita, joihin öljy alkaa kertyä, muutoin ongelma vain siirtyy eteenpäin. Tällaisia ovat esimerkiksi siksak-puomituksen taskut. (Pohjois-Savon pelastuslaitos)



Taulukko 2. Puomitus- ja suojaustavan valinta sisävesistöissä.

Vesialue	Puomitus- ja suojaustapa
Pieni järvi tai lampi	Ohut öljykalvo: imeyttäminen, imeytyspitko tai nauhapuomi Kohtalaisesta paksuun öljykalvoon: rajoituspuomi, imeytyspuomi suojaksi
Pienet joet ja purot	Alle 0,5 m/s virtausnopeuksissa: rajoituspuomi, imeytyspuomi suojaksi 0,5–1,0 m/s virtausnopeuksissa: yksi ohjauspuomi voi riittää Yli 1,0 m/s virtausnopeuksissa: edellyttää useamman puomin ketjupuomitusta, ohjauspuomitus pienellä paravaanilla.
Joet ja virtaava vesi	Alle 0,5 m/s virtausnopeuksissa: rajoitus- ja sulkupuomitus 0,5–1,0 m/s virtausnopeuksissa: yksi ohjauspuomi voi riittää Yli 1,0 m/s virtausnopeuksissa: edellyttää useamman puomin ketjupuomitusta tai virtauspuomia, ohjauspuomitus paravaanilla.
Rantaviiva ja herkäät alueet	Rajoitus-, sulku- tai suojauspuomi, siksak, rannansuojapuomi. Murtuvalla aallokolla (aallonkorkeus > 0,5 m): ohjaus- tai suuntauspuomitus, ohjauspuomitus paravaanilla.
Jokisuut, lahdensuut, satamien sisääntuloväylät	Murtuvalla aallokolla (aallonkorkeus < 0,5 m) ja virtauksessa (< 0,5 m/s): sulkupuomitus vesialueen yli, ohjauspuomitus (arvioi kulma) suulle tai suun sisäpuolelle alueelle, jossa virtaus rauhoittuu. Murtuvalla aallokolla (aallonkorkeus > 0,5 m): rajoituspuomi riittävän kauas ulkopuolelle, suulla saattaa joutua liian alttiiksi aallokalle, ohjauspuomitus paravaanilla.
Järvet, avoimet selät	Nuottaus Ympäripuomitus (veden virtaus > 0,4 m/s) Suuntauspuomitus (toimii myös yli 0,5 m/s virtauksessa mutta alle 0,5 m aallokossa).

Kuva 33. Rantapuomituksen kiinnitys. Puomin taitetun reunan päälle on laitettu painoksi kiviä, jotta kiinnityksestä tulee tiivis. (Pohjois-Savon pelastuslaitos)





Kuva 34. Pitkomaisen imeytyspuomin suojausteho on melko heikko: pyörähdellessään pitko päästää öljyn altaan, sillä puomissa ei ole helmaa, joka estäisi öljyn leviämisen. Nauhapuomi säilyttää kosketuksensa veteen aallokossakin, ja sen imeytyspinta-ala on laaja. Rannansuojamaton suojausteho on hyvä, mikäli matto saadaan aseteltua kivikkoon tiiviisti. (Hintsala, Knorring Oy Ab 2014, Etelä-Karjalan pelastuslaitos ja Sydöstra Skånes Räddningstjänst 2006)

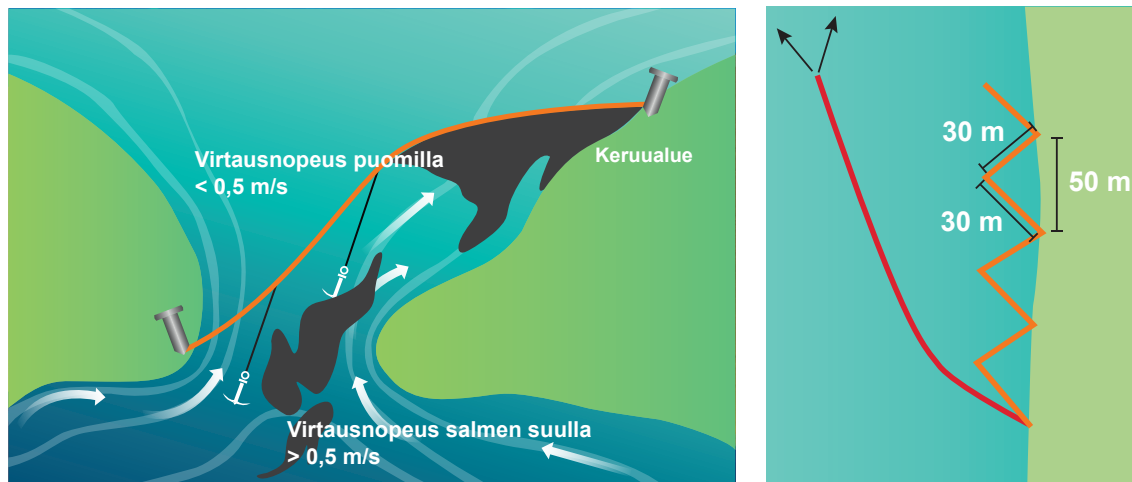
6 Puomitarpeen arviointi

Maailmalla sattuneissa öljyvahingoissa merkittävimmäksi käytännön syyksi puomitusten epäonnistumiseen on osoittautunut tarvittavan puomimäärän aliarviointi. Esimerkkinä mainitaan muun muassa liian pieneksi arvioitu puomipituus riittävän suuntaamiskulman aikaansaamiseksi. Taulukkoon 3 on koot-

tu harjoitusten ja tositapausten kautta muodostuneita nyrkkisääntöjä puomipituuksista eri käyttökohteisiin. Puomitarpeen laskemiseksi on myös erilaisia kaavoja. Tarvittavaa puomipituutta voidaan arvioida esimerkiksi vuotaneen öljymäärän perusteella laskemalla, kuinka paljon rajaavan puomin ”kapasiteetti” on.

Taulukko 3. Esimerkkejä eri käyttösovelluksiin tarvittavasta puomimäärästä.

Tavoite	Sovellus	Tarvittava puomimäärä
Öljyn leviämisen estäminen ja herkkien alueiden suojaaminen	Haverialuksen ympäripuomitus	6 x aluksen pituus
	Bunkrausvuodon rajoittaminen satama-altaassa	1,5 x aluksen pituus plus keulan ja perän etäisyys rantaan tai kiinteään laiturirakenteeseen
	Käyttö öljynkeräimen (skimmerin) apuna avovedessä	450–600 m / keräin
	Virtaavan joen poikkipuomitus	$\frac{\text{Joen leveys (m)} \times \text{virtauksen nopeus (m/s)}}{0,3} + 15 \text{ (m)}$
	Lahden, jokisuun tai sataman sisään tulon sulkeminen	3–4 x lahden tai jokisuun tai sataman sisään tulon leveys
	Rannan suojaaminen	1,5 x rannan pituus
	Rannan suojaaminen virtaavassa vedessä	1,5 + virtaus solmuina x suojattavan kohteen leveys
Öljyn kerääminen	Öljyn nuottoaus	100–500 m / 2 alusta



Kuva 35. Tarvittavan puomipituuden havainnollistaminen. Kapean salmen sulkemiseen siten, että öljy todella pysähtyy, tarvitaan noin 3–4 kertaa vesialueen leveyden verran puomia. Rannan suojaamiseen ja öljyn leviämisen estämiseen puomia tarvitaan noin 1,5 kertaa rannan pituus. (U.S. Coast Guard 2001 ja Laukkanen)

Hifistelijöille: Tarvittavan puomipituuden arviointi laskukaavalla

Ihanteellisissa olosuhteissa voidaan laskea, että ympyrän muotoinen, p metriä pitkä puomitus voi pidättää k millimetrin paksuisena öljykerroksena V kuutiometriä öljyä seuraavan kaavan mukaan:

$$V \text{ (m}^3\text{)} = (7,96 \times 10^{-2}) k \text{ [mm]} p^2 \text{ [m}^2\text{]}$$

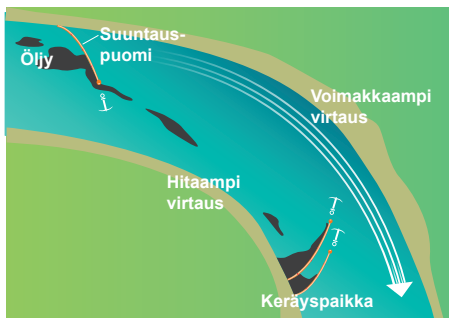
Esimerkiksi 100 metrin öljyvuomi voi pidättää öljyä 5 mm kerroksena, joka vastaa tilavuutta $V = 3,98 \text{ m}^3$, ja 500 metrin öljyvuomi voi pidättää 5 mm paksuna kerroksena $99,5 \text{ m}^3$ öljyä. Toisaalta jos 500 metriä puomia on viitenä 100 metrin puomituksena, voidaan pidättää vain $5 \times 4 \text{ m}^3 = 20 \text{ m}^3$ öljyä kerrospaksuuden ollessa 5 mm.

Suomen ympäristökeskus (2016). Öljyvuomiopas.

7 Puomituspaikan valinta

Öljyvuohto virtaavaan veteen leviää ja kulkeutuu laajalle alueelle, ellei sitä saada nuottaan tai ohjata rantaan kerättäväksi. Hyvän puomituspaikan valinta edellyttää virtausten ymmärtämistä ja tuntemista. Tähän auttaa paikallistuntemuksen lisäksi erilaiset virtausmittaukset ja -kartat, ajalehtimiskokeet ja mallinnukset. Tapahtumahetkellä saatetaan kuitenkin esiintyä historiadatasta ja virtaustilastoista poikkeavia virtaamia, virtaussuuntia tai -nopeuksia. Siksi kentällä tehdyt havainnot ovat merkityksellisiä. Torjuntatyön johdolla tulee olla työkaluja saada nopeasti tietoa tuulesta ja virtauksista, jotta se voi arvioida öljyn mahdollista kulkeutumista, tai reaaliaikaista tiedustelutietoa öljyn liikkeistä.

Öljyn pysäytyspaikka valitaan hitaamman virtauksen alueelta, esimerkiksi joen suvantoalueelta tai lahdelmasta. Tämä mahdollistaa suurempien suuntauskulmien käytön puomeissa. Siellä puomeihin ei kohdistu niin suuria voimia, jolloin myös työturvallisuusriskit vähenevät.

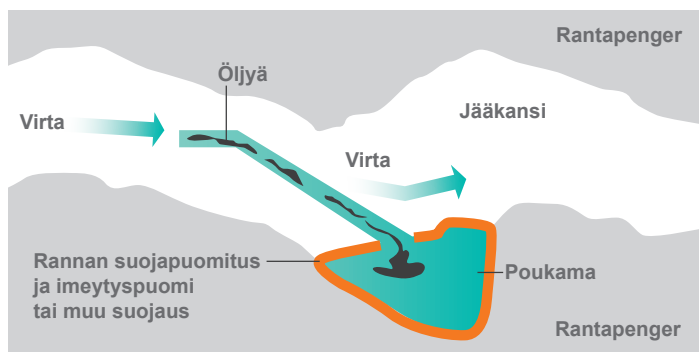


Suvantoalueita ja kohtia, joihin esimerkiksi vedessä ajalehtivat kaislat ja roskat luonnollisesti kerääntyvät, tulisi kartoittaa etukäteen osana valmiussuunnittelua. Tällaisissa kohteissa veden pyörteily edistää myös öljyn kertymistä alueelle ja siten sen talteenottoa. On huomattava, että näihin suvanto- ja kiertäjäpaikkoihin kertyneiden roskien poistaminen ennen öljylautan saapumista helpottaa keräystyötä ja vähentää syntyvää jätemäärää. Ennakoivaa keräämistä ei välttämättä Saimaan olosuhteissa ehditä tehdä.

Jos mahdollista, pysäytyspaikan valintaan vaikuttavina tekijöinä tulee huomioida myös riittävä veden syvyys (patoilmion välttämiseksi ja kulkusyvyydeksi lastissa oleville torjunta-aluksille) sekä logistiset yhteydet rantakeräyksen organisoimiseen ja jätteen pois kuljettamiseen.

Tavoitteena on suojata pysäytyspaikka rantapuomilla ja imeyttävällä materiaalilla ennen öljyn rantaan ohjaamista. Pysäytyspaikan valinnassa tulee silti huomioida myös alueen herkkyys ja

Kuva 36. Öljyn pysäytyspaikka kannattaa valita sieltä, missä veden virtausnopeus on alhaisin. Joissa tai kapeikoissa näitä ovat tyypillisesti sisäkaarteet. Saarten muodostamien kapeikkojen käyttö saattaa äkkiseltään houkuttaa lyhyempien puomivetojen vuoksi. Virtausnopeus saattaa niissä olla kuitenkin huomattavan suuri. Sen sijaan vesistön taas avautuessa virtausnopeus laskee. Saarten tai muiden esteiden suojanpuolelle saattaa muodostua pyörteilyä, johon öljykin jää. Hitaammasta virtauksesta kielii yleensä myös hienomman pohjasedimentin kertyminen alueelle. Tätä aluetta kannattaa hyödyntää, jos vain alusten syväykset sen mahdollistavat. (U.S. Coast Guard 2001)



Kuva 37. Öljyn pysäytyspaikan valinta hitaamman virtauksen alueelta (Oskins & Bradley 2005).

rannan puhdistettavuus. Alueella liikkuminen voi aiheuttaa tallautumista ja muuta haittaa luonnolle. Erityisen herkät alueet voidaan sulkea pois

8 Selvitys ja ankkurointi

Puomijaksot liitetään yhteen ennen niiden laske- mista veteen, sillä liitosten kiinnittäminen pienestä veneestä käsin voi olla vaikeaa ja hidasta, vaarallista- takin. Puomi voidaan selvittää veteen joko rannasta tai aluksen kannelta. Molemmissa tavoissa on va- rottava puomin kiertymistä pituusakselinsa ympä- ri: sitä on erittäin hankala, ellei mahdoton oikaista, kun puomi on vedessä.

Vahinkopaikan ollessa avovedessä puomi lasketaan yleensä aluksen kannelta. Vaihtoehtoisesti puomi selvitetään rannasta veteen ja hinataan kohteeseen. Saimaan alueella puomien maantiekuljetus vahin- kopaikan läheisyyteen saattaa olla vesikuljetusta nopeampi tapa.

Virtaavissa vesissä, tai käytettäessä raskaita puo- meja, ankkurointi tulee tehdä ennen puomin vetoa: puomi kiinnitetään valmiiksi laskettuihin an- kureihin. Näin saadaan varmistettua oikea muoto

Saimaan ensisijaisesti suojattavien kohteiden kartaston avulla (ks. manuaalin osa 9A). Herkät ja vaikeasti puhdistettavat rantatyyppit, eli suuren likaantumislähtöarvon saavat kohteet, on yleisellä tasolla kuvattu manuaalin osassa 9C. Pysäytyspai- kan valinnassa on mahdollisuuksien mukaan kuultava ympäristöviran- omaista. Etukäteen tehty kartoitus toimisi vahinkotilanteessa nopean reagoinnin eduksi. Osaksi pelastuslaitosten öljyntorjunta- suunnitelmia olisi tarpeellista liittää arvio niistä alueista, jonne öljy voidaan hallitusti ohjata ar- vokkaampien alueiden suojelemiseksi ja vahingon laajentumisen estämiseksi.

puomitukselle. Ankkuriköyteen ei tule asettaa pai- noa, ennen kuin ankkuri on pohjassa. Suojaisissa vesissä tai pienempien puomien kanssa ankkurit voidaan laskea joko ennen tai jälkeen.

Kannelta selvitetäessä puomin laskeminen ve- neestä virtaavaan veteen on helpompaa myötävira- taan. Puomi viedään aluksella halutulle etäisyydel- le rannasta ja kiinnitetään päätyankkuriin, minkä jälkeen puomi lasketaan myötävirtaan ja toinen pää tuodaan veneen avulla maihin. Toisin päin eli rannasta käsin vastavirtaan selvitys on aika haas- teellista, ellei veneessä ole riittävästi tehoja. Sitä vastoin tämä suunta, rannasta vastavirtaan, on oi- kea suunta paravaanille.

Riittävän tehokkaalla aluksella puomi voidaan selvittää rannasta veteen siten, että rantaan jäävä pää kiinnitetään ja toinen pää vedetään haluttua suuntauskulmaa vastaavalle etäisyydelle rannasta



Kuva 38. Puomin laskua aluksen kannelta ja ankkuroitua puomia (Pohjois-Savon pelastuslaitos).

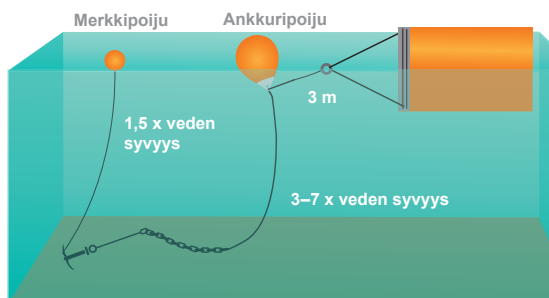
ja ankkuroidaan (tai kiinnitetään sinne valmiiksi vietyyn päätyankkuriin).

Suurissa virtauksissa rannasta käsin puomitettaessa puomi selvitetään ensin rantaan ylävirtaan valitusta puomituspaikasta. Puomi hinataan veteen mahdollisimman virran suuntaisesti, ei virran poikki tai virtaa vastaan. Apuvene vastaanottaa puomin ylävirran puoleisen pään ja ankkuroi sen. Toinen pää tuodaan veneen avulla maihin. Varmista, että tehtävään on valittu riittävän tehokkaita alukset. Jos vesistön leveys mahdollistaa, puomi on turvallisinta vetää virran yli vastarannalle kiinnitetyn vetoköyden avulla.

Saavuttuaan haluttuun ankkurointipisteeseen vene tiputtaa päätyankkurin. Ankkuri voidaan laskea veneestä ankkuriköyden varassa. Tällöin virtaus saattaa kuljettaa ankkuria melkoisenkin matkan ennen kuin se asettuu. Virtaavassa vedessä saattaa olla tarkoituksenmukaisempaa laskea ankkuri sen nostoköyden varassa. Ankkurin luistaminen saattaa muuttaa aiottua suuntauskulmaa sekä puomituksen muotoa ja johtaa siten öljyn karkaamiseen.

Päätyankkuri lasketaan huomioiden puomiin tarvittava suuntauskulma. Halutun muodon pysymiseksi

Kuva 39. Ankkuriköysi kiinnitetään ankkuripoijuun, jolloin puomi ei menetä kelluvuuttaan. Ankkurin nostoköyteen kiinnitetään erillinen merkkipoiju, jotta ankkurin paikantaminen ja nosto helpottuisivat. Merkkipoijun tulee olla niin pieni, ettei se vaikuta nostaan ankkuriin. Puomi tulee lisäksi merkitä valopoijuilla. (Vikoma)



tarvitaan todennäköisesti myös väliankkurointeja. Etenkin puomin pussittamisen välttämiseksi väliankkuroinnit ovat välttämättömiä.

Ankkuroinnin tarve vaihtelee eri puomityypeillä ja riippuu puomitukseen kohdistuvan virran ja tuulen aiheuttamasta kuormituksesta. Ankkureiden määrä arvioidaan alueella odotettavissa olevan suurimman virtausnopeuden ja tuulen mukaan, ei puo-



Kuva 40. Puominostoon on käytettävissä myös apuvälineitä, kuten tämä Kymenlaakson pelastuslaitoksella suunniteltu puominnostolaite (Halonen 2017).

mitushetkellä vallitsevien olosuhteiden mukaan. Alueen virtausnopeudet ja -suunnat, sekä tuulen suunta ja nopeus tulee siten selvittää ja katsoa sääennusteita myös muutaman päivän päähän, jos operaatiosta on odotettavissa pidempi.

Yleensä puomi on ankkuroitava noin 50 metrin välein sen pitämiseksi paikallaan. Lisäksi ankkureita tarvitaan puolet tästä määrästä varmistamaan puomin paikallaan pysyminen tuulen suunnan kääntyessä. Yleensä puomeissa on ankkurointipisteet vähintään 15 metrin välein. Väliankkuroinnin tarve riippuu siis olosuhteista, mutta myös puomituksen muodosta.

Tarvittavan ankkuriköyden pituus määräytyy vesisyvyyden ja aallokon perusteella. Tyynessä vedessä ankkuriköyden pituudeksi riittää noin 3 kertaa veden syvyys, suojaisissa vesissä noin 5 ja avoimilla vesialueilla aallokossa noin 7 kertaa veden syvyys. Jos köydet eivät ole tarpeeksi pitkiä, puomi ei pääse myötämään aallokkoa riittävästi. Jos köydet taas ovat liian pitkiä, on puomituksen muoto hankala luoda ja ylläpitää. Ankkuriköyden kiinnittäminen ankkuripoijuun estää suoraan puomiin kohdistuvaa

vetoa. Ankkuripoijun ja puomin välille köyttä annetaan noin 3 metriä. Myös väliankkuroinnit tehdään ankkuripoijujen kautta.

Ankkurin nostoköyden pituuden tulee olla noin 1,5 kertaa veden syvyys. Nostoköyteen kiinnitetään merkkipoiju, jotta ankkurin paikantaminen nostovaiheessa helpottuisi. Merkkipoijun tulee olla niin pieni, ettei se vaikuta nostaen ankkuriin. Merkkipoijun tulee myös olla väriltään tai muutoin ankkuripoijusta poikkeava. Harjoituksissa on tullut ilmi, että merkitsemättömien ankkurien nosto on hyvin haasteellista, etenkin jos noston suorittaa eri henkilöt kuin ankkuroinnin. Harjoitusraporteissa on ehdotettu, että ankkurien paikat myös kirjattaisiin ylös.

Rantapuomituksissa ankkuroinnissa voidaan hyödyntää erilaisia rannan kiinteitä kohteita, kuten sillan tai laiturin pilareita tai puita. Puomin muotoa voidaan tukea myös rantaan kiinnitettävillä väliköysillä tai -vajereilla. Ne voivat olla tarpeen erityisesti yli 0,25 m/s virtaavissa vesissä. Köydet kiinnitetään puomiin esimerkiksi kymmenen metrin välein.

Yleensä puomin rikkoontumisia tai henkilövahinkoja tapahtuu puomia ylös nostettaessa, ei niinkään laskuvaiheessa. Puomien nostaminen edellyttää enemmän henkilöresursseja kuin niiden laskeminen, eikä tähän aina olla varauduttu. Vahinkoihin myötävaikuttaa väsymys ja sitä kautta puomien huolimattomampi käsittely. Aikaisempia vahinkoja tarkasteltaessa torjunta-

töissä sattuneet tapaturmat ovat olleet pääasiassa sormi-, käsi- ja kyynärpäävammoja sekä selän rikkoutumisia.

Voimakkaasti virtaavassa vedessä tulee harkita turvaveneen sijoittamista alavirtaan veneen kaatumisen, henkilön veneestä putoamisen tai vastaavien tilanteiden varalle.

9 Öljyn kerääminen puomituksista

Toisinaan öljyä voidaan kerätä talteen jo nuotattaessa öljyn konsentraation kasvettua riittävästi puomin pohjukassa. Aina tämä ei kuitenkaan ole mahdollista, vaan nuottaus ja keräys tehdään omina vaiheinaan. Puomituksesta tai rantaan ohjatusta keruupisteestä pyritään keräämään öljyä pois sitä mukaa kun sitä kertyy. Jos öljyä kertyy runsaasti ohjauspuomituksen pohjukkaan, on vaarana, että öljyn reuna laajenee puomin keskivaiheille eli aluelle, jossa veden virtaus on voimakkaampaa.

Keräämiseen käytetään aluskerääjien lisäksi samaa kalustoa kuin rannalta tapahtuvassa vedestä keräämisessä, esimerkiksi skimmereitä ja alipainetekniikkaa (ks. manuaalin osa 9C). Myös nuotasta öljyä voidaan kerätä kelluvilla skimmereillä. Toisinaan tämä saattaa olla alusten kiinteitä järjestelmiä tehokkaampaa. Etenkin aallokossa kelluvat kerääjät saattavat toimia aluksen kiinteitä keräimiä paremmin, jos on vaarana, ettei kiinteän keräimen keruupinta ole jatkuvassa kosketuksessa veteen.

Keräysnopeuteen vaikuttaa alusten sääolosuhteista riippuva toimintakyky, pyyhkäisyveys, nopeus ja keräinten keräysteho sekä öljyn leviäminen ja fragmentoituminen.

Välivarastointikapasiteetti mitoitetaan keräysnopeuden, alusten kiinteiden säiliöiden kapasiteetin ja kerättävän öljynlaadun mukaan. Suuressa va-

hingossa keräysnopeus (kuutiota tunnissa) voidaan operaation alkuvaiheessa kellottaa, jotta välivarastointiyksiköiden vaihdot voidaan ennakoida ja logistiikka suunnitella joustavaksi. Logistiikka tulee pohtia kokonaisuutena, jottei kerääminen pysähdy tarpeettomasti. Jätelogistiikan suunnittelua kuvataan manuaalin osassa 10.

Vedessä tapahtuvaan keräämiseen voidaan hyödyntää säkitysjärjestelmän suursäkkejä, kelluvia ja hinattavia säiliöitä tai esimerkiksi proomun tai lossin päällä siirrettäviä tankeja tai loka-autoja. Tyypistä riippumatta välivarastointiin käytettävän yksikön tulee olla varustettu pinnankorkeusantureilla tai olla niin läpinäkyvä, että öljypinta erotuu selkeästi, jotta vältytään ylitäytöiltä ja säiliön vaihtoa on helpompi ennakoida. Yksiköiden tulee olla myös nestetiiviitä ja suljettavia sekä helposti käsiteltävissä ja tarvittaessa kiinnitettävissä aluksen kanteen.

Jos aluksen kannella välivarastoidaan öljyä, on astioita täytettäessä otettava huomioon aluksen keinunta ja vapaan nestepinnan vaikutus. Ylitäytöjen tai roiskumisen varalta aluksen kanteen tulee suojata liukastumisen estämiseksi samalla huolehtien, ettei suojamateriaalista tule itsessään vaaratekijää. Suojaukseen tulee käyttää liukumaton materiaalia ja kiinnittää se hyvin. Suojamateriaalilla ei tule peittää pääsyä luukuille tai leidareille.

Tavoitteena kerätä 225 kuutiota ensimmäisen vuorokauden aikana

Suomen öljyntorjuntavalmiutta tarkastellut työryhmä on asettanut Saimaan torjuntavalmiuden tasoksi 300 kuutiota. Työryhmän mukaan keräyskyvyn tulisi olla 1,5-kertainen vahingon määrään, ja tästä 50 % tulee saada kerättyä ensimmäisen vuorokauden aikana. Käytännössä tämä tarkoittaa vaadetta 450 kuution keräyskapasiteetille, josta 225 kuutiota tulee saada kerättyä ja välivarastoitua vahinkoa seuraavan 24 tunnin aikana. Saimaalla suurin säiliötilavuus on öljyntorjunta-alus Kummelin 70 kuution tankkitilavuus. Pelastuslaitoksen aluksissa säiliökapasiteettia on rajoitetusti; pääasiassa käytetään erillisiä välivarastointiyksiköitä. Yksistään Puumalasta löytyy välivarastointisäiliöitä yli 500 kuutiolle.

Hietala & Lampela (2007). Öljyntorjuntavalmius merellä-työryhmän loppuraportti.

Toivola (2015). Saimaan syväväylän alueen alusöljy- ja aluekemikaalivahinkojen torjunnan yhteistoimintasuunnitelma.

Öljyjätteen kuljetuspisteen perustaminen proomulle saattaa nopeuttaa alusten omien tankkien ja hinnattavien säiliöiden purkamista. Samasta pisteestä voidaan hoitaa torjunta-alusten polttoainehuolto.

Isoissa vahingoissa voidaan pyytää apuun myös muita aluksia, kuten kansinostureilla varustettuja väylänhoitoaluksia, jotka voivat olla käteviä esimerkiksi täytettyjen öljysäkkien keräämiseen vedestä.

Lisätietoa

- Fingas, M. 2013. The Basics of Oil Spill Cleanup. CRS Press. ISBN 978-1-4398-6246-9.
- Hietala, M. 2011. Öljyvahinkojen torjuntakalusto -käsikirjaluonnos.
- Hietala, M. & Lampela, K. 2007. Öljyntorjuntavalmius merellä-työryhmän loppuraportti. Suomen ympäristö 41/2007. Suomen ympäristökeskus. Edita Prima Oy, Helsinki. ISBN (PDF) 978-952-11-2913-1.
- IMO 2005. Manual on Oil Pollution. Section IV. Combating Oil Spills. International Maritime Organisation, London. ISBN 92-801-4177-5.
- IMO 2013. Guideline for oils spill response in fast currents. International Maritime Organization. IMO Publication no. I582E. London. ISBN 978-92-801-1567-3.
- IPIECA-IOGP 2015. At-sea containment and recovery. Good practice guidelines for incident management and emergency response personnel. OGP Report 522.
- ITOPF 2014. TIP 03: Use of booms in oil pollution response. Version 19 May 2014. Technical Information Paper 3.
- Jolma, K. 2015. Puomin vetolujuus ja hinausvoimat. Raportti. Suomen ympäristökeskus.
- Koops, W.; Zeinstra, M. & Heins, S. 2014. Oil Spill Response Manual. NHL University of Applied Sciences. ISBN 978-94-917900-7-2.
- Suomen ympäristökeskus 2016. Öljyvuomioapas. Öljyntorjuntarajoituspuomien määrittely sisävesi- ja rannikko-alueilla.
- U.S. Coast Guard 2001. Oil Spill Response in Fast Currents. A Field Guide. Report No. CG-D-01-02. Research and Development Center. Prepared for U.S. Department of Transportation, United States Coast Guard, Marine Safety and Environmental Protection.
- U.S. Navy 1991. Oil spill response. Ship salvage manual. Volume 6. Naval Sea Systems Commands.



<p>Kuvaus/ periaate</p>	<p>Tavoitteena öljyn leviämisen rajoittaminen ja kokoaminen pienemmälle alueelle paksummaksi kerrokseksi.</p> <p>U-nuottauksessa kaksi alusta ajaa rinnakkain hinaten perässään puomia, joka muodostaa U:n muotoisen kaaren alusten välille. U-nuotan leveys on noin 1/3 puomin kokonaispituudesta. Hinattavan puomin pituus riippuu alusten tehosta ja vesialueesta: voi vaihdella esimerkiksi 100 metristä 500 metriin. Voidaan nuotata joko suljetulla nuotalla tai avoimella nuotalla, jossa kolmas alus kerää puomiportista valuvan öljyn.</p> <p>J-nuottauksessa alukset eivät etene samassa rintamassa, vaan toinen aluksista kulkee hiehan toista jäljessä. Tämä muodostelma mahdollistaa, että jälkimmäinen alus kerää samanaikaisesti öljyä talteen laitakerääjällä tai skimmerillä.</p> <p>V-muodostelmassa kolmas keulakerääjällä varustettu alus kerää öljyä kiinni puomin pohjukassa.</p>
<p>Käyttöalue</p>	<p>Avoimet vesialueet, kuten järven selät.</p>
<p>Tarvittavat välineet</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2 tai 3 alusta • Verhopuomit, vetopäät, hinausköydet (> 20 m). Nuottana voidaan tarvittaessa käyttää myös tiheäsilmäistä verkkoa (kiinteytyville, välivedessä kelluville öljyille). • Öljynkestävät suojarusteet. Huomioi mahdolliset haihtuvat yhdisteet. • Lisäksi lentotiedustelu sekä öljynkeräimiä ja välivarastointikapasiteettia.
<p>Ympäristövaikutukset</p>	<p>Ei mainittavia ympäristövaikutuksia.</p>
<p>Tehokkuus</p>	<p>Toimii tehokkaimmin suojaisilla alueilla, joissa virtausnopeus on alhainen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tehokkaimmin muodostelma toimii, kun alukset pysyvät riittävän lähellä toisiaan: nuotansuun leveys pidetään maksimissaan 1/3 nuotan pituudesta. Esimerkiksi 300 metrin pituisella puomilla nuotattaessa nuotan leveys, eli pyyhkäisyala, voi olla 100 metriä. Liian leveä nuotta vie alusten ohjailukyvyn ja puomiin kohdistuvat vetolujuudet rikkovat sen. Leveän pyyhkäisyalan tavoittelemisen sijaan kannattaa nuotata kapeammalla leveydellä useampana kertaan. • Suljetussa U-nuottauksessa käytetään paritonta määrää puomijaksoja, jolloin liitoskohta ei osu nuotan perälle, jossa paine on suurin. Suuremman rikkoontumisvaaran lisäksi, öljy myös karkaa todennäköisemmin joustamattoman liitoksen kohdalta. Avoimessa nuotassa puomimäärä on parillinen: kaksi yhtä pitkää puomijataa liitetään toisiinsa kettingillä tai vajjerilla. Näin nuottaan syntyy aukko, josta paksummaksi rikastunut öljy valuu kapeana nauhana nuotan perässä seuraavan aluksen kerättäväksi.

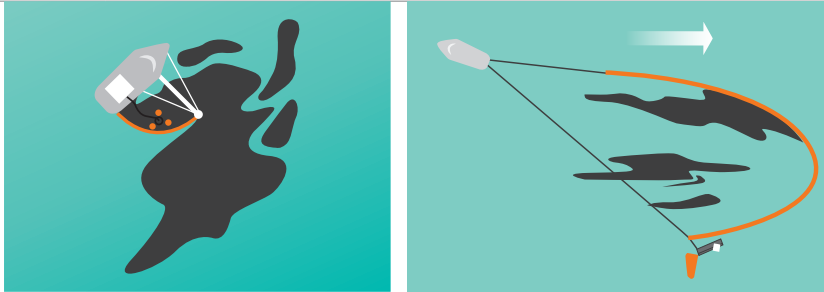
- Hinausköysien pituus määräytyy puomin pituuden mukaan, mutta on oltava vähintään 20 metriä. Tyypillisesti 300 metrin nuotassa hinausköydet ovat 50–60 metriä. Hinausköysien on hyvä olla kelluvia. Niiden tulee katketa ennen puomin rikkoutumista, jos vetovastus kasvaa liian suureksi.
- Nuottamuodostelmaan ajo saattaa aallokossa ja virrassa olla hankalaa. Puomin hakeva alus selvittää puomin myöteeaallokkoon, ja nuottapari kääntyy yhtenä kokonaisuutena aallokkoa ja öljyn tulosuuntaa kohden.
- Nuottaussuunta valitaan yleensä lautan pituussuuntaan öljyn kulkusuuntaa vastaan. Suurissa virtausnopeuksissa nuotta pidetään paikallaan ja annetaan virran painaa lautta nuottaan.
- Alusten nopeus veden suhteen tulee pitää noin 0,5 solmussa kun öljy on saatu nuottaan. Avoin pohjukka mahdollistaa hieman suuremman nuottausnopeuden kuin suljettu. Puomin rikkoutumisvaaran vuoksi ajonopeus tulee pitää kuitenkin suhteellisen alhaisena.
- Vahinkohetken olosuhteisiin sopivan nopeuden ja nuottapuomin toimivuuden voi parhaiten arvioida vain tilannetta havainnoimalla. Öljypisaroiden tai läiskien nousu pintaan puomin jäljestä kertoo nuotan vuotamisesta. Ohutta kalvoa voi kuitenkin muodostua myös hyvin toimivassa nuottauksessa. Nuotan liiallisesta nopeudesta kielii myös nuotan perään syntyvät pyörteet. Puomin pohjukkaa ei kuitenkaan hinaavista aluksista näe – käytä tähän joko vene- tai ilmatiedustelua.
- Toisinaan aluksen ohjailtavuus saattaa edellyttää kriittisen nopeuden ylittäviä nopeuksia. Oleellista on, että nopeuden lisäys tehdään tietoisina sen seurauksista puominuotassa olevaan öljyyn.
- Käytä ilmatiedustelua myös ohjaamaan nuottaavat alukset öljylautan paksuimpaan kohtaan. Varmista hyvät viestiliikenneyhteydet alusten ja tiedustelijoiden välillä.
- Nuotta voi kerätä myös paljon roskaa, huomioi tämä keräystä suunnitelmassa.
- Järjestä välivarastointi.

Alusten yhteistoiminta

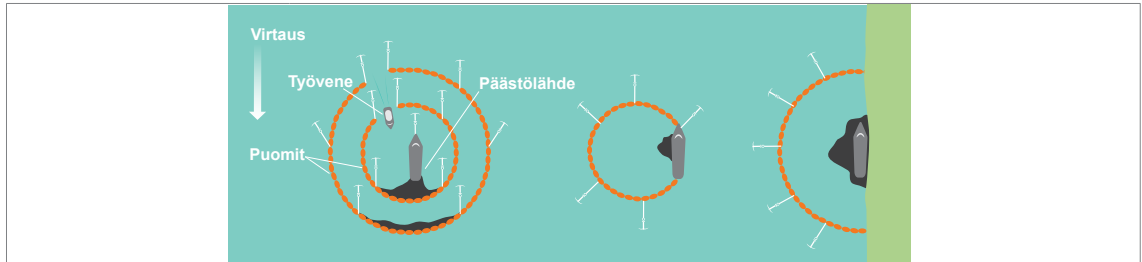
- Sovitaan tehtävänajaosta: toinen aluksista johtaa, toinen toimii apuveneenä.
- Johtovastuussa oleva alus määrittelee:
 - ajettavan suunnan
 - alusten välisen etäisyyden
 - nopeuden ja
 - ohjeistaa käännökset.
- Alusten keskinäinen etäisyys määritellään tavoiteltavan nuotansuun leveyden mukaan.
- J-nuottauksessa johtoaluksen tehtävä annetaan takana tulevalle kerääväälle alukselle, jolla on näköyhteys nuottaan. Apualus ajaa edellä. Alusten välimatka sovitetaan siten, ettei edellä ajavan aluksen peräaallot hankaloita takana tulevaa tai aiheuta yliroiskumista nuotassa.
- Ylläpidä etäisyyttä ja samaa suuntaa työparin kanssa.
 - Tähän voidaan hyödyntää esimerkiksi tutkan VRM (Variable Range Marker) ja EBL (Electronic Bearing Line) -työkaluja.
 - VRM näkyy tutkanäytössä renkaana, jonka keskipisteenä on oman aluksen sijainti.
 - Jos tavoite on ajaa esimerkiksi U-nuotta rinnakkain, aseta EBL poikkeamaan ± 90 -astetta omasta keulasuunnasta. Aseta VRM-renkaaseen tavoiteltava etäisyys alusten välillä. Pyri pitämään työpari VRM:n ja EBL:n leikkauspisteessä.



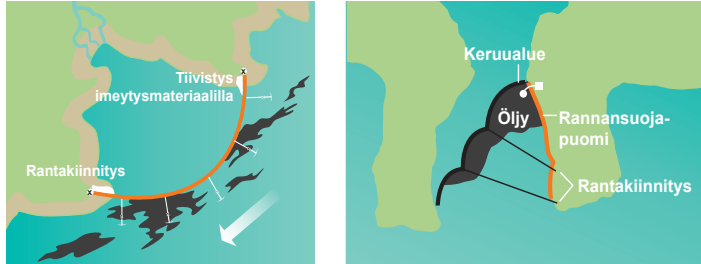
Valokuvat: Pohjois-Karjalan pelastuslaitos 2018



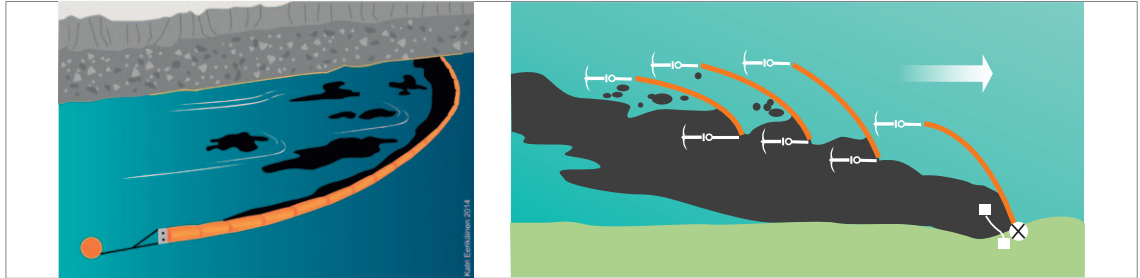
Kuvaus / periaate	Tavoitteena öljyn leviämisen rajoittaminen ja kokoaminen pienemmälle alueelle paksুমaksi kerrokseksi. Öljyä voidaan nuotata yhdellä aluksella, joka on varustettu pyyhkäisy-puomilla. Keruujärjestelmä voi olla joko yhdellä tai kahdella sivulla. Voidaan toteuttaa myös paravaanin avulla muodostetulla nuotalla.
Käyttöalue	Avoimet vesialueet
Tarvittavat välineet	<ul style="list-style-type: none"> • 1 alus tai vene, laitakerääjä tai sivukerääjä. Keräysjärjestelmissä on tyypillisesti kiinteät keräimet, mutta puomin pohjukkaan kertynyt öljy voidaan poistaa kelluvalla keräimellä. • Tai 1 alus / vene, paravaani ja verhopuomi • Öljynkestävät suojavarusteet. Huomioi mahdolliset haihtuvat yhdisteet. • Lisäksi lentotiedustelu sekä öljynkeräimiä ja välivarastointikapasiteettia.
Ympäristövaikutukset	Ei mainittavia ympäristövaikutuksia.
Tehokkuus	Itsenäisesti öljyä keräävän aluksen pyyhkäisy-levy on nuottaa kapeampi, mutta etuna on sen parempi manoveerattavuus. Paravaani voi mahdollistaa lähempänä rantaa tapahtuvan nuotauksen kuin mitä aluksella olisi turvallista tehdä.
	<ul style="list-style-type: none"> • Toimi järjestelmällisesti. Käytä ilmatiedustelua ohjaamaan alus öljylautan paksuimpaan kohtaan. • Varmista hyvät viestiliikennytyhdet alusten ja tiedustelijoiden välillä. • Nuottaussuunta valitaan yleensä lautan pituussuuntaan öljyn kulkusuuntaa vastaan. Hyödynnä esimerkiksi tuulen muodostamat kapeammat öljyvanat. Suurissa virtausnopeuksissa alusta pidetään paikallaan ja annetaan virran painaa lautta nuottaan. • Pidä aluksen nopeus vedensuhteen alle 1 solmussa, seuraa puomin pitävyyttä ja alenna nopeutta, jos puomi vuotaa. • Toisinaan aluksen ohjailtavuus saattaa edellyttää kriittisen nopeuden ylittäviä nopeuksia. Oleellista on, että nopeuden lisäys tehdään tietoisina sen seurauksista puominuotassa olevaan öljyyn. • Siipipuomi tai nuotta voi kerätä myös paljon roskaa, huomioi tämä keräystä suunniteltaessa. • Järjestä välivarastointi.



Kuvaus /periaate	Tavoitteena rajoittaa öljyvuodon leviämisen päästölähteen läheisyyteen, estää jatkuvan vuo- don leviäminen laajemmalle tai lisävuo- tojen aiheuttamat vahingot. Puomitustekniikan tukena käytetään yleensä öljyn poistoa itsenäisesti keräävillä aluksilla tai kelluvilla keräimillä.
Käyttöalue	Suojaisilla vesialueilla. Käyttö rajoitettua avoimilla selillä, joissa vedensyvyys estää ankkuroinnin, voidaan käyttää silloin dynaamisesti. Ei suositella käytettäväksi virtaavassa vedessä (> 0,4 m/s).
Tarvittavat välineet	<ul style="list-style-type: none"> • Puomityyppi ja -koko virtauksen ja vesialueen syvyyden mukaan. Suojaisissa vesissä kevyellä puomilla, avoimilla selillä raskaammalla verhopuomilla. - Puomia (6 x kohteen pituus), ankkurointivälineet, puomin merkitsemisvälineet valopojit ym. • Työvene ja apuvene miehistöineen (minimi) • Tarvittaessa imeytysmateriaalia • Öljynkestävät suojarusteet • Öljynkeräimiä ja välivarastointikapasiteettia
Ympäristö-vaikutukset	Ei mainittavia ympäristövaikutuksia. Vähäistä pohjasedimentin häiriötä ankkuripisteissä.
Tehokkuus	Ympäripuomitus soveltuu silloin kun öljy ei ole päässyt leviämään vielä kovin laajalle tai jos öljyvuo- don oletetaan edelleen jatkuvan. Ympäripuomitus sopii tilanteisiin, joissa virtauksen tai tuulensuunnan muutokset ovat mahdollisia. Suurissa virtausnopeuksissa tai tuulessa vaihda tekniikka ohjaamiseen tai suuntaamiseen.
	<ul style="list-style-type: none"> • Työn etenemissuunta on puhtaalta kohti likaista, arvioi öljyn kulkeutumissuuntaa. • Valitse olosuhteisiin ja käytettävissä olevaan puomimäärään soveltuva muoto puomiasetelmalle. • Ympäripuomitukseen tarvitaan noin kuusi kertaa kohteen pituuden verran puomia. Aluksen runko tai muu kiinteä kohde voi toimia osana puomipituutta. • Alusta puomittaessa, pyydä alusta laskemaan sekä perä- että keula-ankkurit. Aina tämä ei ole mahdollista. Jätä silloin haverialukselle tilaa elää ankkurinsa varassa. • Ensimmäinen puomikehä tulee saada hieman kauemmas kohteesta, sillä vuotava öljy saattaa nousta pintaan muutamien metrien päässä päästölähteestä riippuen veden kerrostuneisuudesta ja virtauksista. • Tuuli ja virtaus yleensä pitävät puomipussia avoinna, mutta tarvittaessa riittävä öljyn pintautumistila varmistetaan ankkuroinnilla. Arvioi ankkureiden määrä alueella odotettavissa olevien maksimivirtauksen ja tuulen mukaan. • Ensimmäisen puomikehän ympärille luodaan toinen suojauskehä ja kehien väliin jätetään noin 2–5 metriä. Näin seuraava kehä pystyy pysäyttämään ensimmäisestä kehästä karkaavan öljyn, eli öljylle jää riittävästi pintautumistilaa. Toinen kehä myös suojaa ensimmäistä aallokolta ja vedessä ajelehtivalta roskalta, jolloin kerättävää jätettä muodostuu vähemmän. • Puomikehien suunnittelussa huomioidaan tarvittaessa kulkureitit keräävälle alukselle tai muille työveneille. • Jos ehditään, puomikehän sisäpuolen voi "vuorata" imeytyspuomilla. Tämä helpottaa puomien puhdistusta operaation jälkeen. • Seuraa puomitusten pitävyyttä. Tarvittaessa muuta puomituksen muotoa suunnikkaaksi tai kuusikulmioksi, jossa terävä kulma öljyn kertymissuuntaan, tai vaihda tekniikka suuntaamiseen/ohjaamiseen. • Kerää öljyä pois mahdollisimman tehokkaasti. • Varaa puomin purkuun enemmän henkilöresursseja kuin sen laskuun.



Kuvaus / periaate	Sulkupuomituksen tarkoituksena on estää öljyn kulkeutuminen tietylle alueelle. Öljy joko suunnataan kohteen ohi tai se pysäytetään.
Käyttöalue	Pienten lahtien ja poukamien, sataman sisääntuloväylien ja jokisuiden suojaamiseen alle 0,4 m/s virtausnopeudessa ja 0,5 metrin aallokossa.
Tarvittavat välineet	<ul style="list-style-type: none"> • Puomityyppi ja -koko virtauksen ja vesialueen syvyyden mukaan. Suojaisissa vesissä kevyellä puomilla, avoimilla selillä raskaammalla verhopuomilla. • Puomia (3–4 x kapeikon tms. leveys tai 1,5 x rantaviivan pituus), ankkurointivälineet, puomin merkitsemisvälineet valopojjut ym. • Työvene ja apuvene miehistöineen (minimi) • Tarvittaessa imeytysmateriaalia • Öljynkestävät suojarusteet • Rannansuojausmateriaalia, öljynkeräimiä ja välivarastointikapasiteettia
Ympäristövaikutukset	Vähäistä pohja- ja rantasedimentin häiriötä ankkuripisteissä. Suuntausmoodissa muiden alueiden likaantumiskehitys. Pysäytysmoodissa öljyn rantaanohjaamisesta aiheutuvat ympäristövaikutukset, joita pyritään pienentämään rannan etukäteissuojaamisella. Rantakeräyksen ympäristövaikutukset.
Tehokkuus	Toimii tehokkaimmin suojaisilla vesialueilla. Jokisuista virtaava vesi yleensä työntää puomia kaarelle ja näin tehostaa suojavaikutusta. Sulkupuomituksessa on huomattava, että yhden alueen suojaaminen saattaa helposti johtaa viereisten alueiden likaantumiseen, ellei öljyn liikettä saada pysäytettyä.
	<ul style="list-style-type: none"> • Tunnista ja priorisoi suojattavat kohteet, käytä Ensisijaisesti suojattavien kohteiden kartastoa tai BORIS 2.0 -järjestelmää. • Älä koeta sulkea liian isoa aluetta kerrallaan. Silloin yhden puomin rikkoutuminen/kaatuminen tms. johtaa laajan alueen likaantumiseen. Harkitse, voitko sulkea pienempiä alueita lyhyempiä puomituksia käyttäen. • Valitse puomituspaikka mahdollisimman hitaasti virtaavalta alueelta. Selvitä mahdolliset kiinteät ankkurointipisteet. • Valitse olosuhteisiin soveltuva puomityyppi, -koko sekä puomin suuntauskulma. • Huomioi veden virtausnopeuden lisääntyminen salmissa tai muissa kapeikoissa. Kapeiden salmien sulkeminen lyhintä reittiä pitkin on mahdollista ainoastaan tynnessä, virtaamattomassa vedessä. Eli lähinnä teoriassa. • Öljyn pysäyttämiseksi puomi tulee asettaa viistosti vesialueen yli kulmaan, jonka suuruus riippuu veden virtausnopeudesta. Kulmasta johtuen puomia tarvitaan vähintään 1,5 kertaa mutta mieluiten 3–4 kertaa suljettavan vesistön leveys. • Tiivistä rantakiinnitys imeytysmateriaalilla tai painoilla tms. Jos helposti toteutettavissa, rantaa voi myös kaivaa lapiolla syvemmäksi puomin kohdalta, jotta puomi pystyy helpommin säilyttämään pystyasentonsa (järkevää, jos samalla kaivetaan keruukuoppa öljylle). • Suojaa myös keruualueen rantaviiva. • Seuraa puomitusten pitävyyttä. Toinen suojauskehä tai ohjauspuomi saattavat olla tarpeen.



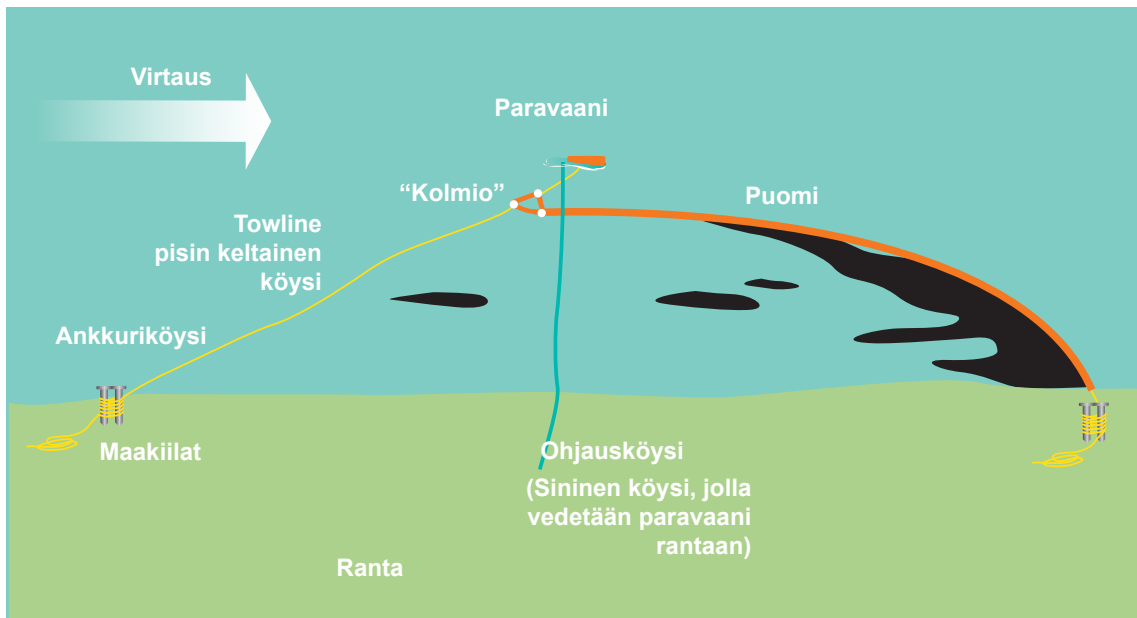
Kuvaus/ periaate	Tavoitteena öljyn ohjaaminen sen pysäyttämiseksi ja keräämiseksi, esimerkiksi öljyn tarkoituksellinen ohjaaminen rantaan kerättäväksi. Puomi asetetaan virtausnopeudesta riippuvaan suuntauskulmaan öljyn kulku-uralle. Öljy valuu puomia myöten sen pohjukkaan, josta se kerätään pois.
Käyttöalue	Tekniikan käyttö edellyttää, että alueella on virtausta, noin 0,2–1,5 m/s. Käyttö rajoitettua avoimilla selillä, joissa vedensyvyys estää ankkuroinnin, voidaan käyttää silloin dynaamisesti siten, että puomia ohjailaan aluksilla.
Tarvittavat välineet	<ul style="list-style-type: none"> • Alus/vene (+ apuvene). puomia (kokonaispituus riippuu tarvittavasta suuntaamiskulmasta, puomin koko virtausnopeudesta ja veden syvyydestä), ankkurointikalusto, puomin merkitsemisvälineet valopoijut ym. • Rannansuojusmateriaalia, öljynkeräimiä ja välivarastointikapasiteettia.
Ympäristövaikutukset	Öljyn rantaanohjauksesta aiheutuvat ympäristövaikutukset, joita pyritään pienentämään rannan etukäteissuojauksella. Rantakeräyksen ympäristövaikutukset. Vähäistä pohja- ja rantasedimentin häiriötä ankkuripisteissä.
Tehokkuus	Toimii muita menetelmiä tehokkaammin virtaavassa vedessä.

- Suurissa vedenvirtausnopeuksissa (> 0,4 m/s), joissa kriittinen nopeus ylittyy, puomeja käytetään ohjaamiseen siten, että puomi asetetaan kulmaan vedenvirtaussuuntaan nähden. Tämä vähentää suhteellista virtausnopeutta puomilla. Mitä suurempi virtausnopeus, sitä virranmyötäisemmäksi puomi tulee asettaa.
- Kapeikoissa vedenvirtausnopeus on yleensä suurinta keskellä ja hitaampaa reunamilla. Tavoitteena on ohjata öljyä kohti rantaan, jossa virtausnopeudet ovat pienempiä ja öljy todennäköisemmin pysyy puomin sisällä.
- Suurissa virtausnopeuksissa öljyn pysäyttämiseen tarvitaan useampi puomi lyhyinä 15–30 metrin jaksoina. Kun ensimmäinen puomi ottaa vastaan suurimman virtausvoiman, on virtaus jo hieman hitaampaa seuraavalla puomilla. Jälkimmäisen puomin toimintavarmuus on siten paljon parempi. Voimakas virta saattaa painaa puomin pään pussille, siksi puomit asetetaan limittäin, jolloin puomin vuotaessa seuraava puomi poimii karanteen öljyn talteen.
- Useamman puomin ketjupuomitusta voidaan käyttää voimakkaassa virtauksessa, jossa yhden pidemmän puomin käyttäminen on hankalaa tai mahdotonta. Virtaavassa vedessä lyhyempien puomijaksojen käsittely on helpompaa. Se edellyttää kuitenkin enemmän ankkurointikalustoa. Peräkkäiset suuntauspuomit heikentävät pintavirtausta, jolloin seuraavien puomien suuntauskulmaa voidaan asteittain kasvattaa.
- Virtaavissa vesissä, tai käytettäessä raskaita puomeja, ankkurointi tulee tehdä ennen puomin vetoa: puomi kiinnitetään valmiiksi laskettuihin ankkureihin. Näin saadaan varmistettua oikea muoto puomitukselle. Suojaisissa vesissä tai pienempien puomien kanssa ankkurit voidaan laskea joko ennen tai jälkeen.

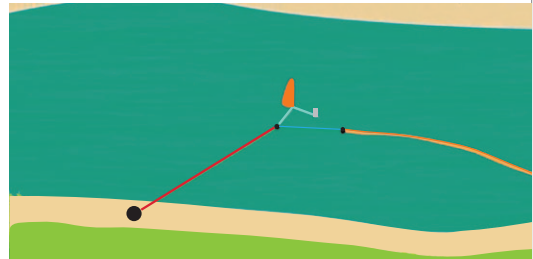
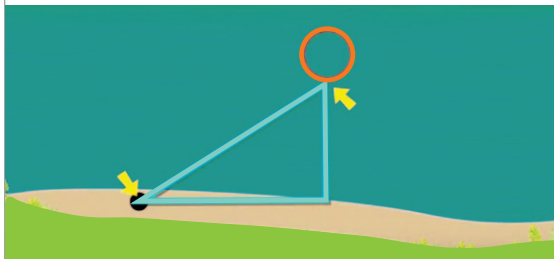
- Jos vesistön leveys mahdollistaa, puomi vedetään virran yli vastarannalle kiinnitetyn vetoköyden avulla. Selvitä puomit suoriksi rantaviivalle ylävirtaan valitusta pysäytyspaikasta. Ketjupuomitusta käytettäessä, puomijaksot vedetään rantaan suoriksi niin, että niiden päät limittyvät noin 3–5 metriä.
- Riittävän tehokkaalla aluksella puomi voidaan selvittää rannasta veteen siten, että rantaan jäävä puominpää kiinnitetään ja toinen pää vedetään haluttua suuntauskulmaa vastaavalle etäisyydelle rannasta ja ankkuroidaan (tai kiinnitetään sinne valmiiksi vietyyn päätyankkuriin).
- Suurissa virtauksissa rannasta käsin puomitettaessa puomi selvitetään ensin rantaan ylävirtaan valitusta puomituspai-
kasta. Puomi hinataan veteen mahdollisimman virran suuntaisesti, ei virran poikki tai virtaa vastaan. Apuvene vastaanottaa puomin ylävirran puoleisen pään ja ankkuroi sen. Toinen pää tuodaan veneen avulla maihin. Varmista, että tehtävään on valittu riittävän tehokkaat alukset.
- Kannelta selvitettäessä puomi lasketaan virtaavaan veteen myötävirtaan. Puomi viedään aluksella halutulle etäisyydelle rannasta ja kiinnitetään päätyankkuriin, jonka jälkeen puomi lasketaan veteen ja annetaan oieta myötävirtaan. Toinen pää tuodaan apuvene-
en avulla maihin.
- Rantaan ohjaava puomi tulee kiinnittää rantaan siten, ettei puomin päähän muodostu pussia.
- Tärkeää on tehdä rantakiinnityksestä tiivis. Aitapuomi yleensä kaatuu rantaan noustessa. Rantakiinnitystä voidaan tiivistää esimerkiksi imeytysmateriaalilla. Jos helposti toteutettavissa, rantaa voi myös kaivaa lapiolla syvemmäksi puomin kohdalta, jotta puomi pystyy helpommin säilyttämään pystyasentonsa (järkevää, jos samalla kaivetaan keruukuoppa).

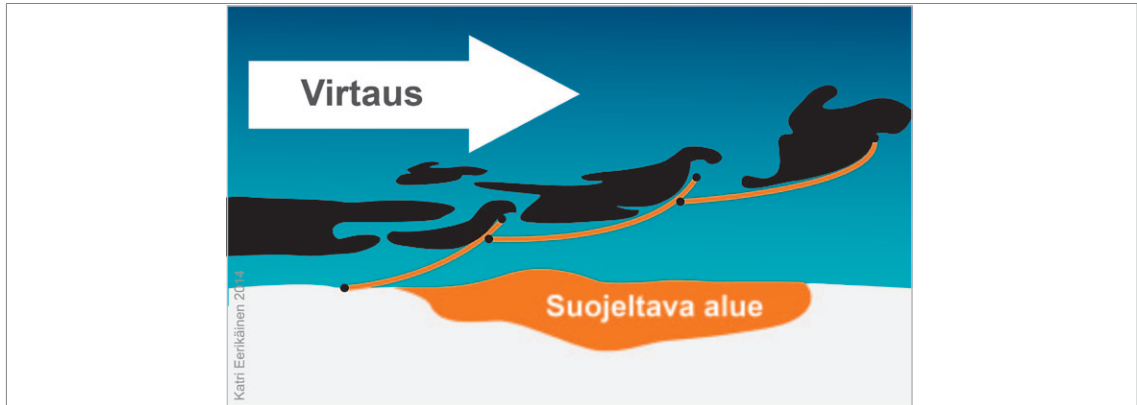


<p>Kuvaus/ periaate</p>	<p>Tavoitteena öljyn tarkoituksellinen ohjaaminen ja pysäyttäminen rantaan kerättäviksi. Paravaani ei tarvitse venekalustoa, vaan se selvitetään rannalta käsin. Paravaanissa oranssin kellukkeen alla on pystysuoria siipiä, jotka muodostavat virtauksessa suuren sivullevetävän voiman. Kelluke ja siivekkeet ovat kuljetuksessa erillään, kootaan joko "oikea tai vasenkätiseksi" sen mukaan, mihin suuntaan paravaanin halutaan lähtevän (oma sijainti, virtaussuunta). Pakettiin kuuluu myös maakiilat sekä kolme köyttä. Sininen on paravaanin ohjausköysi, jolla se palautetaan rantaan. Keltaisella pidemmällä ankkuriköydellä paravaane kiinnitetään rantaan maakiiloja tai kiinteitä kohteita hyödyntäen. Lyhyempää keltaista köyttä käytetään puomipäässä varmistuksena. Köysin kiinnittämiskohdat on merkitty, kiinnitettäessä muodostuu kolmio.</p>
<p>Käyttöalue</p>	<p>Virtaavat vedet > 1 m/s</p>
<p>Tarvittavat välineet</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Paravaani, tarvikkeineen (kelluke, siivekkeet, köydet ja maakiilat), puomia • Vene turvaveneeksi
<p>Ympäristövaikutukset</p>	<p>Ei mainittavia ympäristövaikutuksia.</p>
<p>Tehokkuus</p>	<p>Paravaani toimii kohtuullisesti, kun virtausnopeus lähenee 1 m/s. Kovemmissa virtausnopeuksilla paravaani toimii paremmin.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Työvaiheet: <ul style="list-style-type: none"> - paravaanin kasaus ja köysitys - ankkurointipisteen paikan valinta, eli paravaanin paikan ja etäisyyden rannasta määrittäminen ja ankkuriköyden pituustarpeen arviointi - puomin selvitys, kiinnitys paravaaniin ja rantaan - paravaanin lasku vesille, työntö irti rannasta - puomin syöttö, puomipussin säätö, puomituksen ankkurointi (voidaan myös pitää paravaanilla) - paravaanin ohjaus takaisin rantaan, purku. • Tavoiteltava muodostelma (ks. seuraava kuva): paravaanin ankkurointiköysi ylävirtaan, ohjausköysi sekä puomi. Puomiin ei tule muodostua pussia. Pieni kulma puomituksen loppupäässä vähentää virtauksesta muodostuvaa painetta ja ohjaa öljyn rantaan kerättäväksi. 	



- Paravaanin paikka ja etäisyys rannasta määräytyvät ankkuriköyden pituuden ja kulman mukaan. Mitä kauemaksi ankkuriköyden vie ylävirtaan, sitä kesemmälle paravaani pääsee kiipeämään virrassa. Arvioi siis tarvittava suuntauskulma ja vie ankkuriköyttä sen mukaan.
- Ankkuriköysi tulee viedä rannassa melko kauas ylävirtaan, jotta veto tulee pienemmässä kulmassa. Käytännön kokemusten perusteella kannattaa viedä lähes koko ankkuriköyden pituus ylävirtaan.
- Puomiksi valitaan jokipuomia tai alle 500 mm rajoituspuomia, normi aitapuomi ei toimi parhaalla mahdollisella tavalla.
- Puomi selvitetään rantaan ja kiinnitetään esimerkiksi lyhyemmällä keltaisella köydellä.
- Paravaani lasketaan veteen ja tarvittaessa työnnetään irti rannasta. Paravaani lähtee etenemään kesemmälle.
- Puomia syötetään rannasta vähitellen, silloin se ei pääse pussittamaan. Jos puomista muodostuu pussi, puomi painuu veden virtauksen voimasta vedenpinnan alle. Pussitusta voi vähentää esimerkiksi siirtämällä puomin rantakiinnityspistettä alavirtaan päin.
- Sinisellä ohjauköydellä säädetään siipikulmaa siten, että paravaani palaa takaisin rantaan.





Kuvaus/periaate	Tavoitteena suojata herkkiä alueita tai kohteita muuttamalla öljyn kulkusuuntaa alueelle, josta sitä on helpompi nuotata tai kerätä. Eroaa ohjaamisesta siten, että öljyn kulkusuuntaa muutetaan, sitä ei pysäytetä kerättäväksi.
Käyttöalue	Virtaavissa vesissä, toimii myös yli 0,5 m/s, alle 0,5 m aallokossa.
Tarvittavat välineet	Alus/vene (+ apuvene), puomia (pituus riippuu tarvittavasta suuntaamiskulmasta, koko virtausnopeudesta ja veden syvyydestä), ankkurointikalusto, puomin merkitsemisvälineet, valopojut ym.
Ympäristövaikutukset	Muiden alueiden likaantumisvaara. Vähäistä pohja- ja rantasedimentin häiriötä ankkuripisteissä.
Tehokkuus	Toimii virtaavassa vedessä, ei poista ongelmaa mutta saattaa antaa paremmat mahdollisuudet sen torjumiseen muualla (esim. paremmassa vesisyvyydessä).
	<ul style="list-style-type: none"> Suurissa vedenvirtausnopeuksissa (> 0,4 m/s), joissa kriittinen nopeus ylittyy, puomeja käytetään suuntaamiseen siten, että puomi asetetaan kulmaan vedenvirtaussuuntaan nähden. Tämä vähentää puomiin kohdistuvaa suhteellista virtausnopeutta. Mitä suurempi virtausnopeus, sitä virranmyötäisimmiksi puomi tulee asettaa. Tavoitteena on suunnata öljyä herkän alueen ohi tai kohti suurempaa syvyyttä, jossa sen torjuminen olisi tehokkaampaa. Useamman puomin ketjupuomitusta voidaan käyttää voimakkaassa (> 1,5 m/s) virtauksessa, jossa yhden pidemmän puomin käyttäminen on hankalaa tai mahdotonta. Ketjupuomituksessa puomit tyypillisesti lyhyinä 15–30 metrin jaksoina. Virtaavassa vedessä lyhyempien puomijaksojen käsittely on helpompaa. Se edellyttää kuitenkin enemmän ankkurointikalustoa. Peräkkäiset suuntauspuomit heikentävät pintavirtausta, jolloin seuraavien puomien suuntauskulmaa voidaan asteittain kasvattaa. Virtaavissa vesissä, tai käytettäessä raskaita puomeja, ankkurointi tulee tehdä ennen puomin vetoa: puomi kiinnitetään valmiiksi laskettuihin ankkureihin. Näin saadaan varmistettua oikea muoto puomitukselle. Suojaisissa vesissä tai pienempien puomien kanssa ankkurit voidaan laskea joko ennen tai jälkeen.