

Matias Laakko

**TOPPILAN VOIMALAITOKSEN ÖLJYPUOMIN VALINTA JA
TOIMIVUUDEN KEHITTÄMINEN**

TOPPILAN VOIMALAITOKSEN ÖLJYPUOMIN VALINTA JA TOIMIVUUDEN KEHITTÄMINEN

Matias Laakko
Opinnäytetyö
Kevät 2021
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, tuotantotekniikka

Tekijä: Matias Laakko

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Toppilan voimalaitoksen öljyvuomin valinta ja toimivuuden kehittäminen

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Selection and development of the oil boom of the Toppila power plant

Työn ohjaaja: Esa Törmälä ja Jani Orava

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2021

Sivumäärä: 35 + 0 liitettä

Opinnäytetyö tehtiin Oulun Energia Oy:n Toppilan voimalaitokselle. Työn valvojana toimi Jani Orava Oulun Energialta ja ohjaavana opettajana Esa Törmälä Oulun ammattikorkeakoulusta. Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa Oulun Energian öljyvuomien nykytilanne ja luoda suunnitelma öljyntorjunnan parantamiseksi veden purkuputken edustalle Toppilansalmen rantaan Oulussa. Voimalaitoksella on kaksi purkuputkea, Ykkösen ja Lehmiojan purkuputki. Työssä keskityttiin Ykkösen purkuputken uuden öljyvuomin valintaan ja toimivuuden parantamiseen.

Työn alussa tarkasteltiin nykytilannetta purkupaikkojen öljyvuomien toimivuudesta. Tarkastelussa tuli esille, ettei nykyisen öljyvuomin toimivuus ole varmaa kaikissa olosuhteissa. Öljyvuomin tärkeimmät ominaisuudet ovat toimivuus aallokossa ja virtaavassa vedessä, kestävyys ja käyttöikä. Nämä vaatimukset kirjattiin taulukkoon, jonka pohjalta useiden eri toimittajien öljyvuomeja vertailtiin. Lisäksi on tärkeää, että öljyvuomi toimii vaihtelevan vedenpinnan korkeuden mukaan. Öljyvuomien vertailusta valittiin Oulun Energian käyttöön paras mahdollinen öljyvuomi. Yksi öljyvuomin toimittajan valintaan vaikuttavista tekijöistä oli, että samalta toimittajalta oli mahdollista hankkia kaikki öljyntorjuntakaluston osat.

Uudeksi öljyvuomiksi valittiin Lamor Corporation Ab:ltä saatavilla oleva kiinteä rajoitusvuomi nimeltään Permanent Fence Boom Mk 8-175P/ 15 m. Kyseinen öljyvuomi on suunniteltu pysyviin öljyntorjuntaratkaisuihin. Vedenpinnan korkeuden vaihtelu otettiin huomioon hankkimalla vuoroveden kompensattori, jonka avulla varmistetaan öljyvuomin toimivuus vaihtelevissa olosuhteissa. Uusi öljyvuomiratkaisu vaatii toimiakseen meren rantaan kiinteät betonirakenteet, joiden suunnittelun toteutti WSP Finland Oy.

Veden purkuputket sijaitsevat Oulun kaupungin omistamalla tontilla, joten työssä otettiin huomioon myös Oulun kaupungin näkemys rannan muutoksista, maisemoinnista sekä siitä, mitä lupia kyseisen projektin toteuttaminen vaatii. Uuden ratkaisun toimivuutta ei voitu kokeilla, sillä projektin toteutus on kesällä 2021.

Asiasanat: öljyntorjunta, öljyvuomi, voimalaitos, veden purkuputki

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Mechanical engineering, option of production engineering

Author: Matias Laakko

Title of thesis: Selection and development of the oil boom of the Toppila power plant

Supervisor: Esa Törmälä and Jani Orava

Term and year when the thesis was submitted: Spring, 2021

Pages: 35 + 0 appendices

This thesis was carried out at the Toppila power plant owned by Oulun Energia Oy. The supervisor was Jani Orava from Oulun Energia, and Esa Törmälä from Oulu University of Applied Sciences. The aim of the thesis was to create a plan to prevent oil damage in front of the discharge pipeline on the straits of Toppilansalmi in Oulu. The power plant has two water discharge pipes. This thesis focuses to improve the functionality of the oil boom in Toppilansalmi.

At the beginning of the work, the current situation regarding the effectiveness of oil spill response at the unloading sites was examined. The requirements for the new oil spill response solution were reliable operation in the waves and in running water, durability and long service life.

Oil booms from different suppliers were compared in an Excel spreadsheet. One important factor when influencing the choice of supplier was that it was possible to get all parts of the oil spill response equipment from the same supplier.

Permanent Fence Boom Mk 8-175P/ 15 m supplied by Lamor Corporation Ab was chosen as the new oil boom. This oil boom is designed for permanent oil spill response solutions. Water level variation was taken into account by purchasing a tidal compensator. WSP Finland Oy designed concrete structures for the beach to ensure the operation of the oil spill response solution.

The water discharge pipes are located on a plot owned by City of Oulu, so their opinion on the changes was also taken into account in the work. The functionality of the new solution could not be tested, as the project will be implemented in the summer of 2021.

Keywords: loss prevention, oil boom, power plant, water discharge pipe

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 OULUN ENERGIA OY	7
2.1 Historia	7
2.2 Oulun Energia 2020	8
3 LÄHTÖTILANNE ENNEN OPINNÄYTETYÖN ALOITUSTA	9
4 ÖLJYNTORJUNTA	11
4.1 Ympäristö	11
4.2 Öljyn käyttäytyminen vedessä	11
4.2.1 Öljyn haihtuminen	12
4.2.2 Öljyn uppoaminen ja kerrostuminen	12
4.3 Öljypuomien käyttö ja luokittelu	14
4.4 Öljypuomien rakenne ja toimintaperiaate	15
5 ÖLJYPUOMILLE ASETETUT VAATIMUKSET	17
5.1 Virtaava vesi ja veneiden peräaallot	17
5.2 Aallokon ja virtauksen vaikutus öljypuomiin	19
5.3 Öljyn leviämisen rajoittaminen	21
5.4 Veden pinnan korkeuserot	21
5.5 Puomin kestävyys ja käyttöikä	22
6 UUSI ÖLJYPUOMIKALUSTO	24
6.1 Öljypuomivaihtoehtojen vertailua	24
6.2 Valittu öljypuomi	25
6.3 Veden pinnan korkeuden kompensattori	25
6.4 Uuden öljypuomiratkaisun vaatimat rakenteet	28
7 YHTEENVETO	30
7.1 Saavutetut tulokset	30
7.2 Omat oppimiskokemukset	30
7.3 Jatkotoimenpiteet	31
LÄHTEET	33

1 JOHDANTO

Työn tilaaja on energiapalveluja tarjoava yritys nimeltä Oulun Energia, joka on Oulun kaupungin omistama osakeyhtiö. Oulun Energia tuottaa sähköä ja lämpöä vesivoimalla sekä polttamalla puuta, jätettä ja turvetta omissa voimalaitoksissaan. Lisäksi Oulun energia omistaa osuuksia tuulivoimasta. (1.)

Toppilan voimalaitoksen jäähdytys-, sade- ja joiltain osin polttoainekuljettimien pesuedet kulkevat öljyn- ja lietteenerotuskaivojen kautta purkuputkiin. Purkuputkia kutsutaan nimillä Ykkösen purkuputki ja Lehmiojan purkuputki. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan Ykkösen purkuputken öljyvuomin toimivuutta ja luodaan suunnitelma uudelle öljyvuomiratkaisulle. Toimivan öljyvuomiratkaisun löydyttyä Oulun Energia voi soveltaa samankaltaista ratkaisua myös Lehmiojan purkuputkella.

Työssä selvitetään öljyvuomien toimittajilta, minkälaisia ratkaisuja niillä on tarjota Oulun Energian asettamien vaatimuksien mukaiseen kohteeseen. Tarkoituksena on kehittää öljyvuomiratkaisusta toimintavarma, kestävä sekä mahdollisimman turvallinen. Oulun Energian jokapäiväinen toiminta pohjautuu laatu- ja ympäristöjärjestelmään, joten öljyvahinko olisi ympäristöhaitan lisäksi myös iso imagohaitta.

2 OULUN ENERGIA OY

Oulun Energia Oy koostuu useista tytäryhtiöistä. Polttoainehankinnoista vastaa Turveruukki Oy, alan palveluista Oulun Energia Urakointi Oy, Sähköverkkopalveluista Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy sekä Huoltovoima Oy. Lisäksi Oulun Energia Oy omistaa osuuksia useista voimayhtiöistä. (2.)

2.1 Historia

Vuonna 1899 Oulussa päätettiin perustaa sähkölaitos, jotta kaupungin valaistus saataisiin kuntoon. Kiikelin saareen alettiin rakentaa 36 hevosvoiman höyryvoimalaitosta, josta saatiin sähköä katuvaloille. Tähän aikaan sähkövalot olivat uusi keksintö, jota pidettiin kalliina. Suomessa aikaisemmin sähköllä toimivia katuvaloja ei ollut kuin Tampereella, jonne ne oli rakennettu vuotta aikaisemmin. Näin Oulun kaupungin sähkölaitoksen, nykyisen Oulun Energia Oy:n toiminta sai alkunsa. (3.)

Vesivoimalaa alettiin suunnitella Oulun Lasareinväylään vuonna 1902, kun yksityisiä talouksia alettiin yhdistämään sähköverkkoon ja Kiikelin höyryvoimalalla sähkön tuottaminen olisi tullut kalliiksi. Myllytullin voimalaitos käynnistettiin 29.8.1903. Vuosivuodelta sähkön kulutus kasvoi, kun ihmiset alkoivat kiinnostua sähkön käytöstä muussakin kuin valaistuksessa. (4.) Sähkönkulutuksen kasvun myötä alettiin suunnitella vesivoiman laajentamista. 1930-luvun lopulla oli tarkoitus aloittaa Merikosken voimalaitoksen rakennustyöt, mutta sodan alkaessa rakennustyöt unohdettiin. Vaikeuksien ja vastoinkäymisten kautta Merikosken voimalaitoksen ensimmäinen kone kytkettiin valtakunnanverkkoon vuonna 1948. (5.)

Vuonna 1969 perustettiin Oulun Energian kaukolämpöosasto. Aluksi kaukolämpöä tuotettiin vain liikuteltavassa lämpökeskuksessa, mutta kaukolämmön tarpeen kasvaessa alettiin suunnitella Toppilan voimalaitosta. Vuonna 1977 otettiin käyttöön Toppila 1, jossa tuotettiin kaukolämpöä ja sähköä. (6.) Kaupungin laajentuessa ja tarpeiden kasvaessa Toppila 2 -voimalaitoshankkeen sopimukset allekirjoitettiin vuonna 1992, ja presidentti Martti Ahtisaari vihki vuonna 1995 Toppila 2:n käyttöön (7).

2.2 Oulun Energia 2020

Toppila 1 -voimalaitosyksikön käyttö lopetettiin keväällä 2020, koska se ei enää täyttänyt nykyisiä ympäristövaatimuksia. Korvaavaksi laitokseksi on rakennettu Laanilan teollisuusalueelle 215 megawatin biovoimalaitos, jossa tuotetaan sähköä ja kaukolämpöä. Toisin kuin Toppilan voimalaitoksella, uudella Laanilan voimalaitoksella voi myös polttaa kierrätyspolttoainetta. Oulun Energian tavoitteena on hiilineutraali energiantuotanto vuoteen 2030 mennessä. (8.)

3 LÄHTÖTILANNE ENNEN OPINNÄYTETYÖN ALOITUSTA

Toppilan voimalaitoksen jäähdytys- ja sadevedet sekä joiltain osin polttoainekuljettimien pesuvedet kulkevat öljyn- ja lietteenerotuskaivojen kautta purkuputkiin. Purkuputkia kutsutaan nimillä Ykkösen purkuputki ja Lehmiojan purkuputki. Vaikka kaikki vedet kulkevat öljyn- ja lietteenerotuskaivojen kautta, purkupaikkojen edustalla on öljyvuomi. Öljyvuomin tehtävänä on varmistaa, ettei öljyvahinkoa pääse tapahtumaan, mikäli öljyä pääsisi purkuputkeen. Ykkösen purkuputken edustalla veden virtausnopeus on voimakas, joten öljyvuomin pitää pystyä toimimaan myös virtaavassa vedessä. Lehmiojan öljyvuomi sijaitsee kauempana purkuputken suusta verrattuna Ykkösen öljyvuomiin, joten veden virtausnopeus on huomattavasti pienempi.

Öljyvahingon sattuessa öljyvuomin tehtävänä on pysäyttää veden pinnalla kulkeva öljypäästö. Oulun Energian henkilöstö käy päivittäin tarkistamassa silmämääräisesti öljyvuomin kunnon, jolloin havaitaan, jos vedessä kelluu öljyä. Tämänhetkinen öljyvuomiratkaisu on tarkoitettu väliaikaiseksi ratkaisuksi öljyvahingon leviämisen estämiseen pieniin öljyvahinkoihin.

Meriveden pinnan korkeus vaihtelee tuulen ja sääolosuhteiden mukaisesti, minkä vuoksi tämänhetkinen öljyvuomiratkaisu ei ole toimiva. Nykyinen öljyvuomiratkaisu ei pääse elämään meriveden pinnan mukana. Kun meriveden pinta laskee tarpeeksi alas, öljyvuomi vastaa pohjaan ja kaatuu kyljelleen. Pohjassa olevat kivet rikkovat öljyvuomin, joten se alkaa painua pinnan alle. Tällöin mahdollinen öljypäästö pääsee virtaamaan veden mukana vuomin yli sekä karkaamaan rantakivien ja öljyvuomin välistä. Tämänhetkisellä ratkaisulla öljyvuomi joudutaan vaihtamaan kerran vuodessa sen toimivuuden varmistamiseksi. Kuvassa 1 meriveden pinta on laskenut matalalle, ja tällaisessa tilanteessa nykyinen öljyvuomi ei toimi.



KUVA 1. Nykyinen öljyvuomiratkaisu Ykkösen purkuputkella

4 ÖLJYNTORJUNTA

Tässä luvussa kerrotaan öljyn haitoista ympäristölle sekä öljyn käyttäytymisestä vedessä. Luvun lopussa käydään läpi öljyvuomin käyttötarkoitus, rakenne ja toimintaperiaate.

4.1 Ympäristö

Toppilan voimalaitoksen lauhdevedet lasketaan öljyn- ja lietteenerotuskaivojen kautta Toppilansalmeen. Lauhdeveden määrä riippuu asiakkaiden tarpeista. Jos ilma on lämmin, kaukolämpöä ja sähköä ei tarvita niin paljoa, joten ylimääräinen lämpö joudutaan ajamaan mereen lauhdevetenä. Jätevesien epäpuhtauksia seurataan kuukausittain useista näytteenottoaikoista. (9.)

Oulun kaupunki on aloittanut Toppilansalmen alueen hyödyntämisen asutus- ja virkistyskäytössä ja Oulun Energian voimalaitos on jäämässä keskeiselle sijainnille. Tämän vuoksi öljyn pääseminen mereen olisi iso imagohaitta. Kun voimalaitosta on rakennettu ja purkuputkia suunniteltu, alue on ollut enemmän teollisuusaluetta. Asuinalueen levenyminen ja ihmisten kulkeminen voimalaitoksen ympäristössä luovat painetta alueen siistinä pitämisessä. Päästörajoitukset niin ilmaan kuin vesistöönkin tiukentuvat vuosivuo- delta.

Öljypäästön levitessä luontoon on se hyvin myrkyllistä planktoneille, hylkeille, kaloille, lin- nuille ja myös ihmisille. Öljy leviää vedessä hyvin nopeasti, mutta häviää luonnosta hi- taasti. Paksu öljylautta voi vaikuttaa meren rantakasvillisuuteen tukahduttamalla ne. Kas- villisuuden hävittyä pienenee myös eläinten ravinto ja elinympäristö. Vedessä oleva öljy- lautta vahingoittaa lintujen ja hylkeiden höyhen ja karvapeitettä. Pienikin öljytahra lin- nussa tai hylkeessä voi vaikuttaa heidän lämpimänä pysymiseensä, kun kylmä vesi pää- see kosketukseen heidän nahkansa kanssa. Luontaisestikin lintu alkaa puhdistaa omaa höyhenpeitettään, jolloin öljyä joutuu myös linnun sisäelimistöön, ja se voi aiheuttaa myr- kytystilan. (11.)

4.2 Öljyn käyttäytyminen vedessä

Öljyn viskositeetti vaikuttaa öljyn leviämiseen vedessä sekä siihen, millaiseen kerrospak- suuteen öljylautta asettuu. Öljyn viskositeetti muuttuu lämpötilojen mukaan.

Kylmässä ilmassa öljyn viskositeetti kasvaa, jolloin öljystä tulee jähmeää ja lämpötilan noustessa viskositeetti pienenee, jolloin öljy on juoksevampaa. Öljyn viskositeetti vaikuttaa öljyn keräys tekniikkaan. Jos öljy on kovin jäykkää, ei sitä voi helposti pumpata. Ilman ollessa lämmin, pieni määrä öljyä haihtuu veden pinnalta melko nopeasti. Ilman ja veden ollessa kylmää luonnollinen haihtuminen on hidasta. Jään alla öljy voi säilyttää ominaisuuksensa pitkiäkin aikoja. (15.)

Öljy käyttäytyminen vedessä muuttuu sääolosuhteiden, vuodenajan sekä öljyn laadun mukaan. Jos öljyvahinko tapahtuu talvella tai keväällä, on sillä pahemmat vaikutukset kasvillisuuteen, vesieliöihin sekä lintujen lisääntymiseen. Lisäksi öljyn kerääminen jäiden seasta on huomattavasti vaikeampaa kuin sulasta vedestä. Öljyn jouduttua veteen alkaa öljy sekoittua, haihtua, liueta sekä levitä. Virtaava vesi levittää öljypäästöä nopeasti, jonka vuoksi öljyvahingon havaitseminen mahdollisimman pian onnettomuuden jälkeen olisi tärkeää. Mitä nopeammin rantojen suojaustoimet sekä öljynkeräys prosessi saadaan käyntiin, sitä varmemmin öljypäästöstä saadaan suurin osa kerättyä. Mitä enemmän öljy kerkeää velloa aallokossa, sitä enemmän aalto hajottaa ja muokkaa öljyn olomuotoa ja öljy alkaa sekoittua veteen. Jos öljypäästö on merkityksettömän pieni, kerkeää se useasti haihtua veden pinnalta ennen kuin torjuntatöihin keretään ryhtyä. (16.)

4.2.1 Öljyn haihtuminen

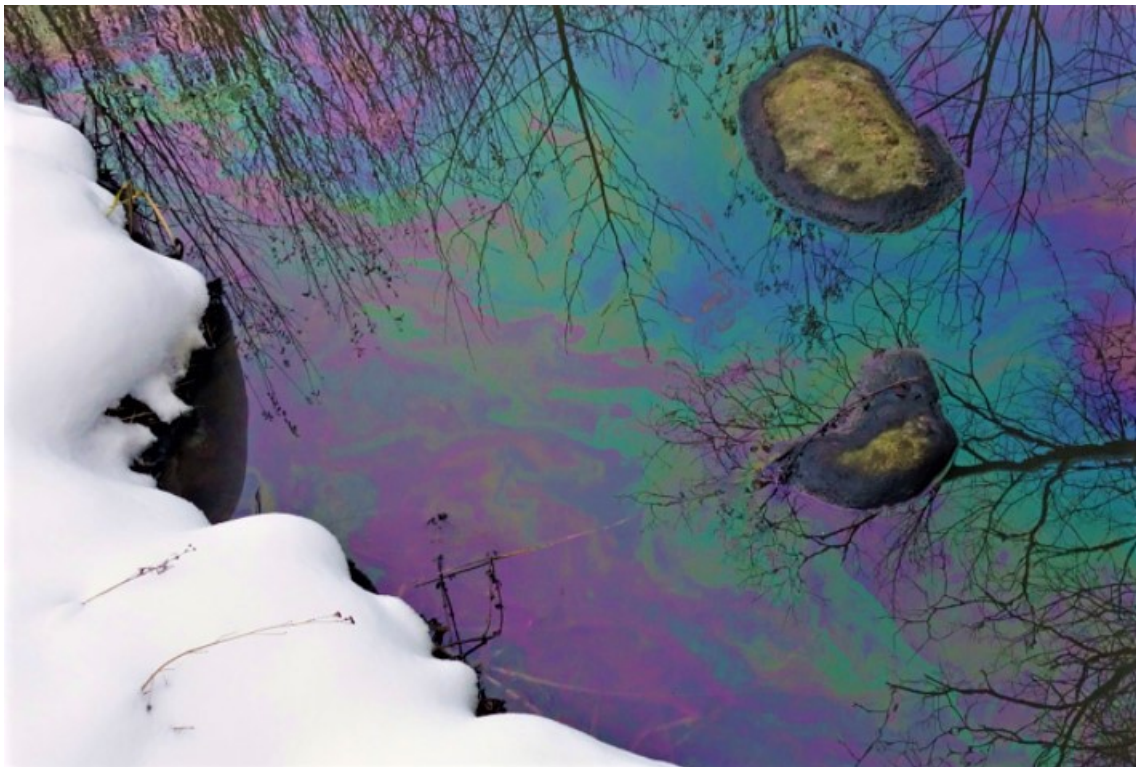
Öljyn haihtumisen nopeus riippuu ilman lämpötilasta ja tuulen nopeudesta. Vaikka öljyn haihtuminen vedestä vähentääkin öljyn kokonaismäärää, jää siitä silti kaikkein myrkyllisimmät ainesosat veteen. Öljyn haihtuminen tuo haasteita öljypäästön havaitsemiseen ja näin ollen öljyn poisto toimenpiteiden kohdentaminen oikealle alueelle vaikeutuu. Raskaammat öljyt haihtuvat huomattavasti hitaammin mitä kevyet öljyt. (14.)

4.2.2 Öljyn uppoaminen ja kerrostuminen

Öljyn tiheys vaikuttaa öljyn käyttäytymiseen vedessä. Mitä tiheämpää öljy on, sitä huonommin se kelluu vedessä. Useimpien öljyjen tiheys on veden tiheyttä pienempi, joka on makealla vedellä 1000 kg/m³ ja merivedellä 1025 kg/m³. Öljyt, joilla tiheys on suurempi kuin vedellä, alkavat upota ja sekoittua veden kanssa, jolloin öljyn havaitseminen ja kerääminen hankaloituu. (14.)

Koska öljy on vettä keveämpää, kelluu se veden pinnalla. Veden pinnassa olevan öljykalvon kerrospaksuus alkaa ohenemaan ja öljypäästö leviämään, heti kun öljy ja vesi ovat kosketuksessa. Veden ominaisuudet, ilman lämpötila, tuulen nopeus sekä öljytyyppi vaikuttavat öljypäästön leviämisen. Öljyä myös haihtuu ilmaan, sekoittuu veteen ja painuu pohjaan. Näitä ilmiöitä kutsutaan säistymiseksi. (10.)

Veteen päässeen öljyn olomuoto voi vaihdella, mikä riippuu öljyn määrästä, laadusta, iästä ja säistyneisyydestä. Näköhavainto on yleisin keino öljyn tunnistamiseksi vedessä. Öljypäästön voi myös haistaa, jos se on tuore tai öljypäästö on huomattavan iso. Vedessä olevan öljyn huomaa siitä, että siitä on muodostunut veden pinnalle öljyinen kalvo. Jos väri on hopeinen, harmaa tai sateenkaaren kirjava, kyseessä on hyvin ohut öljykalvo, kuten kuvassa 2. Paksut kalvot ovat väriltään tummia, jopa aivan mustia. Tuuli ja virtaava vesi kuljettaa öljykalvoa, joka voi kerääntyä rantoihin ja lahtien pohjukoihin jopa useiden senttimetrien paksuisiksi kerroksiksi. Öljykalvo muodostaa veteen usein tyynemmän kohdan ympäröivään veteen verrattuna. Paksuimmat öljylautat ovat vain isoimpien aaltojen rikkomia. (11.)



KUVA 2. Ohut öljykalvo vedessä (17)

Öljyntyneiden rantojen puhdistaminen onnettomuuden jälkeen on hyvin työlästä ja aikaa vievää. Öljypäästöjen siivouksen täytyy olla järjestelmällistä, jotta kustannukset eivät kasvaisi entisestään. Viranomainen antaa toimintasuunnitelman, jonka mukaan rantoja aletaan puhdistamaan. Öljyntyneet rannat puhdistetaan huolellisesti ja järjestelmällisesti. Rantojen puhdistuksessa lähdetään liikkeelle puhtaalta alueelta ja edetään kohti likaisempaa aluetta. Puhdistustöissä tulee olla varovainen, jotta ei aiheuteta enemmän haittaa kuin hyötyä. (11.)

4.3 Öljypuomien käyttö ja luokittelu

Öljypuomeja on kehitetty monenlaisia eri käyttötarkoituksiin ja kohteisiin. On olemassa pidempiaikaisia kuin myös hätäratkaisuja. Öljypuomia käytetään vedessä öljyvahingon leviämisen estämiseen veden virtauksen ja tuulen mukana. Öljypuomilla voidaan ohjata veden pinnalla kulkeva öljykalvo johonkin tietylle alueelle, josta se on helppo kerätä. (12.)

Öljypuomia hankittaessa, erityistä huomiota kannattaa kiinnittää siihen, että puomi ja sen lisävarusteet ovat ASTM F962-standardin mukaisia. Pelastuslaitoksen käytössä olevat puomit ovat kyseisen standardin vaatimuksien täyttäviä. Öljyvahingon sattuessa on sen leviäminen estettävä mahdollisimman nopeaa. Öljyvahingon torjuntatyöhön ryhdyttäessä, pelastuslaitoksen on helppo aloittaa öljypäästön leviämisen estäminen ja kerääminen vedestä, kun rannassa olevat öljypuomit ja tarvikkeet ovat heille tuttuja sekä yhteensopivia heidän välineidensä kanssa.

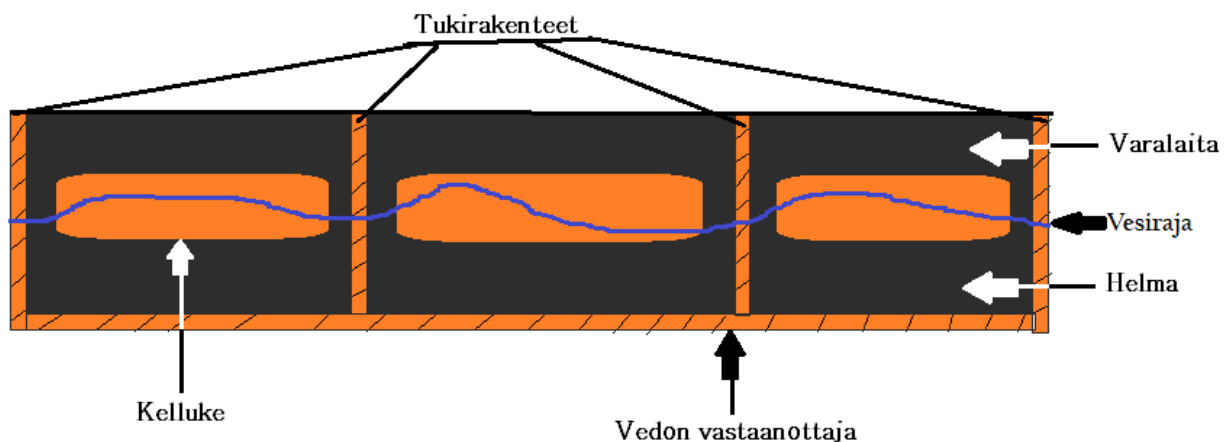
Öljypuomit on luokiteltu käyttökohteen mukaisesti. On olemassa yleispuomeja sekä erikoispuomeja. Erikoispuomeja käytetään yleensä virtaaviin vesiin, öljyn polttamiseen ja kohteisiin, joissa liikkuu jäitä (12.) Taulukossa 1 puomit on luokiteltu käyttöolosuhteiden mukaisesti.

TAULUKKO 1. Öljyntorjuntapuomi tyyppien luokittelu (12, s. 11)

Tyyppi	Puomin korkeus	Olosuhteet	Yhden puomituksen pituus m/ vetolujuus kN	Paino kg/ 200 m
Pienpuomit, ranta-puomit	15–50 cm	Tyynnet vedet	50–200 m/ 7–30 kN	220–900 kg
Virtapuomit	50–100 cm	Virtaavat vedet	200–600 m/ 30–50 kN	900–1300 kg
Rannikkopuomit	75–100 cm	Rannikko, saaristo ja järvet	400–600 m/ 30–50 kN	1000–1300 kg
Meripuomit	100–120 cm	Meri ja järvien selät	600–1000 m/ 50–150 kN	1300–2000 kg

4.4 Öljypuomien rakenne ja toimintaperiaate

Öljypuomityyppejä on olemassa useita erilaisia, mutta pääperiaate rakenteeltaan kaikissa on sama. Kuvassa 3 on havainnollistettuna öljypuomin rakenteen osat.



KUVA 3. Öljypuomin rakenne

Puomin veden pinnan yläpuolella olevaa osaa kutsutaan varalaidaksi. Varalaidan tehtävänä on estää veden ja öljypäästön roiskuminen öljypuomin yli. Jos varalaita on liian korkea, tulee siitä niin sanottu purje, johon tuuli ottaa herkästi. Veden pinnan alapuolella olevaa osaa sanotaan helmaksi, joka on yleensä 2/3 puomin kokonaiskorkeudesta. Helman tarkoituksena on estää öljyn pääseminen puomin alitse.

Mitä isompi helman pinta-ala on, sitä kovemmin veden virtaus ottaa puomiin. Helman alaosassa on vedon vastaanottaja, joka yleensä on köysi, sinkitty ketju tai vetoliina. Vedon vastaanottajan tehtävänä on pienentää virtauksen aiheuttamia voimia öljypuomiin. Kaikissa puomimalleissa vedon vastaanottajaa ei ole, vaan itse puomi on valmistettu niin lujasta materiaalista, että vedon vastaanottaja olisi turha.

Öljypuomeissa on kellukkeet, joiden tehtävänä on pitää puomin varalaita veden pinnan yläpuolella. Kellukkeet ovat ilmalla täytettäviä tai kiinteitä. Kiinteät kellukkeet yleensä ovat polyuretaania tai polyetyleenä. Ne ovat joko taipuisia tai jäykkiä. Jäykät kellukkeet on jaoteltu puomiin tasaisin välein, jotta puomin taipuminen ja eläminen aallokossa olisi mahdollista.

Helma ja kellukkeet ovat yleensä samaa materiaalia tai ainakin samaa kuin kellukkeiden päällysmateriaali, eli nailonia, polyesteriä, kevlaria tai niiden sekoitusta. Yleensä helma ja kellukkeet ovat päällystetty esimerkiksi PVC:llä, polyuretaanilla, neopreenilla tai nitriliikumilla. Öljypuomin ja kellukkeiden pinta tulee olla mahdollisimman sileä, jotta siihen ei tartu epäpuhtaudet tai öljypäästöt. (12.)

5 ÖLJYPUOMILLE ASETETUT VAATIMUKSET

Uuden öljypuomikaluston valintaprosessi aloitettiin määrittämällä vaatimukset uudelle ratkaisulle yhdessä Oulun Energian henkilöstön kanssa. Öljypuomivalintaa tehtäessä täytyy ottaa huomioon kohteen sijainti, vaihtelevat sääolosuhteet ja ympäristön aiheuttamat vaatimukset. Öljypuomeja ja siihen liittyviä lisävarusteita on kehitetty niin monenlaisia, että jokaiseen käyttötarkoitukseen löytyy sopiva öljypuomiratkaisu. Mahdollisia haasteita kohteissa ovat muun muassa voimakas virtaus, kova aallokko, vaihtelevat sääolosuhteet tai huono ranta-alue öljypuomin asennusta ajatellen. Jossakin kohteessa hyväksi havaittu öljypuomi voi toisessa paikkaa olla huono. Öljypuomia valittaessa yritetään löytää mahdollisimman toimiva ratkaisu kohteen erityispiirteet huomioiden.

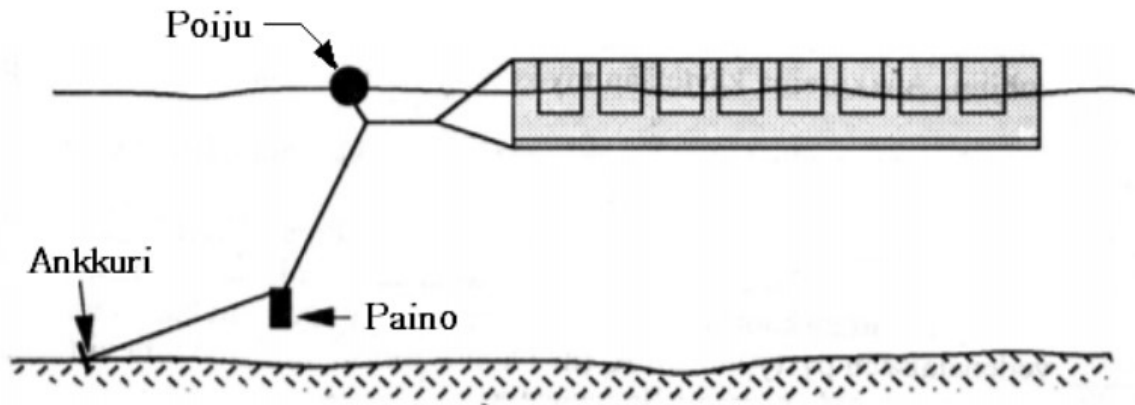
5.1 Virtaava vesi ja veneiden peräaallot

Omat haasteensa Oulun Energian öljypuomi valintaan tuo veden virtaus sekä ohi ajavien veneiden tuottamat peräaallot. Virtausta vedessä ei juurikaan ole, jos jäähdytysvesipumput eivät ole päällä. Tällaisessa tilanteessa tuuli ja veneiden peräaallot voivat kasata öljypuomin rantaa vasten, niin kuin kuvassa 4 on käynyt. Tämä voi aiheuttaa ongelmia, kun pumput käynnistetään ja virta oikaisee puomia. Tähän ratkaisuna on öljypuomin ankkurointi myös meren puolelta.



KUVA 4. Tilanne, kun virtausta ei ole, jolloin tuuli on kasannut öljypuomia kohti ranta

Ankkurointiin on olemassa monenlaisia vaihtoehtoja. Kuvassa 5 on yksi vaihtoehto, jossa mereen on upotettu ankkuri, missä öljypuomi on kiinnitettyä kettingillä. Kiinnityskettingin tulee olla tarpeeksi pitkä, jotta puomi pääsee vapaasti elämään veden pinnan korkeuserojen mukana. Kettingin paino voi vetää öljypuomin veden pinnan alapuolelle, joten siihen olisi hyvä asentaa poiju, joka varmistaisi puomin pinnalla pysymisen.



KUVA 5. Öljypuomin ankkurointi (12, s. 26)

Mikäli öljypuomi ei pääse elämään veden pinnan mukana, voi ohiajavan veneen peräaalto lyödä puomin yli, jolloin mahdollinen öljypäästökin pääsisi karkaamaan. Puomityyp-
piä valittaessa täytyy ottaa huomioon puomin riittävä varalaidan korkeus.

5.2 Aallokon ja virtauksen vaikutus öljypuomiin

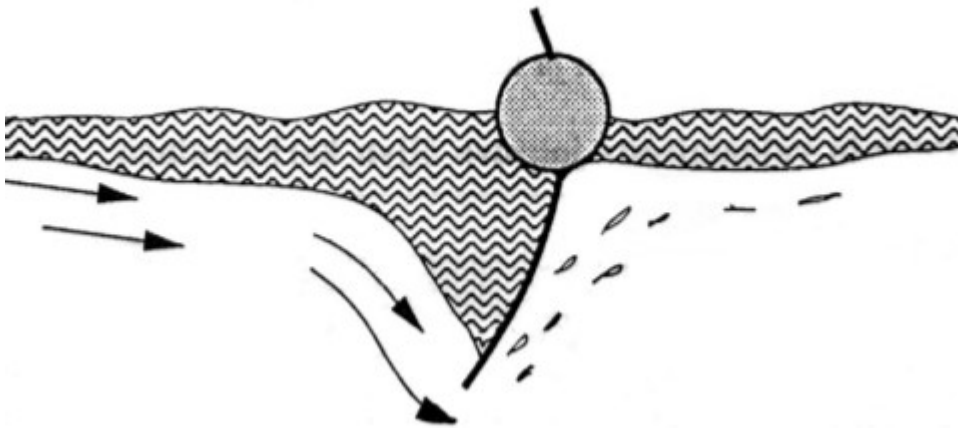
Öljypuomivalintaa tehtäessä, tulee huomioon ottaa seuraavia seikkoja (12, s. 48):

- öljynpidätyskyvyn riittävyys
- olosuhteisiin nähden puomin riittävä korkeus, kelluvuus ja kestävyys
- huomiovärit, jotka auttavat veneilijöitä puomin huomaamisessa
- puomin riittävä vetolujuus
- puomin materiaalin, kulumis-, murenemis- ja lävistyskestävyys
- öljypuomin toimintavarmuus aallokossa, virtaavassa vedessä ja tuulisissa olosuhteissa
- käyttöikä
- yhteensopivuus puomikaluston kanssa.

Öljypuomeja on olemassa pyöreitä ja litteitä malleja. Pyöreä malli on toimivampi virtaavaan veteen, koska tällaisessa puomissa veden pinnalla oleva osa on leveämpi, jolloin virtaus ja tuuli eivät pääse kaatamaan puomia kyljelleen.

Kova aallokko ja virtaus vaikuttavat öljypuomin vakavuuteen pysty- ja vaakasuorassa suunnassa. Riittävä paino helman alareunassa luo vakautta vaakasuorassa suunnassa.

Tämän vuoksi voimakkaaseen aallokkoon ja virtaukseen soveltuvat parhaiten puomit, joissa on riittävästi painoa helmassa. Jos öljypuomin helmassa ei ole riittävästi painoa, voidaan sitä lisätä tai vaihtoehtoisesti öljypuomi voidaan ankkuroida. Voimakas virtaus aiheuttaa veteen pyörrettä puomin reunalla, joka hajottaa veden pinnalla olevaa öljykerrosta pisaroiksi. (12.) Kuva 6 havainnollistaa tilanteen, kun öljy on alkanut sekoittua veteen ja karkaamaan öljypuomin alitse. Tätä ilmiötä voidaan vähentää asentamalla puomi hieman viistosti virtaukseen nähden. Tällöin puomirakennelmasta tulisi hieman v-kirjaimen mallinen. V-kirjaimen mallinen öljypuomin asennus kuljettaa myös veden pinnalla kulkevat öljyt ja muut epäpuhtaudet yhteen pisteeseen, josta ne on helppo kerätä.



KUVA 6. Öljypäästön karkaaminen puomin alta (12, s. 29)

Öljypuomi pyrkii pyörimään virtauksen aiheuttamasta voimasta, mikäli puomin kiinnityskohta on voiman painopisteen yläpuolella. Jos kiinnityspiste on painopisteen alapuolella, varalaita kaatuu helposti.

Kun öljypuomin nostevaste on hyvä, öljypuomi kelluu hyvin myös aallokossa. Nostevasteen ollessa huono, voi pahimmassa tapauksessa puomin varalaitakin käydä pinnan alla. Tällöin öljypäästö pääsee karkaamaan. Öljypuomin kokonaiskorkeutta ei voi tarkasti määrittää, mikäli puomin halutaan olevan mahdollisimman moneen olosuhteeseen sopeva. (12.) Taulukossa 2 on luokiteltu öljypuomien teknisiä vaatimuksia eri olosuhteiden mukaisesti.

TAULUKKO 2. Öljyntorjuntapuomien tekniset vaatimukset (12, s.49)

Ominaisuus	Suojaiset vedet	Rannikko-, saaristo ja sisävedet	Meri ja suuret selät	Avomeri
Kokonaiskorkeus cm	< 40	40–100	100–120	>120
Varalaidan korkeus cm	10–25	25–50	>50	>50
Syväys cm	20–40	40–60	>60	>60
Nostevara/puomin palno	2:1	2:1	3:1	4:1
Puomin kokonaisvetolujuus kN	20–50	70–90	>90	>90
Helmakankaan vetolujuus kN	0,9	>1,36	>2,30	>2,30
Helmakankaan repäisyjujuus kg	45	50	60	60
Vedon vastaanottajan lujuus kN	40	60	140	>140
Vedon vastaanottajan venymä/kankaan venymä max. vedolla	<1	<1	<1	<1

5.3 Öljyn leviämisen rajoittaminen

Öljyntorjunnan päätavoitteena on pitää kokonaisvahinko mahdollisimman pienenä. Tavoitteena on pysäyttää öljyn kulkeutuminen ja leviäminen öljypuomin avulla, mutta myös rantojen sotkeutuminen täytyy ottaa huomioon. (10.) Öljyvahingon sattuessa öljypäästön leviämistä on ryhdyttävä mahdollisimman nopeasti estämään kaikin keinoin. Öljypäästö leviää tuulen ja aallokon mukana nopeasti laajalle alueelle. Rannikolla tapahtuva öljyvahinko sotkee rannat sekä kasvillisuudet. Rantojen puhdistaminen on hidasta ja näin ollen myös kallista (16).

5.4 Veden pinnan korkeuserot

Meriveden pinnan korkeuden vaihtelu lisää haasteita öljypuomin toiminnassa. Meriveden korkeus oli Oulussa korkeimmillaan vuonna 1984, jolloin se oli + 183 cm ja matalimmillaan - 131 cm vuonna 1929. Meriveden pinnan korkeuteen vaikuttaa Perämerellä eniten tuuli ja ilmanpaine. Tuuli kuljettaa vettä edellään ja kun ranta tulee vastaan, vesi ei pääse etenemään ja meriveden pinta alkaa nousta. Paine-ero myös vaikuttaa meriveden korkeuteen. Korkeapaineella vesi pakenee sinne missä ilmanpaine on pienempi. (13.)

5.5 Puomin kestävyys ja käyttöikä

Öljypuomit ja niiden tarvikkeet ovat kalliita sekä toimitusajat pitkiä. Suurin haaste öljypuomin kestävyydelle on Suomen vaihtelevat sääilmiöt. Tällä hetkellä ranta on matala ja kivikkoinen, joten myrskyn ja kovan aallokon liikuttelema öljypuomi hankaa pohjaan, jolloin se ajan myötä hankautuu rikki. Puomityyppejä ja materiaaleja on monia erilaisia ja niistä valittiin Oulun Energian käyttöön kestävin. Rannan kaivaminen syvemmäksi purkuputken edustalta estää puomin hankautumista pohjaa vasten, jolloin puomin käyttöikä kasvaa.

Öljypuomivalintaa tehtäessä täytyy huomioida puomin kestävyys talvella. Virtauksesta ja lämpimän veden takia purkuputken edusta pysyy yleensä sulana, mutta öljypuomin ympäristö voi jäättyä kuten kuvassa 7. Keväällä kun jäät alkavat sulaa, vesistöissä liikkuu jäälauttoja, jotka voivat särkeä öljypuomin. Huomiota kannattaa kiinnittää öljypuomin kestävyteen etenkin kellukkeiden osalta. Öljypuomin kellukkeita on suunniteltu erityyppisiä erilaisiin kohteisiin. Ilmatäytteiset kellukkeet soveltuvat parhaiten lyhytaikaisiin ratkaisuihin sellaisissa olosuhteissa, joissa jäät ja roskat eivät kuormita kellukkeita. Pitkäaikaisiin ratkaisuihin on kehitetty öljypuomeja, joissa kellukkeet ovat umpisoluisesta polyeteenivaahdosta valettuja.



KUVA 7. Öljyvuomi talvella

6 UUSI ÖLJYPUOMIKALUSTO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa Oulun Energian öljypuomien nykytilanne ja luoda suunnitelma öljyntorjunnan parantamiseksi veden purkuputken edustalle Toppilansalmen rantaan Oulussa. Tässä luvussa käsitellään uutta öljypuomikalustoa ja sen vaatimia rakenteita sekä öljypuomin valintaprosessia. Opinnäytetyössä on keskitytty Ykkösen purkuputken öljypuomiin ja sen toiminnan parantamiseen, mutta luvun lopussa käydään läpi myös Lehmiojan purkupaikan tilanne.

6.1 Öljypuomivaihtoehtojen vertailua

Taulukossa 3 on kirjattu neljä tärkeintä vaatimusta uudelle öljypuomille. Öljypuomihankintaa tehtäessä täytyy muistaa, että kaikki öljypuomit toimivat eri tavalla erilaisissa kohteissa. Tämän taulukon öljypuomivaihtoehdot toimivat Oulun Energian asettamien vaatimusten perusteella heidän käytössään.

TAULUKKO 3. Öljypuomien vertailutaulukko

	Luokittelu 1=Huono, 2=Välttävä, 3=Hyvä					
	Painokerroin	4	2	5	2	
	Malli	Toimivuus aallokossa	Kestävyys	Toimivuus virtaavassa vedessä	Käyttöikä	Yhteensä pisteitä
IKAROS	A600L	2	3	3	3	35
DENIOS	600F	3	2,5	2,5	2,5	34,5
LAMOR	MK 8	3	3	2,5	3	36,5

Yhtenä kriteerinä öljypuomin toimittajan valintaan oli, että samalta toimittajalta on mahdollista hankkia kaikki öljypuomiin liittyvät tarvikkeet. Taulukossa 3 on öljypuomien vertailusta kolme parasta vaihtoehtoa Oulun Energian käyttöön soveltuvista öljypuomeista. Öljypuomien vertailua aloitettaessa selvitettiin vaatimukset öljypuomille Oulun Energian käytössä. Tärkeimmät vaatimukset olivat toimivuus aallokossa ja virtaavassa vedessä, kestävyys, sekä käyttöikä. Vaatimukset on kirjattu vertailutaulukon ylälaitaan ja jokaiselle vaatimukselle on asetettu painokerroin. Mitä tärkeämpi ominaisuus on, sitä isompi on kerroin.

6.2 Valittu öljypuomi

Oulun Energian kovien vaatimuksien sekä tehdyn öljypuomivertailun perusteella, valittiin öljypuomiksi Lamor Corporation Ab:ltä saatavilla oleva kiinteä rajoituspuomi nimeltään Permanent Fence Boom Mk 8-175P/ 15 m (kuva 8). Kyseinen öljypuomi on suunniteltu pitkäaikaisiin pysyviin öljypuomiratkaisuihin. Kyseistä puomimallia on saatavilla useampaa eri kokoa, käyttötarkoituksen mukaan. Valitun öljypuomin kokonaiskorkeus on 610 mm, varalaidan korkeus on 203 mm, helman korkeus on 406 mm ja pituus 15 m.



KUVA 8. Permanent Fence Boom MK 8 (19)

6.3 Veden pinnan korkeuden kompensattori

Nykyistä öljypuomia tutkiessa yhdeksi ongelmaksi ilmeni meriveden pinnan korkeuden vaihtelut. Öljypuomin pitää pystyä elämään veden pinnan mukana, ja sitä ei ole järkevästi mahdollista toteuttaa ilman vuoroveden kompensattoria (kuva 9). Vuoroveden kompensattori on kehitetty helpottamaan öljypuomin asennusta sellaisiin kohteisiin, joissa veden pinnan korkeuden vaihtelut aiheuttavat hankaluuksia.



KUVA 9. Bulkhead riser eli vuoroveden kompensoija (21)

Kompensoattorin toiminta perustuu puomissa ja kompensoattorissa olevien kellukkeiden nosteeseen. Veden noustessa tai laskiessa puomi pääsee elämään veden pinnan mukana. Kompensoattori on tehty liikkuvaksi metallisessa liukukiskossa. Kompensoattorin tarvikkeita hankkiessa täytyy huomioida veden pinnan korkeuden vaihteluväli.

Liukukiskon täytyy olla tarpeeksi pitkä, jotta ei pääse tapahtumaan tilannetta, jossa kompensoattorin liikerata loppuisi kesken. Kuten kuvasta 10 nähdään, kisko kiinnitetään kiinteään ja tukevaan rakenteeseen.



KUVA 10. Havainnollistava kuva veden pinnan kompensattorista (20)

Oulun Energian öljyvuomikohteessa rantaan rakennetaan betonimuurit, joihin kiskot pulkataan kiinni. Betonirakennelmat estävät öljypäästön karkaamista rantakivien välistä. Betonimuurien tulee ulottua riittävän kauas rannasta tai vaihtoehtoisesti rantaa pitää syventää, jotta öljyvuomi ei matalankaan veden aikana ota pohjaan kiinni ja menetä käyttötarkoitustaan.

Öljyvuomien ja tarvikkeiden kiinnitykset toisiinsa toteutetaan perinteisellä ASTM F962-standardin mukaisella z-liittimellä. Kuvassa 11 on tyypillinen z-liitin, joka on yleisin käytössä oleva liittintyyppi. Tämän kaltainen liitos on helppo ja nopea asentaa, ja sen toimivuus varmistetaan sokalla tai ruuvilla.

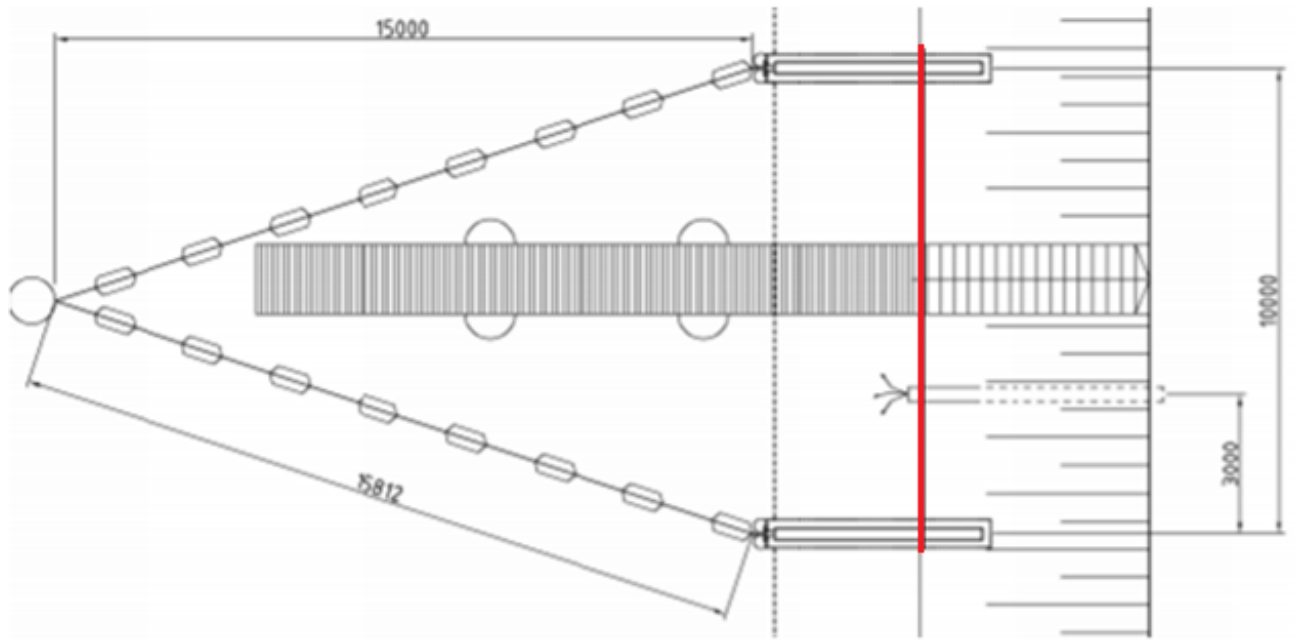


KUVA 11. Öljypuomin z-liitin (18)

6.4 Uuden öljypuomiratkaisun vaatimat rakenteet

Uusi öljypuomiratkaisu vaatii toimiakseen rantaan kiinteät rakenteet, joihin veden kompensoattorin liukukisko saadaan kiinnitettyä. Liukukiskon pituus määrittyy aina kohteen vaatimusten mukaisesti, ja siihen vaikuttaa muun muassa veden pinnan korkeuden vaihteluväli. Oulun Energian Ykkösen purkupaikalle liukukiskon pituudeksi tuli noin 2 m.

Kuva 12 havainnollistaa uuden öljypuomiratkaisun rakenteet. Uusi öljypuomi asennetaan v-kirjaimen mallisesti, jotta virtauksen vaikutusta öljypuomiin saadaan pienennettyä. Turvallisuuden lisäämiseksi suunnitelmissa on rakentaa laituri, josta mahdollinen öljypäästö ja roskat on helppo käydä imuautolla poistamassa. Veden virtaus on voimakas, joten turvallisuuden vuoksi rakennesuunnitelmiin lisättiin betonimuurista toiseen betonimuriin kulkeva aita, jossa on lukollinen portti laiturille kulkua varten. Tällä estetään asiaton kulkeminen laiturille. Kuvassa 12 aita on piirretty punaisella viivalla. Rakenteiden suunnittelun teki Oulun Energian antamien tietojen perusteella WSP Finland Oy.



KUVA 12. WSP Finland Oy:n tekemä hahmotelma rakenteista (22)

7 YHTEENVETO

7.1 Saavutetut tulokset

Opinnäytetyössä tavoitteena oli kehittää toimiva ja kestävä öljypuomiratkaisu Oulun Energian Toppilan voimalaitokselle. Työssä tarkasteltiin olemassa olevaa öljypuomiratkaisua ja sen toimivuutta minkä mukaan luotiin vaatimukset uudelle öljyntorjuntakalustolle. Useiden eri toimittajien öljypuomeja vertailtiin öljypuomien tärkeimpien ominaisuuksien kannalta. Vertailusta nostettiin esille kolme parasta öljypuomivaihtoehtoa. Kolmen vaihtoehdon joukosta parhaan ratkaisun valintaan vaikutti myös se, että samalta toimittajalta oli mahdollista hankkia kaikki öljyntorjuntakaluston tarvikkeet.

Uudeksi öljypuomiksi Oulun Energian kohteeseen valittiin Lamor Corporation Ab:n toimitama kiinteä rajoituspuomi nimeltään Permanent Fence Boom Mk 8-175P/ 15 m. Kyseinen öljypuomi on suunniteltu pysyviin öljyntorjuntaratkaisuihin. Lisäksi hankittiin vuoroveden kompensattori, joka varmistaa öljypuomin toimivuuden vaihtelevissa olosuhteissa. WSP Finland Oy suunnitteli uuden öljypuomiratkaisun vaatimat rakenteet, jotta öljypuomiratkaisusta saatiin toimiva.

Täytyy muistaa, että jokainen kohde, johon öljypuomia tarvitaan, on yksilöllinen. Oulun Energialle kehitetty ratkaisu ei välttämättä toimi jossakin toisessa kohteessa. Tässä vaiheessa ei pystytä tarkastelemaan uuden ratkaisun toimivuutta vanhaan verrattuna, sillä uusi ratkaisu asennetaan kesällä 2021. Uskoisin, ettei uuden ratkaisun toimivuus tuota ongelmia kesäisin, mutta talven ja jäiden aiheuttamia haasteita jäädään mielenkiinnolla odottamaan.

7.2 Omat oppimiskokemukset

Oman oppimisen tärkeyttä pidän isona osana opinnäytetyössä. Opinnäytetyötä tehtäessä opin paljon tämänkaltaisen projektin suunnittelusta ja siitä, kuinka monenlaisia asioita täytyy huomioida tällaisessa projektissa. Öljypuomiprojektin käytännön toteutusta ei sisällytetty opinnäytetyöhön, mutta pääsen tekemään projektin loppuun Oulun Energian henkilöstön kanssa kesän 2021 aikana.

7.3 Jatkotoimenpiteet

Opinnäytetyö rajattiin Ykkösen purkuputken öljypuomin valintaan ja sen toiminnan parantamiseen. Tulevaisuudessa toimenpiteitä vaatii myös Lehmiojan purkuputken öljypuomi. Lehmiojan öljypuomi on vedenpurkuputkesta kauempana verrattuna Ykkösen öljypuomiin, joten veden virtaus on huomattavasti rauhallisempaa. Veden pinnan korkeuden vaihtelut ovat kuitenkin ongelmalliset, samoin kuin Ykkösen purkuputkella. Samanlaiset öljypuomikalustot toimisivat myös Lehmiojan purkuputkella, mutta öljypuomin asennus olisi hieman erilainen. Rantaan täytyisi rakentaa samankaltaiset betonimuurit, joihin kompensattorin kiskon saa kiinnitettyä. Kuvassa 13 on keltaisella viivalla piirrettynä yksi mahdollisista Lehmiojan uuden öljypuomin asennustavoista. Tämäntyyppisessä asennuksessa riittäisi yksi öljypuomi, joka olisi asennettu viistosti Lehmiojan yli.



KUVA 13. Ilmakuva Lehmiojan öljypuomista

Viistoon asennettu öljypuomi kuljettaa roskat ja öljypäästöt yhteen pisteeseen, josta ne on helppo käydä keräämässä. Tässä opinnäytetyössä Lehmiojan öljypuomiin ja sen toimintaan ei keskitytä tämän enempää. Ensin rakennetaan Ykkösen purkuputken uusi ratkaisu, jonka pohjalta voidaan kehittää Lehmiojan öljypuomiratkaisua. Vaikka uudet öljypuomiratkaisut saadaan purkuputkien edustalle rakennettua, olisi hyvä tarkastella myös toimia jo ennen öljypuomia, olisiko siellä mitään kehitettävää, millä voitaisiin estää öljypäästön kulkemista öljypuomille asti.

LÄHTEET

1. Tarinamme. 2020. Oulun Energia. Saatavissa: <https://www.oulunenergia.fi/oulun-energia-konserni/konsernin-esittely/historia>. Hakupäivä 4.10.2020.
2. Tytäryhtiöt ja osakkuudet. 2020. Oulun Energia. Saatavissa: <https://www.oulunenergia.fi/oulun-energia/tietoa-oulun-energiasta/organisaatio/tytaryhtiöt-ja-osakkuudet>. Hakupäivä 15.11.2020.
3. 1880–1890- luvut. 2020. Oulun Energia. Saatavissa: <https://www.oulunenergia.fi/oulun-energia-konserni/konsernin-esittely/historia/1880-1890-luvut>. Hakupäivä 14.10.2020.
4. 1900–1930-luvut. 2020. Oulun Energia. Saatavissa: <https://www.oulunenergia.fi/oulun-energia-konserni/konsernin-esittely/historia/1900-1930-luvut>. Hakupäivä 14.10.2020.
5. 1940–1950-luvut. 2020. Oulun Energia. Saatavissa: <https://www.oulunenergia.fi/oulun-energia-konserni/konsernin-esittely/historia/1940-1950-luvut>. Hakupäivä 15.11.2020.
6. 1960–1970-luvut. 2020. Oulun Energia. Saatavissa: <https://www.oulunenergia.fi/oulun-energia-konserni/konsernin-esittely/historia/1960-1970-luvut>. Hakupäivä 15.11.2020.
7. 1980–1990-luvut. 2020. Oulun Energia. Saatavissa: <https://www.oulunenergia.fi/oulun-energia-konserni/konsernin-esittely/historia/1980-1990-luvut>. Hakupäivä 15.11.2020.
8. Laanilan biovoimalaitoshanke. 2020. Oulun Energia. Saatavissa: <https://www.oulunenergia.fi/oulun-energia/tietoa-oulun-energiasta/energiantuotanto/voimalaitokset/laanilan-biovoimalaitoshanke>. Hakupäivä 15.11.2020.
9. Vesiensuojelu. 2020. Oulun Energia. Saatavissa: <https://www.oulunenergia.fi/energia-ja-ymparisto/ymparistovastuu/ymparistovaikutukset/vesiensuojelu>. Hakupäivä 13.10.2020.

10. Kalervo, Jolma – Haapasaari, Heli – Häkkinen, Jani – Pirttijärvi, Jouko 2018. Suomen ympäristövahinkojen torjunnan kokonaisselvitys 2017–2025. Valtakunnallisen torjuntavalmiuden tavoitteet, nykytila ja kehitystarpeet. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161384/Suomen%20ymparistovahinkojen%20torjunnan%20kokonaisselvitys%2020172025.pdf>. Hakupäivä 30.11.2020.
11. Lehmuskoski, Antti 2006. Öljyntorjuntaopas. Helsinki: WWF Suomi. Saatavissa: https://wwf.fi/app/uploads/l/f/e/x2kkqjzdixdrlq3hkkskage/oljyntorjunta-opas_suomi_2painos.pdf. Hakupäivä 30.11.2020.
12. Keränen, Ossi – Kalervo, Jolma 2018. Öljyvuomiopas. Ympäristöministeriö. Suomen ympäristökeskus; ympäristövahinkojen torjuntayksikön kuva-arkisto. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161241/OH6_18_Oljyvuomiopas_.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Hakupäivä 13.11.2020.
13. Vedenkorkeusennätykset Suomen rannikolla. 2020. Helsinki: Ilmatieteen laitos. Saatavissa: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/vedenkorkeusennatykset-suomen-rannikolla>. Hakupäivä 4.1.2020.
14. Hänninen, Saara – Sassi, Jukka 2010. Acute Oil Spills in Arctic Waters- Oil Combating in Ice. Research Report: VTT-R-03638-09. Espoo: VTT Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/julkaisut/muut/2010/VTT-R-03638-09.pdf>. Hakupäivä 2.2.2021.
15. Guide to Oil Spill Response in Snow and Ice Conditions. 2015. Arctic Council. Saatavissa: https://oaarchive.arctic-council.org/bitstream/handle/11374/1464/EPPR_SPILLGUIDE_Doc1_Guide_Oil_Ice_Snow_Arctic_Final_Feb_2_2015_AC_SAO_CA04.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Hakupäivä 12.1.2020.
16. Alanen, Jari – Karulinna, Marika – Kiviluoto, Katariina – Kääriä, Raisa – Leskinen, Piia – Lipsanen, Anna 2014. Öljyvahingosta onnistuneeseen öljyntorjuntaan. Tietopaketti kunnan viranhaltijoille. Raportteja 187. Turku: Turun ammattikorkeakoulu. Saatavissa: https://www.vspelastus.fi/sites/default/files/atoms/files//20140826_oljyvahingosta_onnistuneeseen_oljyntorjuntaan.pdf. Hakupäivä 2.2.2021.

17. Kun vesi näyttää tai haisee oudolta. 2019. Suomen ympäristökeskus. Saatavissa: <https://www.vesi.fi/vesitieto/kun-vesi-nayttaa-tai-haisee-oudolta/>. Hakupäivä 8.2.2021.
18. How to connect sections of oil containment boom. 2019. Texas Boom Company. Saatavissa: <https://texasboom.com/news/connecting-sections-of-oil-containment-boom-video>. Hakupäivä 8.2.2021
19. Permanent fence boom MK 8. 2020. Lamor Corporation Ab. Saatavissa: <https://www.lamor.com/equipment/permanent-fence-boom-mk-8-0>. Hakupäivä 9.2.2021
20. Bulkhead Risers. 2021. PSI Parker Systems, Inc. Saatavissa: <https://www.parker-systemsinc.com/products/bulkhead-risers/>. Hakupäivä 16.2.2021.
21. Muhonen, Juha 2021. Oulun Energian öljyvuomi. Vice President, Lamor Corporation Ab. Sähköpostiviesti.19.1.2021.
22. Ponkala, Jussi 2021. Öljyvuomin kiinnitys/ensimmäinen ajatus. Projektipäällikkö, WSP Finland Oy. Sähköpostiviesti.9.2.2021.