

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikka

2024

Eliisa Mäntynen

Materiaalinkäsittely offshore- aluksissa



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikka

Maaliskuu 2024 | 46 sivua

Eliisa Mäntynen

Materiaalinkäsittely offshore-aluksissa

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä offshore-aluksiin tehtävään materiaalinkäsittelysuunnitelmaan. Opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona Deltamarin Oy: lle, jolla oli tarve saada hyvä, yhtenäinen toimintatapa suunnittelun toteuttamiseen. Materiaalinkäsittely rajattiin koskemaan vain runkoaluetta, sillä toimeksiantaja ei tarjoa FPSO-aluksen (Floating Production Storage and Offloading) prosessialueen, eikä aluksen kiinnitysmenetelmänä käytetyn turretin suunnittelun palveluita.

Opinnäytetyössä käsitellään materiaalinkäsittelyn kannalta keskeisimmät, suunnittelussa huomioitavat asiat. Tämän lisäksi perehdytään materiaalinkäsittelysuunnitelman sisältöön ja toteutustapoihin sekä sen vaikutukseen muihin suunnitteluosastoihin. Opinnäytetyöhön on myös koottu suunnittelussa mahdollisesti ilmeneviä haasteita, jotka suunnittelijan on hyvä tiedostaa.

Lopputuloksena saatiin yleispätevä ohjenuora suunnittelulle ja sen sisällölle, projektikohtaisiin haasteisiin se ei ota kantaa. Suunnittelu on paras toteuttaa perustuen NORSOK-R-002-standardiin. Jatkossa, opinnäytetyön ja NORSKOK-R-002-standardin pohjalta voisi tehdä raporttipohjan materiaalinkäsittelysuunnitelmaan.

Asiasanat:

Materiaalinkäsittely, Offshore, Suunnittelu, FPSO, FSO

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical Engineering

March 2024 | Total number of pages 46

Eliisa Mäntynen

Material handling in offshore vessels

The purpose of this thesis was to study the material handling plan on offshore vessels. The thesis was commissioned by Deltamarin Ltd, which had a need for a guideline to implement the design. Material handling was limited to concern the hull area only, as the client does not offer design of the process area of the FPSO (Floating Production Storage and Offloading) nor the design of the turret mooring system.

The thesis includes the most critical issues that need to be taken into account while executing the material handling plan. The content and implementation methods of the material handling plan and its impact on the other design departments were studied. The thesis also includes the potential challenges arising in design, which the designer should be aware of.

As a result, a guideline for design and its content was obtained, which does not take a stand on project- specific challenges. The design is best carried on the basis of NORSOK- R- 002 standard. Based on the thesis and the NORSOK- R- 002 standard, a report template of the material handling plan could be made.

Keywords:

Material handling, Offshore, Design, FPSO, FSO

Sisältö

Käytetyt lyhenteet tai sanasto	6
1 Johdanto	7
1.1 Opinnäytetyön aihe ja tausta	7
1.2 Opinnäytetyön rajaukset	8
1.3 Opinnäytetyön rakenne	9
2 Offshore	10
2.1 FPSO ja FSO	11
2.2 Alusten kiinnitysmenetelmät	13
3 Materiaalinkäsittelyn periaatteet	17
3.1 Säännöt ja standardit	18
3.2 Nostoalue	20
3.3 Vaaralliset alueet	22
3.4 Materiaalinkäsittelyvälineet	23
3.5 Suunnittelun tarkoitus	27
4 Materiaalinkäsittelysuunnitelman laadinta	29
4.1 Raportti	30
4.2 2D-piirustus	32
4.3 3D-malli	34
4.4 Vaikutus muuhun suunnitteluun	37
5 Suunnittelun haasteita	38
6 Yhteenveto	40
Lähteet	42

Liitteet

Liite 1. NORSOK- standardit

Kuvat

Kuva 1. FPSO:n rakenne(Oil& Gas Bussiness Dot Com. 2020a).	8
Kuva 2. Offshore-prosessin toimintaperiaate (themalaysianengineering.com2020).	10
Kuva 3. FPSO (MODEC. n.d).	12
Kuva 4. FSO (MODEC. n.d).	13
Kuva 5. Kiinteä kiinnityssysteemi (cathwell. 2024).	14
Kuva 6. Ulkoinen turrettikiinnitys (SOFEC.2024).	15
Kuva 7. Sisäinen turrettikiinnitys (SOFEC.2024).	16
Kuva 8. Nostotyö offshore- ja kuljetusaluksen välillä (Safety4sea.2020).	17
Kuva 9. Kaiteilla suojattu nostoalue ja hätäpoistumistiet (Deltamarinin arkisto.2024).	21
Kuva 10.Nosturin toimintasäde kulkee putkiston päältä (Deltamarinin arkisto.2024).	22
Kuva 11. Offshoreen räätälöity kuljetusvaunu (GMC Marine Partner AS.2022).	24
Kuva 12.Pneumaattinen siirtoalusta (GMS Marine Partner AS.2022).	25
Kuva 13. Siirrettävä ja koottava taavetti (Hoist UK.n.d).	26
Kuva 14.Hydraulinen vaijeritunkki (STS.2018).	27
Kuva 15. Kuljetusreitin merkitseminen ja mitoitus (Deltamarinin arkisto.2024).	32
Kuva 16. Esimerkkikuva nostovälineiden merkitsemisestä kuvaan (Deltamarinin arkisto. 2024).	34
Kuva 17. Materiaalinkuljetussimulaatio (Deltamarinin arkisto.2024).	35
Kuva 18. Nostotyösimulaatio (Deltamarinin arkisto.2024).	36

Taulukot

Taulukko 1. Nostovälineiden vaatimukset (NORSOK-R-002; 2011, 77).	19
Taulukko 2. Esimerkki nostoarviosta (Deltamarinin arkisto. 2024).	31

Käytetyt lyhenteet tai sanasto

ATEX	Atmosphères EXplosibles
DNV	Det Norske Veritas
FEED	Front End Engineering Design
FPSO	Floating Production Storage and Offloading
FSO	Floating Storage and Offloading
GA	General Arrangement
IECEX	International Electrotechnical Commission Explosive
IMCA	International Marine Contractors Association
IMO	International Maritime Organization
ISO	International Organization for Standardization
LOLER	Lifting Operations and Lifting Equipment Regulations
MODU	Mobile Offshore Drilling Unit
NORSOK	Norsk Søkkel Konkuranseposisjon
PUWER	The Provision and Use of Work Equipment Regulation
VLCC	Very Large Crude Carrier

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön aihe ja tausta

Tämä opinnäytetyö perehtyy offshore-suunnitteluun sisältyvään materiaalinkäsittelysuunnitelmaan. Materiaalilla tarkoitetaan varaosia, laitteita, miehistöä, elintarvikkeita; toisin sanoen kaikkia resursseja aluksen toimintakykyisenä pitämiseen. Alukset ovat merellä tyypillisesti kymmeniä vuosia ilman mahdollisuutta kuivatelakointiin, joten on erittäin tärkeää, että sieltä löytyy materiaalinkäsittelykapasiteettia hoitamaan tarvittavat huoltotyöt ja pitämään alus toimintakuntoisena. Huoltotoimenpiteiden nopeus on avainasemassa tuotantoseisokeissa ja siksi materiaalinkäsittelyyn perehdytään jo suunnitteluvaiheessa enemmän kuin kauppalaivojen kohdalla. Materiaalinkäsittelysuunnitelman on tarkoitus vastata erilaisiin materiaalinkäsittelyä koskeviin kysymyksiin, kuten miten painavat varaosat saadaan siirrettyä konehuoneeseen tai kuinka huollot toteutetaan ahtaissa tiloissa.

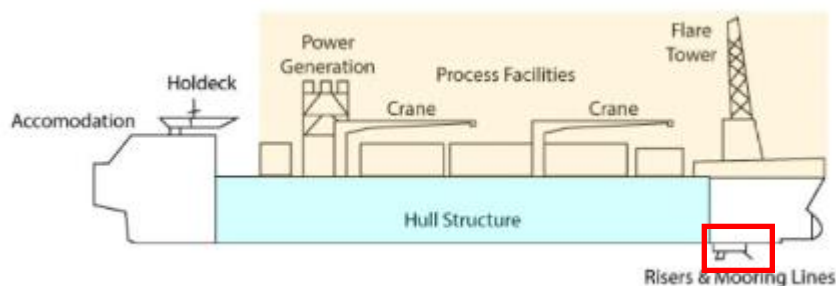
Opinnäytetyö tehdään toimeksiantona Deltamarin Oy:lle, joka on meriteknisen alan suunnittelu-, konsultointi- ja rakentamisen tukipalveluja tarjoava yritys. Deltamarinilla oli tarve saada yhtenäinen, hyvä toteuttamistapa sekä ohjenuora dokumentin suunnittelulle. Offshore-toiminta on kasvanut viime aikoina öljyn hinnan kohoamisen seurauksena. Öljyn ja kaasun sisältämien herkästi syttyvien hiilivetyjen vuoksi toiminta on riskialtista ja onnettomuuden sattuessa seurauksena voivat olla mittavat ympäristövahingot, ihmishenkien menetykset sekä öljy-yhtiölle aiheutuvat taloudelliset tappiot ja jopa pysyvä mainehaitta. Offshore-suunnitteluun liittyykin paljon byrokratiaa, jonka vuoksi se on mutkikkaampaa kuin perinteisen kauppalaivan suunnittelu. Suomenkielisiä julkaisua aiheesta on vähän ja englanninkielinen termi on kirjoitettu sulkuihin suomennoksien perään epäselvyyksien välttämiseksi.

Materiaalinkäsittelysuunnitelma sisältyy kansivarusteluosaston tekemään suunnitteluun. Lähteinä on käytetty luotettavien offshore-yritysten sivustoja ja

alan ammattilaisten haastatteluja. Haastatteluiden käyttö lähteinä on perusteltua, koska offshore-suunnittelusta ei löydy paljon kirjallista tietoa. Lisäksi opinnäytetyön tekijälle on kertynyt yleistietoa aiheesta, tehtyään kyseisen systeemin suunnittelua aikaisemmin työharjoittelussa.

1.2 Opinnäytetyön rajaukset

Opinnäytetyössä käsiteltävät aihealueet käsitellään vain siltä osin kuin ne materiaalinkäsittelyyn liittyvät. Opinnäytetyöstä on rajattu pois kiinnitysmenetelmänä käytetty turretti sekä FPSO:n prosessialue, sillä Deltamarin tyypillisesti vastaa runkoalueen suunnittelusta. Prosessialueen ja turretin suunnittelut tulevat kokonaistoimittajilta, jotka yleensä hoitavat myös alueiden materiaalinkäsittelyn.



Kuva 1. FPSO:n rakenne(Oil& Gas Bussiness Dot Com. 2020a).

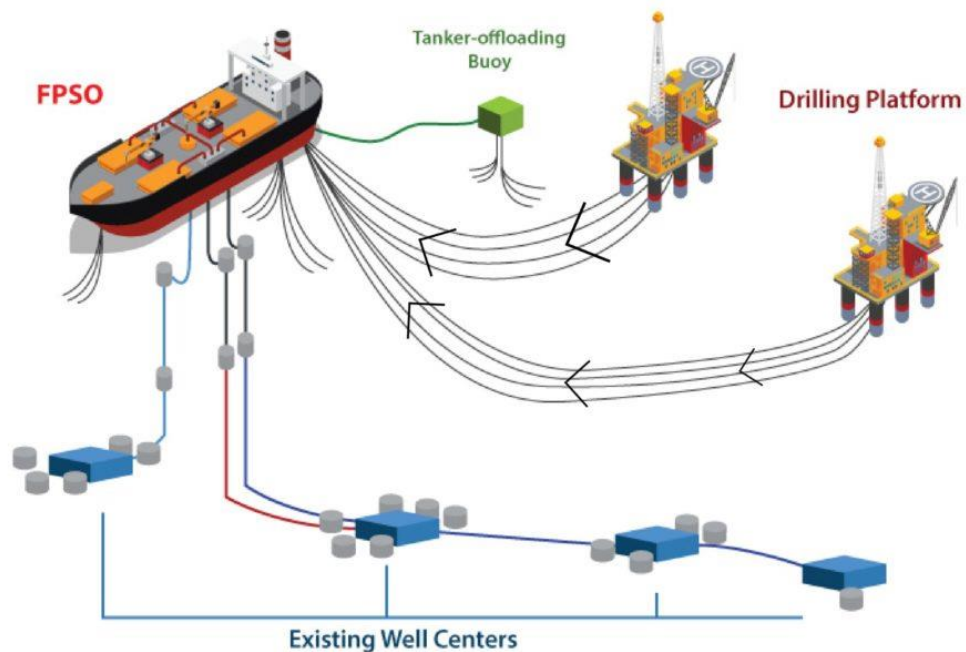
Kuva 1 havainnollistaa FPSO:n rakenteellista jakoa. Beiget alueet kuuluvat prosessialueeseen ja siniset alueet runkoalueeseen. Turretti on rajattu punaisella nelikulmiolla. Turretia on käsitelty opinnäytetyössä sen verran kuin offshore-alusten kiinnitysmenetelmistä on tarpeellista ymmärtää kokonaiskuvan muodostamiseksi.

1.3 Opinnäytetyön rakenne

Työn toisessa luvussa esitellään opinnäytetyön aiheen kannalta tärkeät offshore-käsitteet. Kolmas luku keskittyy suunnittelussa huomioon otaviin aihealueisiin ja neljännessä käydään läpi materiaalinkäsittelysuunnitelman sisältö, toteutustavat sekä merkitys. Viidennen lukuun on koottu suunnittelussa ilmeneviä haasteita ja kuudes luku keskittyy lopputuloksen analysointiin.

2 Offshore

Tässä opinnäytetyössä offshorella tarkoitetaan avomerellä tapahtuvaa kaasun- ja öljynporausta. Toimintaperiaate on teoriassa yksinkertainen (kuva 2). Öljy porataan merenpohjasta, varastoidaan varastoalukseen ja siirretään varastoaluksista säiliöalukseen(shuttle tanker), jotka kuljettavat tuotteen maihin. Öljyn tai kaasun siirtämiseksi merenpohjassa sijaitsevista lähteistä varastoalukseen, merenpohjaan rakennetaan kaivot, pumput ja putkistot (Subsea systems). Porausvaihe on melko lyhyt verrattuna muuhun toimintaan, joten kaasun- ja öljynporauksen sijaan voitaisiinkin puhua kaasun ja öljyn pumppaamisesta.



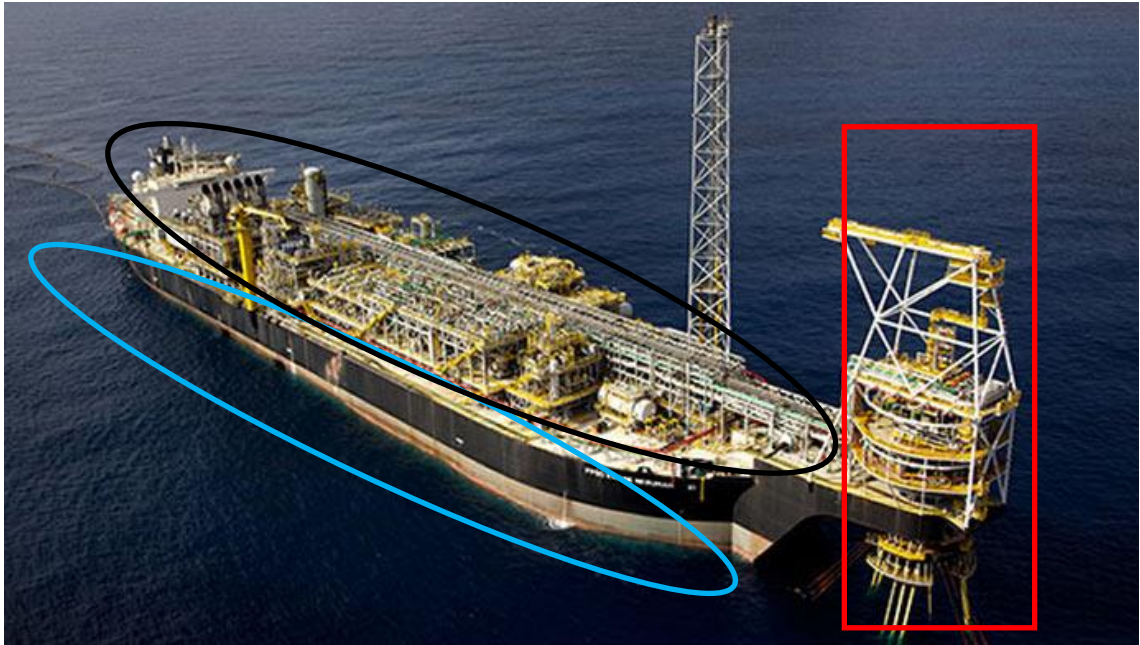
Kuva 2. Offshore-prosessin toimintaperiaate (themalaysianengineering.com2020).

Tuotetta siirrettäessä varastoaluksista säiliöaluksiin, säiliöalus kiinnitetään turvallisen matkan päähän erityisesti siihen tarkoitukseen suunniteltuun poijuun (offloading buoy) tai kiinnitetään suoraan alukseen (tandem mooring), turvaväli huomioiden (MacGregor.2023; LMC.2024). Vaihtoehtoisesti tuote voidaan kuljettaa maihin putkistoja pitkin. Porauslauttoja on erityyppisiä, kuten kiinteitä, kelluvia tai joustavia. Lauttatyypin valintaan vaikuttavat esimerkiksi merenkäynti ja meren syvyys. (Ma ym.2019,3–4.)

Tuotteen varastointiin käytetään pääasiassa FPSO (Floating Production Storage and Offloading)- ja FSO-aluksia (Floating Storage and Offloading). Varastoaluksien etuna on niiden käytön joustavuus. Öljylähteen ehtyessä ne voidaan suhteellisen helposti siirtää seuraavaan paikkaan, eikä kalliita putkilinjoja tarvitse rakentaa. Öljy- ja kaasuyhtiöt usein vuokraavat alukset käyttöönsä tarpeidensa mukaan, mikä säästää aikaa ja rahaa. (Oil&Gas Business Dot Com.2020b.)

2.1 FPSO ja FSO

FPSO on jaettu prosessi- ja runkoalueeseen sekä mahdollisesti turretti alueeseen. Kuvassa 3 runkoalue on ympyröity sinisellä, prosessialue mustalla ja turretti on rajattu punaisella nelikulmiolla.



Kuva 3. FPSO (MODEC. n.d).

Prosessialueella kaasu tai öljy puhdistetaan epäpuhtauksista ja runkoalue puolestaan varastoi tuotetta. FSO puolestaan vain varastoi tuotetta ja prosessialueen puuttumisen vuoksi, se on yksinkertaisempi kuin FPSO (Oil&Gas Business Dot Com.2020b.)

Suuret FPSO:t ovat pääasiassa konvertoituja VLCC-aluksia (Very Large Crude Carrier). Uudisrakenteitakin tehdään, mutta konversion etuna verrattuna uudisrakenteisiin on kuitenkin yleensä ollut edullisempi hinta sekä rakentamisen nopeus. Nykyaikana on kuitenkin tullut myös modulaarisia uudisrakenteita, jotka pystyvät kilpailemaan konversioprojekteja vastaan. Moduuleista koostuvat uudisrakenteet nopeuttavat suunnitteluvaihetta, toimitusketjua sekä rakennusvaiheita ja tuovat täten selvää säästöä niin taloudellisesti kuin ajallisestikin. (SBM. 2019.)

FSO on myös yleensä konvertoitu vanhasta säiliöaluksesta, uudisrakenteita tehdään harvemmin. FSO soveltuu varastoalukseksi alueille, joissa on kaasu- ja öljyinfrastruktuuria omasta takaa, toisin sanoen tuotteet prosessoidaan eri yksikössä ja varastointikapasiteettia halutaan lisätä.



Kuva 4. FSO (MODEC. n.d).

FPSO- ja FSO- alukset ovat yleensä miehitettyjä ja aluksilla käy säännöllisesti kuljetusaluksia (supply vessel), jotka toimittavat aluksille muun muassa elintarvikkeita, polttoainetta ja varaosia sekä huolehtivat miehistövaihdosta. Offshore-toimintaan liittyy paljon muitakin erilaisia tukialuksia, kuten jäänmurtajia, ankkurinkäsittelyaluksia, huoltoaluksia ja niin edelleen.

2.2 Alusten kiinnitysmenetelmät

FPSO ja FSO ovat kiinnitetty merenpohjaan siten, että ne pysyvät paikoillaan tyypillisesti vuosikymmeniä (MODEC.n.d). Yleisimmät kiinnitysmenetelmät ovat aluksen kiinnittäminen kiinteästi suoraan merenpohjaan ankkureilla (spread mooring) tai aluksen kiinnittäminen turrettiin (turret mooring), joka on kiinnitetty ankkureilla merenpohjaan. (Ma ym.2019,13–15.)



Kuva 5. Kiinteä kiinnityssysteemi (cathwell. 2024).

Kuvassa 5 näkyvässä kiinteässä kiinnitysmenetelmässä alus on ankkuroitu meren pohjaan neljästä eri kohdasta useammalla kettingillä ja tämä on perinteisin tapa kiinnittää alus paikoilleen. Kiinnityspisteet ovat tyypillisesti runkoalueella, keulassa ja perässä. Kiinnitysmenetelmä on yksinkertainen ja kustannustehokas, mutta kiinnitys saattaa pettää jos alukseen kohdistuu suuria sivuttaisia kuormia. Kiinteä kiinnityssysteemi sopiikin alueille, joissa ei esiinny kovin vaihtelevia tai rajuja sääilmiöitä. (Ma ym.2019,21–23.)



Kuva 6. Ulkoinen turretkiinnitys (SOFEC.2024).

Turretkiinnitys voidaan toteuttaa joko ulkoisella tai sisäisellä turretilia. Kiinnitysmenetelmä mahdollistaa aluksen pyörimisen turretin ympärillä, jolloin se mukaillee paremmin sääolosuhteita ja merenkäyntiä kuin kiinteä kiinnityssysteemi. Kuvassa 6 näkyvä ulkoinen turretti kiinnitetään joko aluksen keulaa tai perään. Sisäinen turretti sijaitsee tyypillisesti aluksen keskialueen keulassa (kuva 7). Ulkoisen turretkiinnityksen etuja on se, että turretti ei vie tilaa lastikapasiteetilta. Tämän lisäksi ulkoinen turretti voidaan asentaa alukseen paikan päällä, sisäinen turretti vaatii yleensä kuivatelakoinnin. Turreteista on saatavilla myös kiinteät ja irrotettavat vaihtoehdot. (Ma ym.2019,28–29.)



Kuva 7. Sisäinen turrettikiinnitys (SOFEC.2024).

Kuvassa 7 on esitetty sisäinen, irrotettava versio. Sen etuna on aluksen irrottaminen rajujen sääilmiöiden, kuten hurrikaanien sattuessa. Tällöin alus ei jää säiden armoille vaan se voi siirtyä turvallisemmille vesille. Tällainen kiinnitysmenetelmä on turvallisempi, mutta vaatii monimutkaisen irrotusmekanismin, mikä tulee kalliimmaksi. (Ma ym.2019,28–29.)

Turretin sisällä sijaitsevat kaikki putkistot ja linjat liittyen tuotteen kuljettamiseen ja öljykentän toimintaan, kun taas kiinteässä kiinnityksessä näille on erikseen oma "nousuparveke" (riser balcony), jonka kautta kuljetus tapahtuu.

Kiinteän kiinnitysmenetelmän kiinnityspisteiden sijaitessa runkoalueella, siihen liittyvä materiaalinkäsittely voidaan joutua huomioimaan materiaalinkäsittelysuunnitelmaa tehtäessä, kun taas turrettikiinnityksen materiaalinkäsittely kuuluu turretin toimittajalle.

3 Materiaalinkäsittelyn periaatteet

Materiaalinkäsittelyn pääperiaate on, että kaikki materiaalin siirtely alukseen ja aluksesta pois tapahtuu turvallisesti ja sujuvasti. Offshore-aluksien pysyessä vuosia avomerellä, on erittäin tärkeää, että alus omaa tarvittavan materiaalinkäsittelykapasiteetin, materiaalin kuljetusreitit ovat mitoitettu suurimpia ja painavimpia esineitä varten ja jokaisesta ahtaimmastakin paikasta on mietitty ratkaisu materiaalin siirtelyä varten. Aluksissa on erikseen määriteltä päänostoalue, jossa nostot kuljetus- ja offshore-aluksen välillä tapahtuvat (Kuva 8).



Kuva 8. Nostotyö offshore- ja kuljetusaluksen välillä (Safety4sea.2020).

Nostoalueella operoi offshore-nosturi, jonka nostokapasiteetin tulee olla riittävä kaikkia nostoja varten. Offshore-nosturi eroaa tavallisesta kansinosturista siten, että se on sertifioitu nostoihin myös aluksen ulkopuolelle avomerellä ja mikäli nosturia käytetään henkilönostoihin, täytyy nosturi erikseen sertifioida myös siihen tarkoitukseen (Nummilahti, J., haastattelu 10.1.2024).

3.1 Säännöt ja standardit

Materiaalinkäsittelyn kannalta tärkeimmäksi standardiksi on muodostunut NORSOK-R-002 (Norsk Sokkels Konkuranseposisjon) ja se on ainoa standardi, joka aihetta käsittelee syvällisemmin. Norjan öljyteollisuus on kehittänyt NORSOK-standardit (liite 1) turvallisuuden takaamiseksi Norjan lainsäädännön alaisilla alueilla tapahtuvalle offshore-toiminnalle ja ne ovat arvostettuja maailmanlaajuisesti. Norjan öljyteollisuus on aktiivisesti mukana kehittämässä kansainvälisiä standardeja, ja NORSOK-standardit toimivatkin eräänlaisina edelläkävijöinä kansainväliselle standardoinnille. (odfjell technology. 2015; Standard Norge. 2024.) Offshore-toimintaan liittyviä kansainvälisiä standardeja ovat muun muassa IMO:n (International Maritime Organization) säätämä MODU-koodi (Mobile Offshore Drilling Unit) ja ISO-järjestelmän (International Organization for Standardization) offshoreen liittyvät standardit, mutta ne eivät oikeastaan ota kantaa materiaalinkäsittelyyn. (MODU code 2009/A.1023(26),119; Standard Norge. 2024).

NORSOK-R-002-standardi (NORSOK-R-002; 2011, 76–82) esittää vaatimuksia ja suosituksia esimerkiksi käytettävistä nostovälineistä, niiden materiaaleista, korroosionsuojauksesta ja varastoinnista, materiaalinkäsittelyreiteistä, dokumentoinnista, nostoalueista, hätäteistä ja niin edelleen.

Keskeisiä periaatteita ovat (NORSOK-R-002; 2011, 76)

- Alus tulee suunnitella siten, että nostojen määrät ovat minimissään ja nosto-operaatiot ovat turvallisia ja mutkattomia
- Kaikkien kuljetusreittien tulee olla esteettömiä ja kynnyksiä tulee välttää
- Nostolaitteiden kuljettajalla tulee olla hyvä näkymä kuorma- ja käsittelyalueelle
- Nostoissa tulee suosia turvallisinta nostolaitetta ja konseptia

Standardi määrittelee manuaalisen nostotyön ylärajaksi 25 kg, tätä suuremmat nostot tulisi suorittaa nostolaitteiden avulla. Nostolaitteiden käyttövaatimuksiin

vaikuttaa myös nostettavan laitteen huoltoväli. Alla olevassa taulukossa on määritelty vaatimukset nostovälineisiin huoltovälin mukaan.

Taulukko 1. Nostovälineiden vaatimukset (NORSOK-R-002; 2011, 77).

Paino	Vuosittainen	2 – 5 vuotta	> 5 vuotta
25 kg – 200 kg	A	B	C
200 kg – 3000 kg	A	B	B
>3000 kg	A	A	A

A = Pysyvästi asennettava nostoväline, kuten nostopuomi tai nostokorva nostovälineiden kiinnitykseen.

B = Voidaan käyttää väliaikaisia nostolaitteita. Materiaalinkäsittelysuunnitelman tulee sisältää dokumentaatio kaikkien yli 200 kg:n nostopisteiden rakenteellisesta kapasiteetista.

C = Ei vaatimuksia materiaalinkäsittelyn suunnittelulle tai dokumentoinnille.

Standardissa on myös omat vaatimuksensa henkilöiden kuljetusvälineisiin (NORSOK-R-002; 2011, 74–75).

Muita materiaalinkäsittelyyn vaikuttavia sääntöjä ja vaatimuksia ovat muun muassa

- Luokituslaitoksen säännöt
- Lippuvaltion säännöt
- Operointialueen säännöt

Suurten öljyvaltioiden, kuten Norjan ja Iso-Britannian luokituslaitoksilla on sääntöjä ja standardeja offshore-toimintaan liittyen, mutta ne eivät oikeastaan ota kantaa materiaalinkäsittelyyn. Norjalainen luokituslaitos DNV (Det Norske Veritas) esittää sääntöjä offshore-toiminnassa käytettäviin nostolaitteisiin ja -välineisiin, mutta ne käsittelevät lähinnä materiaaleja, lujuusvaatimuksia, sertifiointia ja niin edelleen (DNVGL-ST-0377;2018; DNVGL-ST-0378; 2016).

Brittiläinen luokituslaitos LLoys's Register puolestaan viittaa sääntövaatimuksissaan MODU-koodiin, jolla ei oikeastaan sääntöjä materiaalinkäsittelyyn ole (MODU code 2009/A.1023(26),119; Lloyd's Register.2024).

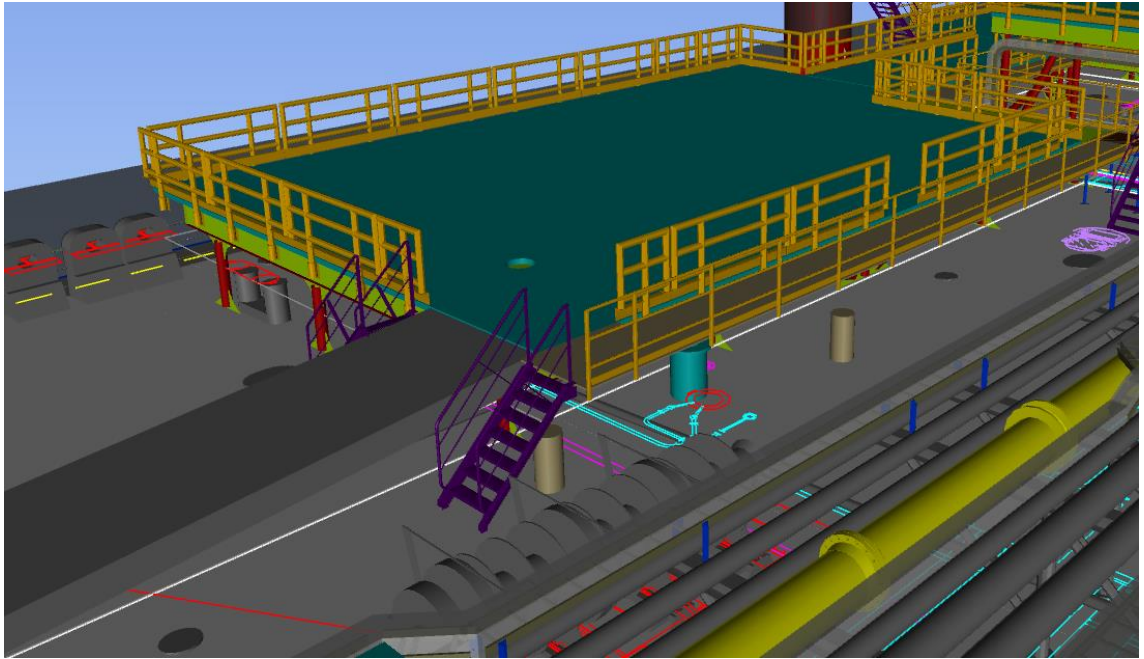
Iso-Britanniassa on kuitenkin nostotyöhön liittyviä kansallisia sääntöjä, joita voidaan käyttää materiaalinkäsittelysuunnitelmaa toteuttaessa, kuten LOLER (Lifting Operations and Lifting Equipment Regulations) ja PUWER (The Provision and Use of Work Equipment Regulation) (axessgroup.com. 2022). Brittiläiset säännöt ovat kansainvälisesti arvostettuja NORSOK-standardien tapaan, mutta nekin käsittelevät lähinnä nostotöitä ja -laitteita.

Näiden lisäksi varustamalla sekä kaasu- tai öljy-yhtiöllä on yleensä omat vaatimuksensa ja materiaalinkäsittelyfilosofiansa. Projektikohtaisesti, voidaan toimittaa myös aluksen tekninen erittely, johon tilaaja on kirjannut vaatimuksensa ja käytettävät standardit. Rakentavan telakan puolelta voi myös tulla vaatimuksia, yleensä käytettäviin rakennusstandardeihin liittyen. (Nummilahti, J., haastattelu 10.1.2024.)

3.2 Nostoalue

Nostoalueen kokoon vaikuttaa materiaalinkäsittelytarve. Materiaali nostetaan alukseen yleensä konteissa ja kontteja myös säilötään alueella. Nostoalueella tulee olla kiinnityspisteet konteille, jotta ne eivät pääsisi liikkumaan merenkäynnin seurauksena. Nostoalueella toimivan offshore-nosturin toimintasäde vaikuttaa materiaalinkäsittelyreitien suunnitteluun ja siitä on yleensä tehty suunnittelun alkuvaiheessa jo jokin nosturin nostokapasiteettiin perustuva arvio.

Nostoalueita voi olla useita, mutta päänostoalue suojataan raskaaseen käyttöön tarkoitetuilla kaiteilla, mahdollisen kuorman heilumisen takia (kuva 9). Alueelta pitää kuitenkin olla hätäpoistumismahdollisuus, joten alue ei voi olla täysin umpinainen.



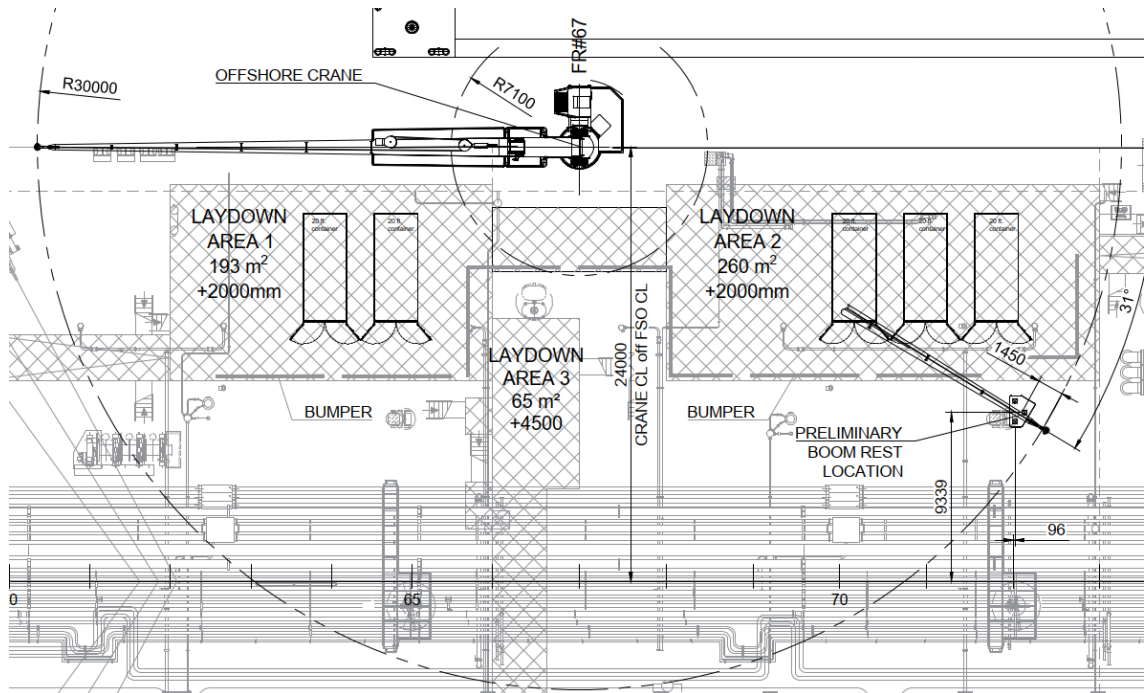
Kuva 9. Kaiteilla suojattu nostoalue ja hätäpoistumistiet (Deltamarinin arkisto.2024).

Nostoalueen halutaan olevan suora taso. Konversio- projekteissa joudutaan nostotasoja usein korottamaan, sillä yleensä säiliöaluksen kansi ei ole täysin suora. Myös rakenteet, asennus- ja huoltotyöt vaativat tilaa. Nostoalueelle kulkeva materiaalinkuljetusreitti on siis usein ramppi. (Nummilahti, J., haastattelu 10.1.2024.) Tämä täytyy huomioida kuljetusvälineiden valinnassa.

Nostoalueen olisi hyvä sijaita jossain muualla kuin kaasuvaaralliseksi luokitelluilla alueilla. Tämä ei kuitenkaan ole aina mahdollista, puutteellisen tilan takia, joten materiaalinkäsittelyssä täytyy ottaa huomioon offshore-nosturin toimintasäteen lisäksi alueen vaarallisuusluokitus.

NORSOK-R-002 jaottelee nostovyöhykkeet nostotyön vaarallisuuden mukaan kolmeen vyöhykkeeseen; punainen, keltainen ja vihreä. Vaarallisuusluokitus koskee mahdollisesti putoavan esineen aiheuttamaa vahinkoa joko ihmisille tai alukselle. Punaisella vyöhykkeellä nostot ei ole sallittuja, keltaisella vyöhykkeellä nostot ovat sallittuja vain tiukasti valvottuna ja vihreällä vyöhykkeellä nostot ovat sallittuja ilman rajoituksia. Esimerkiksi kuvassa 10, aluksen keskellä sijaitsevan putkiston päältä ei ole sallittua kuljettaa kuormaa,

vaikka nosturin toimintasäde riittäisikin. Ei siis riitä, että materiaalin saa nosturin toimintasäteelle, nostoon täytyy etsiä myös turvallinen nostoreitti. (NORSOK-R-002; 2011, 78–79; Nummilahti, J., haastattelu 10.1.2024.)



Kuva 10. Nosturin toimintasäde kulkee putkiston päältä (Deltamarinin arkisto.2024).

Pienempiä nostoalueita tai oikeastaan ”nostopisteitä” voi sijaita esimerkiksi asuintilojen läheisyydessä, konehuoneessa tai raskaiden laitteiden läheisyydessä. Pienemmät nostopisteet tulee selkeästi merkitä ja varmistaa niiden kestävä nostettavat kuormat.

3.3 Vaaralliset alueet

Offshore-aluksessa on räjähdysvaarallisia alueita, sillä niissä käsiteltävät öljy ja kaasu koostuvat pääasiassa hiilivedyistä ja ne ovat herkästi syttyviä (Britannica.2024). Räjähdysvaaralliset alueet ovat kategorioitu kolmeen kategoriaan räjähdysvaaran todennäköisyyden mukaan (Ex Machinery. 2022.)

- 0, jatkuva räjähdysvaara
- 1, ajoittain esiintyvä räjähdysvaara
- 2, ei esiinny tavallisesti

Alueista tehdään ”vaaralliset alueet”-dokumentti (Hazardous Area Plan), johon merkitään mihin kategoriaan alue kuuluu. Alueiden kategorioihin jakaminen tapahtuu sääntöjen mukaan, joita esittävät luokituslaitokset sekä standardi IEC 60092-502. Kategoriaan 0 kuuluvia alueita ovat esimerkiksi lastitankit, kategoriaan 1 lastitankkeja ympäröivät alueet ja kategoriaan 2 lastin purkamiseen liittyvä laitteisto. (Deltamarinin arkisto. 2024.)

Räjähdysvaarallisilla alueilla käytettävien laitteiden ja välineiden tulee olla alueille sopivia. EU:n ATEX-direktiivi (Atmosphères EXplosibles) sekä kansainvälinen IECEx- standardi (International Electrotechnical Commission Explosive) sääntelevät ja sertifiioivat laitteita (Supermec. 2024). Tämä vaikuttaa myös materiaalinkäsittelyvälineiden valintaan, esimerkiksi polttomootorikäyttöinen trukki tai kipinää aiheuttavat laitteet ovat poissuljettuja vaihtoehtoja.

3.4 Materiaalinkäsittelyvälineet

Suurempia, kiinteitä nostureita aluksesta voi löytyä offshore-nosturin lisäksi, mikäli jokin laitteisto tai järjestelmä sellaista tarvitsee. Konehuoneessa on yleensä siltanosturi ja se on mitoitettu konehuoneesta tapahtuvan raskaimman huollettavan tai vaihdettavan osan, kuten pääkoneen kannen, mukaan (Suomi, A., haastattelu 12.1.2024). Osan siirtämiseksi konehuoneesta ylemmälle kannelle, konehuoneen huoltoluukun läheisyydestä täytyy löytyä tarpeeksi nostokapasiteettia omaava nosturi tai nostopuomi.

Offshoreen soveltuvia materiaalinkäsittelyvälineitä toimittavat alaan erikoistuneet yritykset. Välineet voivat olla hyvinkin spesifisiä ja räätälöityjä offshoreen tarpeisiin. Välineiden tulee toimia manuaalisesti, pneumaattisesti,

hydraulisesti tai sähköisesti ATEX- ja IECEx-sertifioinnin vuoksi ja vastata ominaisuuksiltaan NORSOK-R-002-standardia. Välineiden tulisi kestää isoja kuormia, sopia ahtaisiin tiloihin ja pystyä kuljettamaan erikoisenkin muotoisia esineitä. Sen lisäksi, niiden säilytys ei saisi viedä paljon tilaa eivätkä ne saisi olla kovin painavia.



Kuva 11. Offshoreen räätälöity kuljetusvaunu (GMC Marine Partner AS.2022).

Kuvassa 11 esiintyvä akkukäyttöinen kuljetusvaunu pystyy kuljettamaan 1200 kg:n kuorman ja toimimaan 25 asteen kaltevuuskulmassa. Kuljetusvaunuja on myös manuaalisesti, pneumaattisesti ja hydraulisesti toimivia. Näiden lisäksi käytetään perinteisiä pumppu- ja nokkakärriä sekä sähkötrukkeja. (GMC Marine Partner AS.2022.)



Kuva 12.Pneumaattinen siirtoalusta (GMS Marine Partner AS.2022).

Kuvassa 12 oleva väline soveltuu horisontaalisen kuljetukseen. Sen kapasiteetti on 100 t ja laite on melko pienikokoinen. (GMS Marine Partner AS.2022). Myös ilmatyynynostimia käytetään offshoressa niiden hyvän kapasiteetin ja ergonomian takia.



Kuva 13. Siirrettävä ja koottava taavetti (Hoist UK.n.d).

Kuvan 13 siirrettävä ja koottava taavetti pystyy nostamaan jopa 500 kg. Taavetti on valmistettu alumiinista ja on täysin korroosionkestävä. (Hoist UK.n.d.) Soveltuu käytettäväksi paikoissa, joihin ei ole kiinteää nostovälinettä saatavilla. Offshoressa käytetään paljon siirrettäviä nostovälineitä, kuten pukkinostureita.



Kuva 14. Hydraulinen vaijeritunkki (ST Systems 2018).

Kuvassa 14 esiintyvä hydraulinen vaijeritunkki pystyy nostamaan 24 tonnia ja painaa vain 22 kilogrammaa (ST Systems 2018). Vaijeri kulkee tunkin läpi ja molemmissa päissä laitetta on kiristimet. Kiristimien avulla tunkki liikuttaa vaijeria haluttuun suuntaan. Tunkkeja on saatavilla erikokoisia tarpeen mukaan.

Nostotöihin käytettävien koukkujen, taljojen, liinojen, magneettinostimien ja muiden nostotarvikkeiden sekä henkilönostimien täytyy olla testattuja ja sertifioituja. Henkilönostimina käytetään muun muassa nostokoreja ja saksilavoja.

3.5 Suunnittelun tarkoitus

Suunnittelun toteuttaminen sääntöjen, standardien ja materiaalinkäsittelyn periaatteiden pohjalta määrittää sallitut kapasiteetit ja materiaalinkäsittelyvälineet, jotta materiaalinkäsittely olisi paitsi sujuvaa, myös

turvallista. Aluksen operoijilla on kuitenkin vastuu noudattaa suunnitteluvaiheessa määritettyjä turvallisuustekijöitä.

IMCA (International Marine Contractors Association) on koonnut sivustoilleen offshore-aluksilla tapahtuneita onnettomuuksia ja moneen tapaturmaan tuntui olevan syynä aluksen miehistön välinpitämättömyys tai tietämättömyys.

Esimerkiksi vuonna 2003 tapahtuneessa kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa, nostoalueelle oli nostettu elintarvikkeita sisältä kontti, joka oli liian pitkä mitoitettuun nostoalueeseen nähden ja oli osittain aluksen ulkopuolella. Konttia purettaessa, eräs miehistön jäsenistä oli kontin sisällä, kun kontti putosi mereen ja henkilö kuoli. (IMCA.2003.) Toisessa, vuonna 2020 tapahtuneessa onnettomuudessa, miehistön jäsenet olivat lastanneet liikaa lastia nostokorin kapasiteetin nähden ja kesken nostotyön nostokori putosi kannelle. Lastia ei ollut millään tavalla kiinnitetty noston ajaksi. Henkilövahingoilta vältyttiin, tällä kertaa. (IMCA.2020.)

Monet IMCA:n raportoimat onnettomuudet johtuivat väärin tehdyistä nostotöistä (IMCA.2024). Vaikka huolellisella suunnittelulla pyritään ehkäisemään edellä mainittujen kaltaisia onnettomuuksia, niitä kuitenkin tapahtuu. Suunnittelussa määritettyjä turvarajoja kuten nosturin turvallista työkuormaa tulisi noudattaa, sillä niitä ei ole määritelty syyttä.

4 Materiaalinkäsittelysuunnitelman laadinta

Materiaalinkäsittelysuunnitelman tarkoitus on taata, että materiaalinkäsittely toimii jokaisessa tilanteessa. Materiaalinkäsittelysuunnitelmaan sisältyy aina raportti, sen lisäksi tehdään joko 2D-piirustus tai 3D-malli riippuen aluksen tilaajan vaatimuksista. Raportti ja 2D-piirustus on yleisempi tapa toteuttaa suunnittelu, joskus tilaaja kuitenkin vaatii 3D-mallin todentamaan materiaalinkäsittelysuunnitelman toimivuuden.

Materiaalinkäsittelysuunnitelmaan tarkkuus riippuu suunnitteluvaiheesta. Suunnitteluvaiheet voidaan jakaa pääpiirteittäin viiteen eri vaiheeseen suunnittelutarkkuuden mukaan (Nummilahti, J., haastattelu 10.1.2024).

- Toteutettavuus (Feasibility)
- Konseptisuunnittelu (PreFEED)
- Alkupään tekninen suunnittelu (FEED)
- Perussuunnittelu (Basic design)
- Yksityiskohtainen suunnittelu (Detail design)

Toteutettavuussuunnitelma on hyvin karkea, siinä nimensä mukaisesti tutkitaan, onko projekti toteutettavissa. Materiaalinkäsittelysuunnitelmaan voi olla esimerkiksi piirustukseen merkitty vain nostoalue ja offshore-nosturin toimintasäde. Konseptisuunnittelu-vaihe on hieman yksityiskohtaisempi, alkupään tekninen suunnittelu taas sitä hieman yksityiskohtaisempi ja perussuunnittelu-vaiheessa pitää olla jo tarkemmin määriteltynä periaatteet. Offshore-suunnittelussa suunnitteluvaiheet eivät ole niin lokeroituja kuin laivasuunnittelussa ja suunnitteluvaiheet voivat tarkoittaa samaa tai sekoittua keskenään. Esimerkiksi alkupään tekninen suunnittelu ja perussuunnittelu voivat tarkoittaa samaa asiaa, samoin kuin perussuunnittelu voi vastata jo yksityiskohtaista suunnittelua. (Nummilahti, J., haastattelu 10.1.2024.)

4.1 Raportti

Materiaalinkäsittelyraportti sisältää listan kaikista aluksessa olevista huollettavista laitteista tai niiden osista, sijainnit, painot, mitat ja huoltovälit. Vaihtoehtoisesti, esimerkiksi konversioprojekteissa, voi olla riittävää määrittellä vain joka tilasta siirrettävä suurin/painavin esine. Raportissa on kuvailtu nostovälineet ja niiden kapasiteetit, reitit nostoalueelle, horisontaaliseen liikutteluun käytettävät välineet, käytettävät säännöt ja standardit, nostoalueen tai -alueiden sijainnit ja pinta-alat sekä suurimmat kiinteät nostovälineet. Raportissa mainitaan myös pelastautumiseen liittyvät nostimet, kuten pelastusveneiden taavetit, vaikka niitä ei käytetäkään materiaalinkäsittelyyn.

Tyypillinen raportin rakenne on jakaa alus alueisiin tilakohtaisesti, kuten konehuone, pumppuhuone, asuintilat ja niin edelleen, kuvailla miten ja millä painavin/ suurin esine siirretään nostoalueelle ja nostoalueelta tilaan. Aluekohtaisesti tulisi listata, mitä kuljetusvälineitä siellä on käytettävissä. 2D-piirustus tai 3D-malli varmistaa, että suunnitelma toimii ja materiaalin siirtelyyn on riittävästi tilaa sekä riittävät materiaalinkäsittelyvälineet. Erikoisjärjestelyä vaativat laitteet on kuvailtu tarkemmin liitetiedostoissa. Liitteeseen on lisätty kuvia ja selvitys mahdollisesta osan poistamisesta tai vaihtamisesta. Tällaisiin voi lukeutua esimerkiksi ahtaissa paikoissa olevat painavat laitteet ja osat, joita saa nostaa vain pystysuunnassa. (Deltamarinin arkisto.2024.)

Tarvittaessa raporttiin kirjataan myös nostoarvio kuljetusaluksen ja nostoalueen välisistä nostoista. Taulukossa 2 on esimerkki nostoarviosta. Sijainti on määritelty suhteessa päänosturiin.

Taulukko 2. Esimerkki nostoarviosta (Deltamarinin arkisto. 2024).

Nostoalue	Sijainti	Kuorman tyyppi	Paino [kg]	Nostojen määrä/vuosi
1	Nosturin takana	Täysi kontti	10000	60
		Tyhjä kontti	2300	60
		Henkilön kuljetuskori	850	150
2	Nosturin edessä	Täysi kontti	10000	90
		Tyhjä kontti	2300	90

Taulukossa 2 oleva esimerkki perustuu siihen, kuinka monta konttia nostoalueelle mahtuu ja kuinka usein arvioidaan kuljetusaluksen käyvän offshore-aluksella. Tällöin nostetaan offshore-aluksessa olevat tyhjat kontit kuljetusalukseen ja täydet kontit tilalle. Henkilönostojen arvio perustuu miehistön kokoon sekä kuljetusaluksen vierailutiheyteen. Näistä ei suunnittelun aikana välttämättä saada tarkempaa tietoa, joten kyseessä on todellakin vain arvio.

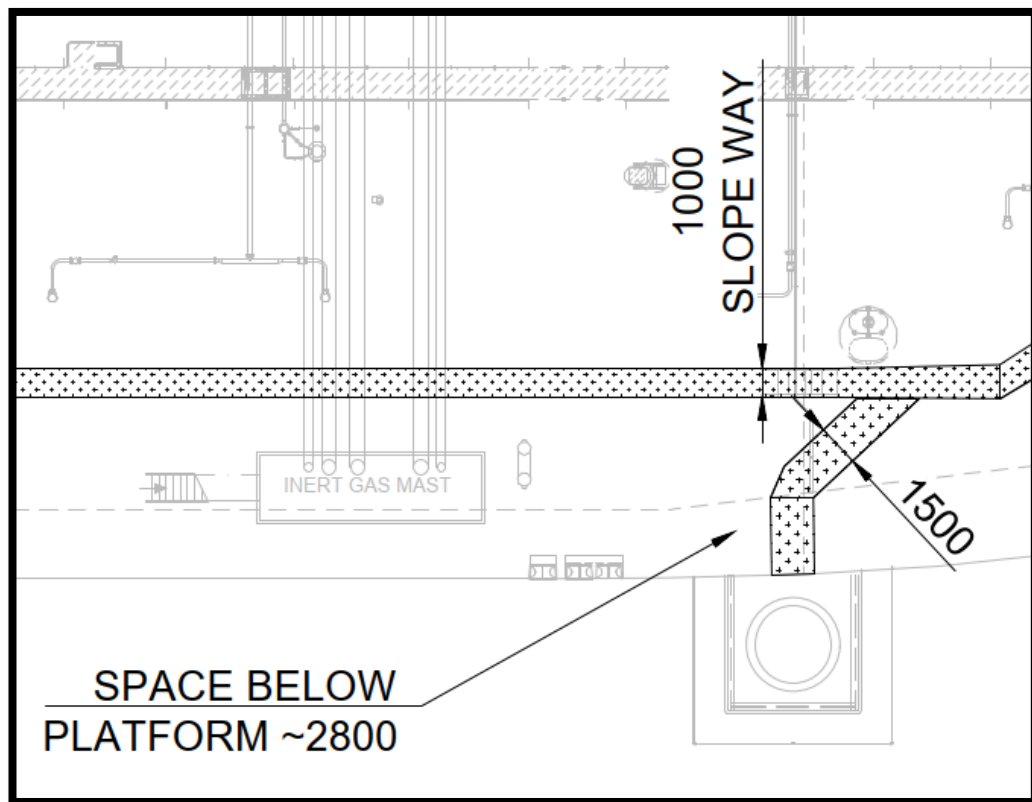
Aluksen kiinnitysjärjestelmien materiaalinkäsittelyynkin voidaan joutua ottamaan kantaa. Turrettikiinnityksen ollessa kyseessä, voidaan vaatia jonkin suuren nosturin sijaitsevan turretin läheisyydessä mahdollisia nostoja varten. Kiinteä kiinnityssystemi vaatii enemmän suunnitelmallisuutta, sillä painavat kettingit on kiristetty rungon alueelle ja niitä voidaan joutua vetämään, säilyttämään ja toisinaan myös siirtelemään asennusvaiheessa. (Nummilahti, J., haastattelu 10.1.2024.)

Näiden lisäksi raportti voi sisältää kuvia materiaalinkäsittelyvälineistä ja raportissa tulisi mainita referenssidokumentteina raportissa olevien tilojen ja alueiden järjestelypiirustukset, sekä nosturi- ja nostoalueiden järjestelyt.

4.2 2D-piirustus

Materiaalinkäsittelysuunnitelma tehdään aluksen yleisjärjestelyä (General arrangement) pohjana käyttäen. Yleisjärjestelyyn on merkitty aluksen eri tilat ja laitteet kansikohtaisesti ja se toimii ikään kuin aluksen pohjapiirustuksena. Tilakohtaiset järjestelyt, kuten konehuoneenjärjestely (Machinery arrangement) voivat antaa yksityiskohtaisempaa tietoa laitesijoittelusta kuin aluksen yleisjärjestely, joten niihin tulee myös perehtyä.

Materiaalinkäsittelysuunnitelman toteutus on helppoa aloittaa kartoittamalla mahdolliset materiaalinkuljetusreitit nostoalueelle. 2D-piirustukseen tulee merkitä ja mitoittaa pääasialliset materiaalinkuljetusreitit (kuva 15). Reitien kulkiessa jostain matalammasta kohdasta, esimerkiksi putkien alta, tulee kuvaan arvioida korkeus kyseisessä kohdassa. Kuljetusreitien leveydet mitoitetaan eri kohdissa reittiä ja luukkujen kautta tapahtuviin nostoihin merkitään aukon koko.



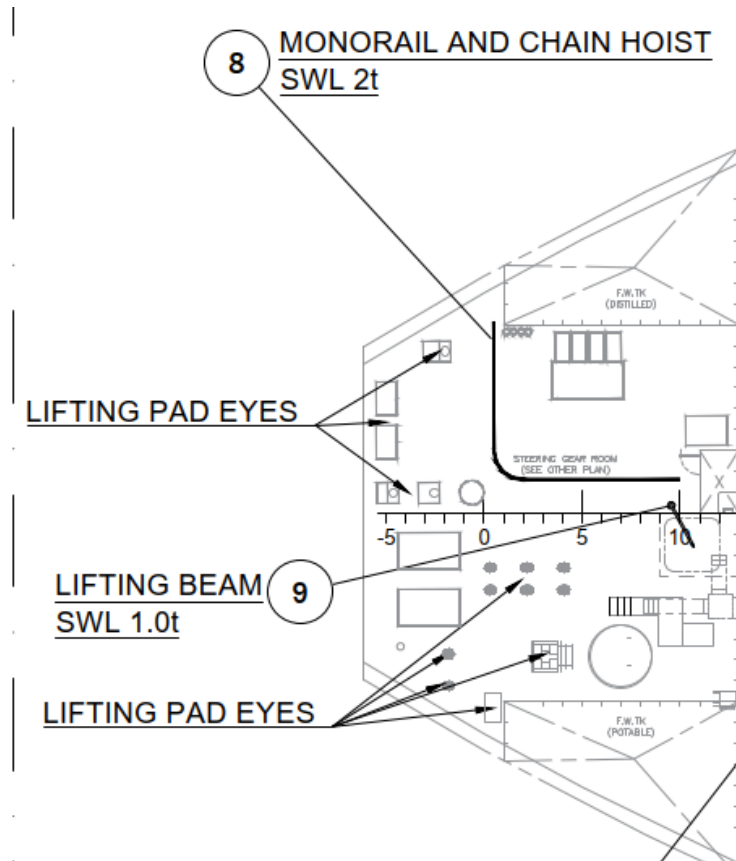
Kuva 15. Kuljetusreitien merkitseminen ja mitoitus (Deltamarinin arkisto.2024).

Kuljetusreitit eri alueilla merkitään eri tavoilla. Esimerkiksi kuvassa 15 näkyvä pääkuljetusreitti on merkitty tähdillä. Nostoalue merkitään erilaisella kuvioinnilla, kuten viivoituksella ja sisätiloissa olevat reitit voidaan merkitä nuolilla.

Materiaalinkäsittelysuunnitelmassa voidaan myös määrätä vaadittuja vapaatiloja, jotta materiaalin liikutteluun jää tarpeeksi tilaa. Muiden suunnittelijoiden tulee huomioida se omaa suunnittelua toteuttaessa. Projekteille ovat tyypillisiä suunnitteluprosessin aikana tapahtuvat muutokset, kuten laitetoimittajan vaihtuminen tai tilajärjestelyjen muuttuminen. Laitetoimittajan vaihtuessa, laitteen mitat ja paino voivat muuttua, mikä vaikuttaa suoraan nostolaitteiden vaatimukseen ja laitteen kuljetukseen tarvittavaan tilaan. Suunnittelijan täytyy mukautua projektin aikana tapahtuviin muutoksiin sekä ilmoitettava, mikäli suunniteltu muutos tekee materiaalinkäsittelyn toteutumisesta miltei mahdotonta. Suunnittelua tulisi toteuttaa alusta alkaen siten, että se pyrkisi huomioimaan mahdolliset muutokset ja valikoida materiaalinkuljetusreitit siten, että niissä olisi mahdollisimman paljon tilaa varmistamattomien laitteiden kohdalla. 2D-piirustuksessa voi helposti jäädä huomaamatta jokin ahdas kohta ja päällekkäisyydet muiden suunnitteluosastojen kanssa ovat riskinä.

Materiaalinkäsittelyreittien määrittämisen lisäksi, tulee huomioida tilakohtaiset nostovälinetarpeet ja -vaatimukset. Projektin aikana ylläpidetään laitelistaa, johon on listattu alukseen tulevat laitteet painoineen. Konversioprojekteissa kartoitetaan jo aluksessa olevat nostovälineet ja tarkistetaan niiden riittävyys mahdollisten uusien laitteiden nostamiseen.

2D-kuvassa tulisi olla numeroituna kaikki laivassa olevat kiinteät nostovälineet, kuten nostokiskot, -puomit ja -taljat, silta- ja kansinosturit sekä pelastautumisvälineisiin liittyvät nostovälineet (kuva 16).



Kuva 16. Esimerkkikuva nostovälineiden merkitsemisestä kuvaan (Deltamarinin arkisto. 2024).

Kuvassa 16 nostokorvia ei ole numeroitu, sillä niille on yleensä oma järjestelykuvansa. Ne ovat kuitenkin merkitty piirustukseen, koska ne ovat oleellinen osa kyseisen tilan materiaalinkäsittelyä.

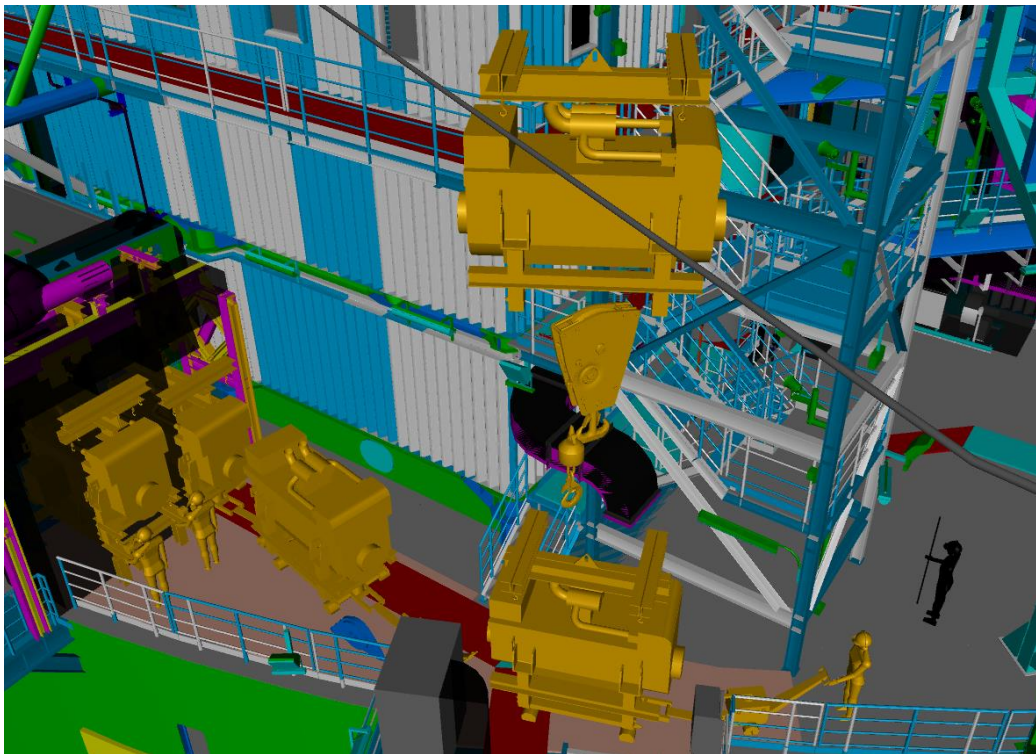
Piirustukseen tulee myös olla merkittynä offshore-nosturin ja mahdollisten muiden suurten nostureiden toimintasäde sekä kuljetusalue noin 5–10 metrin päähän aluksen kyljestä. Näin varmistetaan, että offshore-nosturin toimintasäde on riittävä ja nostotyö saadaan toteutettua turvallisesti.

4.3 3D-malli

3D- malli toteutetaan yleensä 2D-piirustuksen pohjalta ja se toimii ikään kuin varmenteena suunnitelman toimivuudesta. 3D-mallilla tehty

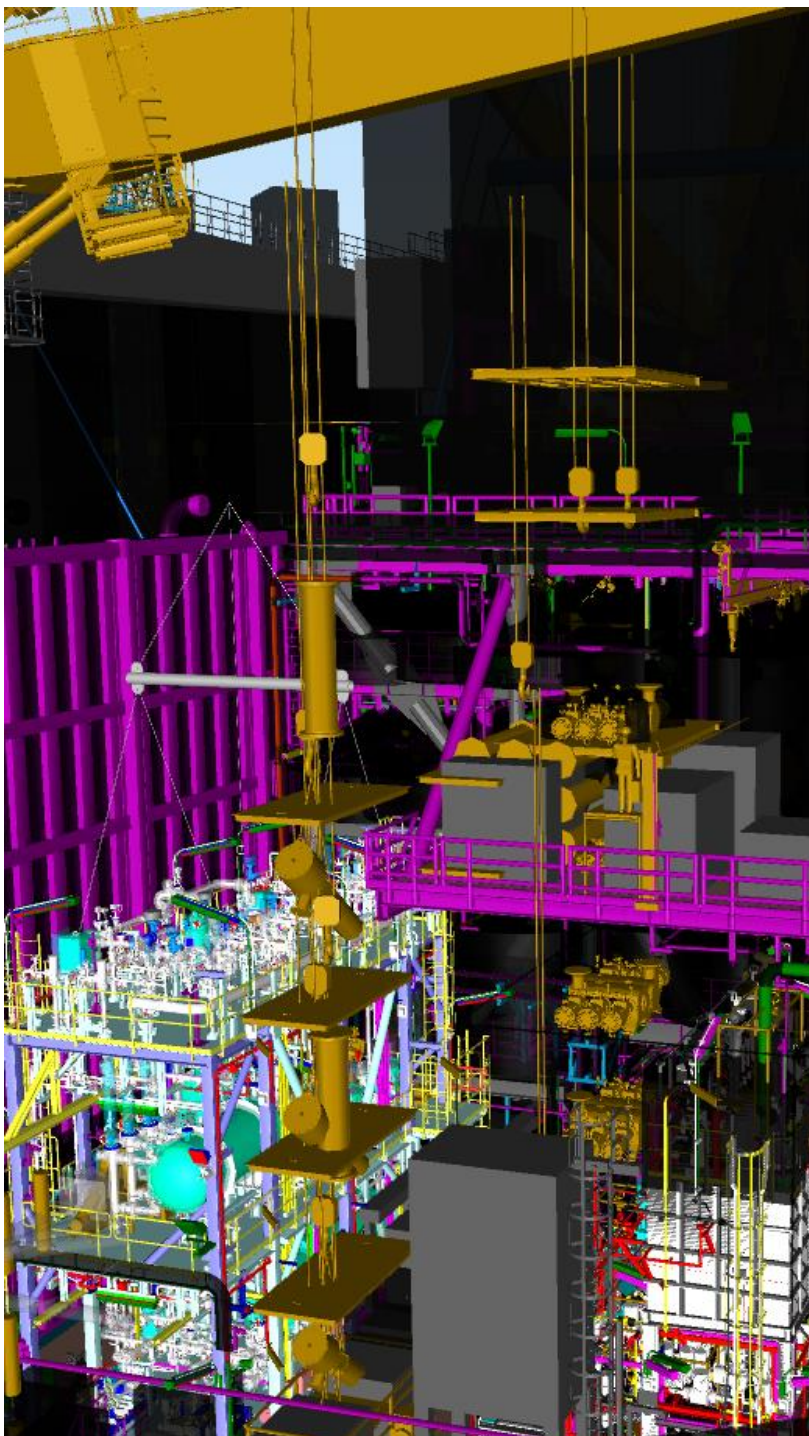
materiaalinkäsittelysuunnitelma on paljon tarkempi kuin pelkkä 2D-piirustus. Mallista on helpompi huomata ahtaat kohdat, suunniteltujen nostojen toteutuminen ja mahdolliset päällekkäisyydet muiden suunnitteluosastojen kanssa.

Kuvassa 17 malli simuloi tositilannetta ja siirrettävä materiaali on mallinnettu eri kohtiin suunniteltua kuljetusreittiä. Tällä pyritään varmistamaan, että tilaa on riittävästi materiaalinkäsittelyyn.



Kuva 17. Materiaalinkuljetussimulaatio (Deltamarinin arkisto.2024).

3D-mallilla saa helposti tarkastettua esineiden mahtumisen ahtaisiin väleihin ja suunnitellun nostotyön toteutumisen, kuten kuvasta 18 voi havaita.



Kuva 18. Nostotyösimulaatio (Deltamarinin arkisto.2024).

3D-mallin huonoihin puoliin voi lukea sen tekemiseen ja päivittämiseen vaadittavan työmäärän, joka voi helposti olla moninkertainen 2D-toteutukseen verrattuna (Nummilahti, J., haastattelu 10.1.2024). Kuvissa 17 ja 18 näkyvä

malli on jo todella yksityiskohtainen ja sen tekemiseksi tarvittaisiin huomattavan suuri määrä suunnittelijoita, mikä aiheuttaa enemmän kustannuksia. Sen vuoksi, monet aluksen tilaajat tyytyvätkin yksinkertaisempaan malliin.

4.4 Vaikutus muuhun suunnitteluun

Materiaalinkäsittelysuunnitelma kattaa koko aluksen runko- osan, joten joissain määrin se vaikuttaa hyvin moneen dokumenttiin ja siten myös muihin suunnitteluosastoihin.

Materiaalinkäsittelysuunnitelmassa tehtävän nostoarvion pohjalta tehdään riskiarvio (Dropped Object Study), jossa arvioidaan päänostoalueella nostettavien konttien nostoalueeseen aiheuttama kuorma, putoamis- ja heilahtamistilanteessa. Runko- osasto analysoi tutkimuksen perusteella nostoalueiden rakenteiden tarvittavan lujuuden sekä heilahdustilanteessa nostoaluetta ympäröivien kaiteiden lujuuden. Uudisrakenteissa, runko-osasto myös mitoittaa kuljetusreittien ja kiinteiden nostovälineiden lujuudet ja tämän vuoksi tarvitaan tieto materiaalien painoista. (Noutio, J., haastattelu 12.1.2024.)

Koneosastolla materiaalinkäsittelysuunnitelma vaikuttaa konejärjestelyyn olennaisesti. Konejärjestely tehdään sen mukaan, missä nostokuilu on. Konseptivaiheen suunnittelussa kuilun paikkaa voidaan vielä muuttaa, mutta ei enää perussuunnitteluvaiheessa. Jos konejärjestely on tehty sen mukaan, mihin laitteet mahtuvat, niiden paikkaa voidaan joutua muuttamaan myöhemmin. (Suomi, A., haastattelu 12.1.2024.)

Sisustusosastoa materiaalinkäsittely koskee vain jos asuintiloissa on teknisiä tiloja tai tilaaja vaatii sisällyttämään raporttiin esimerkiksi pyykinpesukoneiden tai vastaavien laitteiden materiaalinkäsittelyn (Nummilahti, J., haastattelu 10.1.2024).

5 Suunnittelun haasteita

Offshore- projekteista puuttuu toisinaan tekninen erittely, missä tilaaja olisi määritellyt vaatimuksensa ja säännöt, joiden mukaan alus tulisi suunnitella. Teknisen erittelyn puuttuminen mutkistaa asioita, sen toimiessa kirjallisena sopimuksena rakennuttajan ja tilaajan välillä. Tällaiset projektit ovat alttiita muutoksille, koska asioista ei ole kirjallisesti sovittu etukäteen. (Nummilahti, J., haastattelu 10.1.2024.) Muutokset hankaloittavat suunnittelijan työtä ja niiden ollessa suuria, suunnittelu voi mennä suurilta osin uusiksi, joka aiheuttaa lisäkustannuksia ja viivästyksiä. Materiaalinkäsittelysuunnitelma on tehty vain aluksen operointia varten, mutta monet varustamot yrittävät laajentaa sen koskemaan myös rakennus- ja asennusvaiheita. Esimerkiksi laivan kiinteät kiinnitysjärjestelmät aiheuttavat päänvaivaa. Kiinnityskettinkien asennusvaiheessa niitä joudutaan esikiristämään ja ylimääräinen kettinki pitäisi saada varastoitua kannelle. Kettingin painaessa 300 kg/metri, kymmenenkin metriä painaa jo 3 tonnia ja kettinkejä ollessa useampi, ne vievät kohtuuttomasti tilaa sekä saattavat painaa enemmän kuin kansi on mitoitettu kestämään. Tämän lisäksi niille pitäisi olla jokin siirtelyväline, jota normaalissa aluksen operoinnissa ei tarvita. (Nummilahti, J., haastattelu 10.1.2024.) Projektin myyntivaiheessa pitäisi jo määrittää suunnittelun laajuus ja sisältö sekä sopia siitä mieluiten kirjallisesti.

Projektin aikana ylläpidetään laitelistaa, johon merkitään laitteiden painot ja sijainnit. Lista on kuitenkin merkitty koko laitteen paino, mutta materiaalinkäsittelysuunnitelmaan tulisi määritellä raskain nosto, toisin sanoen pitäisi tietää raskaimmat huollettavat/vaihdettavat koneenosat. Tarjouskilpailun vuoksi, laitteiden hankkiminen saattaa venyä ja tarkkaa tietoa osista ei ole saatavilla ajoissa, jolloin suunnittelijan vaihtoehdoksi jää painon arvioiminen.

Dokumentin teon aikana ilmeneviä turhia käytäntöjä on 2D- piirustukseen merkittävät pelastautumisvälineiden nostovälineet ja raporttiin kirjattava nostoarvio. Suunnittelun kannalta olisi sujuvampaa, jos dokumentista jätettäisiin materiaalinkäsittelyn kannalta epärelevantit asiat pois. Mitä nostojen määrän

arviointiin tulee, varustamoilla on todennäköisesti nostojen määrästä parempaa tietoa kuin suunnittelijalla.

Materiaalinkäsittelysuunnitelmaan on kerätty tietoa monesta eri dokumentista ja päällekkäinen dokumentointi ei olisi suotavaa. Samojen asioiden sisällyttäminen useampaan dokumenttiin saattaa aiheuttaa tietojen eriytymistä, johtuen dokumenttien erilaisista elinkaarista tai inhimillisistä erehdyksistä, joita dokumentteja päivittäessä sattuu (Nummilahti, J., haastattelu 10.1.2024). Jos esimerkiksi nosturin nostokapasiteetti muuttuu, täytyy tieto päivittää moneen eri dokumenttiin. Offshore-toiminnan jäykkä byrokratia vaatii samojen asioiden kirjaamista moneen eri dokumenttiin, mikä saattaa turvallisuuden parantamisen sijaan huonontaa sitä. Paras vaihtoehto olisi, että samaa tietoa ei dokumentoitaisi moneen kertaan.

Kansainvälisten, yhtenäisten sääntöjen puuttuminen tai nojaaminen vain yhteen standardiin aiheuttaa suunnitteluun myös omat epävarmuutensa.

Materiaalinkäsittelyn ollessa keskeinen osa offshore- aluksen toiminnassa pysymistä, on hämmästyttävää, että kansainvälistä ohjeistusta ei ole vielä säädetty. Toisaalta taas NORSOK- standardit ovat maailmalla arvostettuja ja jos muuta tietoa ei ole, standardin käyttäminen suunnittelun ohjenuorana on hyvä ja perusteltu ratkaisu.

Suunnittelussa esiintyvät haasteet ovat rakenteellisia, eikä niihin välttämättä ole yksittäisen suunnittelutoimiston toimesta ratkaisuja. Niiden olemassaolo on kuitenkin hyvä tiedostaa. Öljy- ja kaasu- yhtiöiden byrokratian määrä on valtava, yritysten pelätessä ihmishenkiä vaativia tai ympäristöä huomattavasti vahingoittavia onnettomuuksia sekä niistä aiheutuvia taloudellisia tappioita ja mainehaittaa. Offshore- teollisuudessa liikkuvat miljardit, joten suunnittelutoimistot ovat siinä meressä vain pieniä kaloja.

6 Yhteenveto

Tavoitteena oli perehtyä materiaalinkäsittelysuunnitelmaan ja saada aikaiseksi yhtenäinen, hyvä ohjenuora suunnittelijoille. Opinnäytetyön tarkoitus on antaa kokonaiskuva materiaalinkäsittelysuunnitelman tekemisestä myös sellaiselle suunnittelijalle, joka ei ole aiemmin aiheeseen törmännyt. Tavoitteena oli pitää asia yksinkertaisena ja käsitellä eri aihealueita vain opinnäytetyön aiheen vaatimalla laajuudella. Aiheesta ei ole paljon suomenkielisiä julkaisuja ja raportissa esiintyvien suomennoksien perään on sulkuihin merkitty englanninkielinen termi epäselvyyksien välttämiseksi. Esimerkkikuvia ja -taulukoita on käytetty selkeyttämään kirjoitettua tekstiä.

Offshore-toiminnan toimintaperiaate esiteltiin yleisellä tasolla kokonaiskuvan luomiseksi. Rajauksina olivat FPSO:n prosessialue ja turretti, sillä niiden suunnittelu ei kuulu toimeksiantajan tarjoamiin palveluihin. Prosessialue mainittiin opinnäytetyössä vain ohimennen, selventämään eroa FPSO:n ja FSO:n välillä. Turrettikiinnitystä käsiteltiin hieman enemmän, tarkoituksena luoda näkemys FPSO- ja FSO-systeemeistä.

Materiaalinkäsittelyyn läheisesti sidoksissa oleva NORSOK-R-002-standardi esiteltiin laajemmin, muut huomioitavat säännöt ja standardit ovat projektikohtaisia, joten niihin ei perehdytty tarkasti. Norja ja Iso-Britannia ovat tunnettuja ja arvostettuja öljymaita, joten niiden luokituslaitoksien säännöt sekä Iso-Britannian kansalliset säännökset otettiin esille, lähinnä osoittamaan standardoinnin puutteellisuutta materiaalinkäsittelyn kannalta. Etsimisestä huolimatta, aiheesta ei löytynyt muita standardeja kuin NORSOK- R- 002. Liitetiedostoksi on lisätty NORSOK- standardit (Liite 1) ja ne ovat vain pintaraapaisu standardeista mitä offshoreen liittyy. Mikään olemassa olevista standardeista ei kuitenkaan ota kantaa materiaalinkäsittelyyn samalla tavalla kuin NORSOK-R-002.

Lopputuloksena saatiin yleispätevä suunnitteluohje, jokaisessa projektissa on kuitenkin omat erikoisuutensa ja haasteensa. Materiaalinkäsittelysuunnitelma on paras toteuttaa NORSOK-R-002-standardin pohjalta. Suunnitteluprosessissa

tulisi huomioida opinnäytetyössä mainitut, materiaalinkäsittelyyn olennaisesti vaikuttavat aihealueet. Materiaalinkäsittelysuunnitelman sisältöön on otettu kantaa yleisellä tasolla ja lähtökohtaisesti suunnitelma pitää sisällään opinnäytetyössä mainitut asiat. Raportti ja 2D- piirustus ovat esitelty laajemmin kuin 3D-malli, sillä se on tyypillisempi tapa materiaalinkäsittelysuunnitelman toteuttamiseen. 3D-malli toimii tyypillisesti varmenteena, joka toteutetaan 2D-piirustusten pohjalta. Raporttiosiossa on esitetty raportin mahdollinen sisältö ja toteutustavat. 2D-piirustusosiossa on käsitelty materiaalinkäsittelysuunnitelman luomisen työvaiheita, mitoitusta ja suunnittelussa huomioitavia tärkeitä seikkoja. Raportti- ja 2D-piirustusosioita voidaan pitää suoranaيسina suunnitteluohjeina. Vaikutus muuhun suunnittelun tuotiin esille, tarkoituksena korostaa materiaalinkäsittelyn olevan osa suurempaa kokonaisuutta ja myös sen huomioon ottamista suunnittelua toteuttaessa. Opinnäytetyöhön on myös koottu suunnittelun aikana ilmeneviä erinäisiä haasteita, sekä pohdittu niiden syitä ja mahdollisia ratkaisuja.

Jatkossa, opinnäytetyön pohjalta voisi kehittää valmiin materiaalinkäsittelysuunnitelman raporttipohjan, joka perustuu NORSOK-R-002-standardiin. Olisi mielenkiintoista myös tutkia syitä, mitkä johtavat kansainvälisen standardoinnin puutteeseen aiheen tiimoilta. Suunnitteluun liittyviä haasteita ja niiden ratkaisemista voisi niin ikään tutkia yhden opinnäytetyön verran.

Eräs mielenkiintoinen tutkimuskohde olisi myös turvallisuuden toteutuvuus aluksen operointivaiheessa. Olisi mielenkiintoista selvittää syitä siihen, miksi suunnittelun määrittämät ohjeistukset sivutetaan ja pahimmassa tapauksessa menetetään ihmishenkiä.

Lähteet

axessgroup. 2022. Material Handling Solutions. Viitattu 10.2.2024. [Material Handling Solutions | Axess Group](#)

Britannica. 2024. petroleum. Viitattu 30.1.2024. [Petroleum - Fossil Fuel, Hydrocarbons, Organic Compounds | Britannica](#)

cathwell. 2024. cathodic protection design for rigs and mobile offshore units. Viitattu 16.1.2024. [Cathodic protection design for rigs and mobile offshore units - Cathwell](#)

Deltamarinin arkisto. 2024. Salassa pidettävä materiaali.

Deltamarin Intranet. 2019. Salassa pidettävä materiaali.

DNVGL- ST-0377. 2018. Shipboard lifting appliances. Maksullinen lataus. Viitattu 10.2.2024. [DNVGL-ST-0377 - Shipboard lifting appliances | GlobalSpec](#)

DNVGL-ST-0378.2016. Standard for offshore and platform lifting appliances. Ladattava pdf. Viitattu 10.2.2024.

[bing.com/ck/a?!&&p=952bf29e11c928d1JmltdHM9MTcwNzUyMzlwMCZpZ3VpZD0xNzUxYjY3My1hNjU0LTU1OWYtMWQ1My1hMjcyYTdkYjY0ZGUmaW5zaWQ9NTE5MQ&pfn=3&ver=2&hsh=3&fclid=1751b673-a654-659f-1d53-a272a7db64de&psq=dnvgl-st-0378&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuY29udHJhY3RzZmluZGVyLnNlcnZpY2UuZ292LnVrL05vdGljZS9BdHRhY2htZW50L2NhYzU4MmRkLTFhNTItNDM5MC05MTlkLTc1Yjk2NzJiMzJiNA&ntb=1](https://www.bing.com/ck/a?!&&p=952bf29e11c928d1JmltdHM9MTcwNzUyMzlwMCZpZ3VpZD0xNzUxYjY3My1hNjU0LTU1OWYtMWQ1My1hMjcyYTdkYjY0ZGUmaW5zaWQ9NTE5MQ&pfn=3&ver=2&hsh=3&fclid=1751b673-a654-659f-1d53-a272a7db64de&psq=dnvgl-st-0378&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuY29udHJhY3RzZmluZGVyLnNlcnZpY2UuZ292LnVrL05vdGljZS9BdHRhY2htZW50L2NhYzU4MmRkLTFhNTItNDM5MC05MTlkLTc1Yjk2NzJiMzJiNA&ntb=1)

Ex Machinery. 2022. What are ATEX Zones and Equipment Categories? Viitattu 11.1.2024. https://ex-machinery.com/overview-atex-zones-and-equipment/#CHART_ATEX_Zones_Equipment_Categories_and_Markings

GMC Marine Partner AS.2022. Lifting, Transport & Weighing Equipment. Ladattava pdf. Viitattu 10.1.2024. [gmc.no](https://www.gmc.no)

Hoist UK. n.d. Stainless Steel Swivel Davit Crane. Viitattu 31.1.2024. [Verlinde Portable Aluminium Davit Crane for Water Treatment Operations \(hoistuk.com\)](https://www.verlinde.com/Portable-Aluminium-Davit-Crane-for-Water-Treatment-Operations)

IMCA.2003. Fatality: Fall from rig of a container. Viitattu 11.2.2024. <https://www.imca-int.com/safety-events/fatality-fall-from-rig-of-a-container/>

IMCA.2020. Lifting basket with unsecured cargo which fell out. Viitattu 11.2.2024. <https://www.imca-int.com/safety-events/lifting-basket-with-unsecured-cargo-which-fell-out/>

IMCA.2024.Safety Flashes. Viitattu 11.2.2024. <https://www.imca-int.com/safety-flashes/>

LMC.2024. Deep water offloading buoys. Viitattu 17.1.2024 [Deep Water Offloading Buoys - London Marine Consultants](#)

MacGregor. 2023. Offloading system. Viitattu 17.1.2024 [Offloading system - MacGregor.com](#)

Ma, K.; Luo, Y.; Kwan, T. & Wu, Y.2019.Mooring System Engineering for Offshore Structures.Amsterdam:Elsevier Inc.

MODEC.n.d. FPSO/FSO. Viitattu 8.1.2024. <https://www.modec.com/business/floater/fpso/>

MODU code. 2.12.2009/ A.1023 (26). Ladattava pdf. Viitattu 18.1.2024. <https://www.dco.uscg.mil/Portals/9/OCSNCOE/References/IMO/MODU-Codes/2009/2009-MODU-Code-2020Ed-Rev2022.09.07.pdf?ver=AfgyJPF8h6LW1T9Nb80S9w%3D%3D>

NORSOK-R-002. 2011. Lifting Equipment. Oslo: Standards Norway. Ilmaisversio saatavilla. [NORSOK STANDARD R-002 Draft Edition 2, June Lifting equipment WARNING - PDF Free Download \(docplayer.net\)](#)

Noutio, J.2024. Suullinen haastattelu. Deltamarin, Design Engineer, Hull Discipline. Jaana Noutiota haastatteli 12.1.2024 Eliisa Mäntynen

Nummilahti, J.2024. Suullinen haastattelu. Deltamarin, Deputy Department Manager, Outfitting Discipline. Jaakko Nummilahtea haastatteli 10.1.2024 Eliisa Mäntynen

odfjell technology. 2015. The NORSOK- R- 002 standard? Sorry, what was that again? Viitattu 15.1.2024 <https://www.odfjelltechnology.com/activity/the-norsok-r-002-standard-sorry-what-was-that-again/>

Oil&Gas Business Dot Com.2020a. Offshore Product – FPSO. Viitattu 25.1.2024. [Offshore Product – FPSO – Oil & Gas Bussiness Dot Com \(oil-gasbusiness.com\)](https://oil-gasbusiness.com)

Oil&Gas Business Dot Com.2020b. What is FPSO? Viitattu 8.1.2024. [https://oil-gasbusiness.com/blog/2020/07/28/what-is-fpso/](https://oil-gasbusiness.com/blog/2020/07/28/what-is-fps/)

Safety4sea. 2020. How IMO OSV Chemical Code affects US offshore supply vessels. Viitattu. 12.1.2024. <https://safety4sea.com/how-imo-osv-chemical-code-affects-us-offshore-supply-vessels/>

SBM. 2019. Fast4Ward. Ladattava pdf. Viitattu 31.1.2024. <https://www.bing.com/ck/a?!&&p=8237d26fedeb688eJmItdHM9MTcwNjU3MjgwMCZpZ3VpZD0xNzUxYjY3My1hNjU0LTY1OWYtMWQ1My1hMjcyYTdkYjY0ZGUmaw5zaWQ9NTE5OA&ptn=3&ver=2&hsh=3&fclid=1751b673-a654-659f-1d53-a272a7db64de&psq=fast4ward+brochure&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuc2Jtb2Zmc2hvcmUuY29tL3NpdGVzL3NibS1vZmZzaG9yZS9maWxicy9zYm0tb2Zmc2hvcmlUvbmV3c3Jvb20vcHJlc3Mta2l0L3BkZi9zZXB0LTlwMTktZmFzdDR3YXJkLWJyb2NodXJlLnBkZg&ntb=1>

Sofec.n.d. Mooring Systems. Viitattu 9.1.2024. <https://www.sofec.com/mooring-systems/>

Sofec. 2001. A Comparison Between Turret and Spread Moored F(P)SO for Deepwater Field Deveploments. Ladattava pdf. Viitattu 15.1.2024. <https://www.bing.com/search?q=comparison+spread+mooring+and+turret+mooring&qs=n&form=QBRE&sp=-1&ghc=1&lq=0&pq=comparison+spread+mooring+and+turret+mooring&sc=8-44&sk=&cvid=FBFE8F8FD6E9>

Standard Norge. 2024. Ladattava pdf. Viitattu 15.1.2024. [Petroleum / NORSOK \(standard.no\)](https://standard.no)

STS.2018. 25T Stressing Jack. Viitattu 15.1.2024. [25T Stressing Jack - STS Systems](https://www.sts.com/25T-Stressing-Jack-STS-Systems)

Suomi, A.2024. Suullinen haastattelu. Deltamarin, Deputy Department Manager, Machinery Discipline. Ari Suomea haastatteli 12.1.2024 Eliisa Mäntynen

Lloyd's Register. 2024. Lloyd's Register Rules. Vaatii kirjautumisen. Viitattu 10.2.2024. [OneOcean](#)

Supermec. 2017. What is ATEX and IECEx certifications? Viitattu 11.1.2024 <https://www.supermec.com/sg/blog/2017/04/05/what-is-atex-and-iecex-certification>

themalaysianengineering.com. 2020. Floating Production System – FPSO. Viitattu 16.1.2024. [Floating Production System – FPSO – themalaysiaengineering.com](#)

NORSOK Standards for use in the oil and gas industry

M-001 Materials selection
M-004 Piping and equipment insulation
M-101 Structural steel fabrication
M-102 Structural aluminium fabrication
M-120 Material data sheets for structural steel
M-121 Aluminium structural material
M-122 Cast structural steel
M-123 Forged structural steel
M-501 Surface preparation and protective coating
M-503 Cathodic protection
M-506 CO2 corrosion rate calculation model
M-601 Welding and inspection of piping
M-630 Material data sheets and element data sheets for piping

P-002 Process system design
R-001 Mechanical equipment
R-002 Lifting equipment
R-003 Safe use of lifting equipment
I-001 Field instrumentation
I-002 Safety and automation system (SAS)
L-001 Piping and valves
L-002 Piping system layout, design and structural analysis
L-003 Piping details
L-004 Piping fabrication, installation, flushing and testing
L-005 Compact flanged connections
H-002 Sanitary systems
H-003 Heating, ventilation and air conditioning (HVAC)

S-001 Technical safety
S-002 Working environment
S-003 Environmental care
T-101 Telecom systems
T-003 Telecom systems for mobile offshore units
E-001 Electrical systems
C-001 Living quarters area
C-002 Architectural components and equipment
C-004 Helicopter decks on offshore installations

N-001 Integrity of offshore structures
N-003 Actions and action effects
N-004 Design of offshore structures
N-005 In-service integrity management of structures and marine systems
N-006 Assessment of structural integrity for existing offshore load-bearing structures

M-650 Qualification of manufacturers of special materials
M-710 Qualification of non-metallic sealing materials and manufacturers
WA-S-006 HSEQ evaluation of suppliers and HSEQ requirements in contract
R-005 Safe use of lifting and transport equipment in onshore petroleum plants

U-001 Subsea production systems
U-009 Life extension for subsea systems
U-100 Manned underwater operations
U-101 Diving respiratory equipment
U-102 Remotely operated vehicle (ROV) services
U-103 Petroleum related manned underwater operations inshore

Y-002 Life extension for transportation systems

Z-001 Documentation for operation (DFO)
Z-CR-002 Component identification system
Z-DP-002 Coding system
Z-003 Technical information flow requirements
Z-004 CAD symbol libraries
Z-005 2D-CAD drawing standard
Z-006 Preservation
Z-007 Mechanical completion and commissioning
Z-008 Risk based maintenance and consequence classification
Z-013 Risk and emergency preparedness assessment
Z-015 Temporary equipment
Z-018 Supplier's documentation of equipment

I-106 Fiscal metering systems for hydrocarbon liquid and gas

D-001 Drilling facilities
D-002 Well intervention equipment
D-007 Well testing systems
D-010 Well integrity in drilling and well operations