



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

ELMERI PERTTULA

Alusten erilaisten kiinnitystapojen hyödyt ja haitat

MERIKAPTEENIN TUTKINTO-OHJELMA
2024

TIIVISTELMÄ

Perttula Elmeri: Alusten erilaisten kiinnitystapojen hyödyt ja haitat
Opinnäytetyö, AMK
Merenkulku, merikapteeni (AMK)
Huhtikuu 2024
Sivumäärä: 33

Opinnäytetyössä tarkastellaan alusten erilaisia kiinnitystapoja hyötyjen ja haittojen näkökulmasta. Työssä selvitetään eri kiinnitysmenetelmien käytännön sovellutuksia ja vertaillaan niiden vaikutuksia aluksen turvallisuuteen sekä tehokkuuteen satama operaatioiden aikana. Lisäksi tutkimuksessa pyritään tunnistamaan mahdollisia säästöjä tai tehokkuuden parannuksia eri menetelmien välillä.

Tutkimuksessani keskityn alusten erilaisiin kiinnitystapoihin ja niiden hyötyihin sekä haittoihin. Tekijä valitsi tämän aiheen, koska se on paitsi ajankohtainen, myös liittyy vahvasti omiin aiempiin kokemuksiin alusten kiinnitysjärjestelmien parissa.

Opinnäytetyö rakentuu kolmesta pääosasta, jotka ovat aluksen kiinnitys yleisesti, perinteinen köysikiinnitys ja automaattiset kiinnitysjärjestelmät. Aluksen kiinnitys on tärkeä osa sen operointia satamassa, ja erilaiset kiinnitystavat voivat vaikuttaa sekä aluksen turvallisuuteen että sataman tehokkuuteen.

Avainsanat: Aluksen kiinnitys, satama, laituri, köydet, automaattinen kiinnitysjärjestelmä.

ABSTRACT

Perttula Elmeri: Advantages and disadvantages of different methods of mooring ships

Bachelor's thesis

Sea Captain

April 2024

Number of pages: 33

The thesis examines the different ways of mooring vessels from the point of view of benefits and disadvantages. The work examines the applications of the various mooring methods and compares their effects on the safety and effectiveness of the ship during port operations. In addition, the study aims to identify potential savings or efficiency improvements between different mooring systems.

In my research, I focus on the different ways of mooring vessels and their benefits and harms. The author chose this topic because it is not only topical, but also strongly related to his own previous experience with ship mooring systems.

The thesis consists of three main parts, which are vessel mooring in general, traditional rope mooring and automatic mooring systems. A ship's mooring is an important part of its operation in a port, and different mooring methods can affect both the safety of the ship and the efficiency of the port.

Keywords: Ship mooring, port, pier, ropes, automatic mooring system.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 TUTKIMUS.....	7
2.1 Tutkimusmenetelmä	7
2.2 Aiheen valinta	7
2.3 Tutkimuksen rajaus	7
3 ALUKSEN KIINNITYS.....	8
3.1 Mikä on alus?	8
3.2 Miksi alukset pitää kiinnittää satamissa?	8
3.3 Mikä on satama?	8
4 PERINTEINEN KÖYSIKIINNITYS	9
4.1 Kiinnitysköydet yleisesti.....	9
4.1.1 Kiinnitysköysien materiaalit.....	12
4.1.2 Aluksen kiinnitysvinssi	14
4.2 Aluksen kiinnitys köysillä	16
4.3 Aluksen irrotus köysillä	16
4.4 Köysikiinnityksen haitat	16
5 AUTOMAATTISET KIINNITYSJÄRJESTELMÄT	18
5.1 Automaattisen kiinnitysjärjestelmän toimintaperiaate	18
5.2 Automaattisen kiinnitysjärjestelmän hyödyt	18
5.3 Automaattisen kiinnitysjärjestelmän haitat.....	21
5.4 Montako automaattista kiinnitysjärjestelmää on tänä päivänä?	22
5.4.1 MoorMaster Cavotecilta	22
5.4.2 AutoMoor Trelleborgilta	25
5.4.3 Ship to Ship kiinnitysjärjestelmä AMS:ilta	26
5.4.4 Köydenpoimintarobotti AMS:ilta.....	27
5.4.5 Robottikäsi MacGregor	28
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	29
LÄHTEET.....	31

TERMISTÖ- JA LYHENNELUETTELO

Lossaus	Purkaa lastia.
Pollari	Aluksen kannelle tai satamalaiturille pystytetty lyhyt pylväs, johon kiinnitysköydet kiinnitetään.
Klyyssi	Vaijerin tai köyden läpivientisilmäke tai ohjain.
Keulaspringi	Keulasta taaksepäin laituriin lähtevä köysi.
Peräspringi	Perästä eteenpäin laiturille lähtevä kiinnitysköysi.
Kastliina	Eli heittoköysi on ohut, heitettäväksi tarkoitettu yleensä noin 8-15mm paksu köysi, jonka päässä on heittämistä ja heiton suuntaamista helpottava esine tai solmu painona.
Fendari	Aluksen ja laiturin välissä pidettävä hankaussuoja.

1 JOHDANTO

Alusten kiinnitystavat ovat olennainen osa merenkulkuteollisuutta, joka vaikuttaa suoraan alusten turvallisuuteen, tehokkuuteen ja toimintaan. Aluksen oikeanlainen kiinnittäminen satamaan tai laituriin on ratkaisevan tärkeää, sillä se varmistaa lastin turvallisen käsittelyn ja matkustajien turvallisuuden. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia erilaisten kiinnitystapojen, kuten köysien ja automaattisten kiinnitystapojen käyttöä alusten kiinnittämisessä sekä niiden hyötyjä ja haittoja.

Alusten ja satamien määrä kasvaa vastaamaan kuljetustarpeeseen ja lisääntyvään kiinnitystarpeeseen. Tuhansien vuosien ajan alukset kiinnitettiin ihmis käsillä köysien avulla. Tämä perinteinen kiinnitysmenetelmä ei ole vain tehoton, vaan myös vaarallinen. Alusten kokoluokan jatkuvan kasvun ja älykkäiden alusten kehitystrendin myötä perinteisestä köysikiinnitysmenetelmästä on tulossa entistä vaikeampaa ja aikaa vievää. (Kaicheng, Shengdong, Jungkeun & Dae-Won, 2022)

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan erilaisia kiinnitystapoja niiden teknisten ominaisuuksien, käytännön soveltuvuuden ja kustannusten näkökulmasta. Lisäksi arvioidaan näiden kiinnitystapojen etuja ja haittoja erilaisissa käyttöympäristöissä.

2 TUTKIMUS

2.1 Tutkimusmenetelmä

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmä laadullinen eli kvalitatiivinen. Kvalitatiivisessa tutkimusmenetelmässä kuvataan todellista elämää ja sillä tavoitellaan asian tai ilmiön ymmärtämistä ja selittämistä. Tiedon ja aineiston keruu tapahtuu usein kyselemällä ja havainnoimalla. (Hirsijärvi, Remes & Sajavaara, 2009, s. 160-161, 164)

2.2 Aiheen valinta

Tekijän työskennellessä aluksella heräsi mielenkiinto erilaisten kiinnitystapojen hyötyihin ja haittoihin. Huomasin merkittäviä eroja satamaan kiinnittymis- ja lähtöprosesseissa, kun vertailin perinteistä köysiin perustuvaa kiinnitysmenetelmää ja automaattista kiinnitysjärjestelmää.

Kokemukseni ovat tuoneet esiin monia haasteita ja mahdollisuuksia erilaisten kiinnitystapojen käytössä eri tilanteissa. Turvallisuuden osalta on huomattava, miten erilaiset menetelmät vaikuttavat aluksen kiinnityksen mahdollisiin riskeihin. Taloudellisuuden näkökulmasta on mielenkiintoista arvioida, kuinka eri kiinnitystavat voivat vaikuttaa operatiivisiin kustannuksiin ja aikatauluihin. Lisäksi ympäristöystävällisyyden huomioiminen korostuu nykypäivänä entistä enemmän.

2.3 Tutkimuksen rajaus

Rajaan tämän opinnäytetyön keskittymään pääasiassa perinteiseen köysikiinnitykseen ja erilaisiin automaattisiin kiinnitysjärjestelmiin, koska ne ovat hyvin vertailtavissa. Muita kiinnitysratkaisuja ovat esimerkiksi poijukiinnitys, dynaaminen paikallaanpito järjestelmä ja ankkurointi, mutta kyseisiä kiinnitystapoja käytetään lähtökohtaisesti avomeriolosuhteissa eikä satamissa, joten niitä en tähän työhön sisällytä.

3 ALUKSEN KIINNITYS

3.1 Mikä on alus?

Alus on suuri vesikulkuneuvo, joka on suunniteltu kuljettamaan rahtia, tavaroita ja matkustajia valtamerien ja navigoitavien vesiväylien yli. Nämä alukset muodostavat maailmanlaajuisen kaupan selkärangan, varmistaen sujuvan ja tehokkaan tavaroiden liikkumisen ja edistäen kansainvälistä kauppaa. (Cargoflip Inc, 2023)

3.2 Miksi alukset pitää kiinnittää satamissa?

Laivat on kiinnitettävä tukevasti kaikenlaisten satamaoperaatioiden suorittamista varten, kuten lastin lastaus/purkaminen, tankkaus, painolastin lisääminen/painolastin poistaminen, alukseen nousu/poistuminen, huolto, korjaus ja usein odottaminen reitin aikataulun tai työvoiman saatavuuden takia. (Subhdeep. G, 2022)

3.3 Mikä on satama?

Satama on laivojen pysähdyspaikka meren, joen tai järven rannikolla. Laivat pysähtyvät satamiin lastaamaan ja purkamaan rahtiaan ja matkustajiaan. (National Geographic Society, 2024, kohta Port)

Rahtisatamat ovat tärkeitä kaupallisia keskuksia, joissa vesi- ja maaliikenne kohtaavat. Monet tavarat, kuten autot, öljy, rauta ja teräs, ovat liian raskaita tai hankalia kuljetettavaksi pitkiä matkoja lentokoneella, junalla tai kuorma-autolla. Junat voivat kuljettaa tällaisia tavaroita satamaan, jossa ne lastataan alukseen. Aluksella tavarat kulkevat ympäri maailmaa. (National Geographic Society, 2024, kohta Cargo Ports)



Kuva 1. Ilmakuva Vuosaaren satamasta. (Logistiikan maailma, 2024)

4 PERINTEINEN KÖYSIKIINNITYS

Kiinnitysköysien päätehtävä on pitää laiva kiinni laiturissa tuulen ja virran tai muiden voimien vaikutuksilta (Brian Boyce, 2007). Perinteinen kiinnitys suoritetaan kiinnittämällä aluksen kiinnitysköydet laiturin pollareihin. Suurimmat rahtialuksen voivat vaatia yli tusinan kiinnitysköysiä kiinnittyäkseen. Pienemmät alukset voidaan yleensä kiinnittää neljästä kuuteen kiinnitysköyteen. (Bellingmo & Jørgensen, 2022, s. 6-7).

4.1 Kiinnitysköydet yleisesti

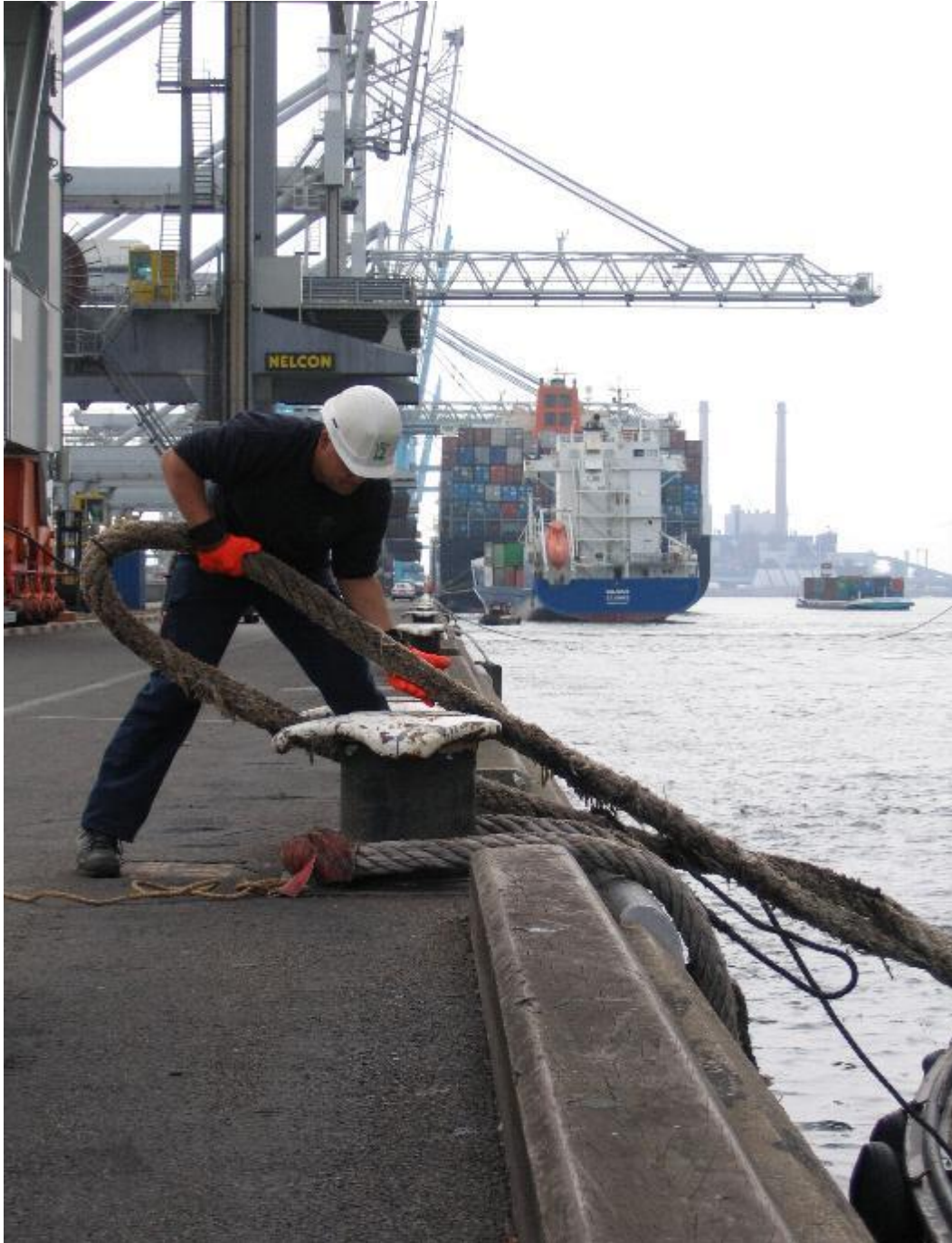
”Köydet (tai kaapelit), joita käytetään aluksen kiinnittämiseen laiturissa. Kiinnitysköydet tulee sijoittaa mahdollisimman symmetrisesti aluksen keskipisteen ympärille. (Wärtsilä, 2024)

Poikittaisköydet – Kiinnitysköydet, jotka johtavat maihin mahdollisimman koh-tisuorassa aluksen keula- ja peräviivaan nähden. Bresti köydet hillitsevät aluk-sen suuntaa (pois laiturista). (Wärtsilä, 2024)

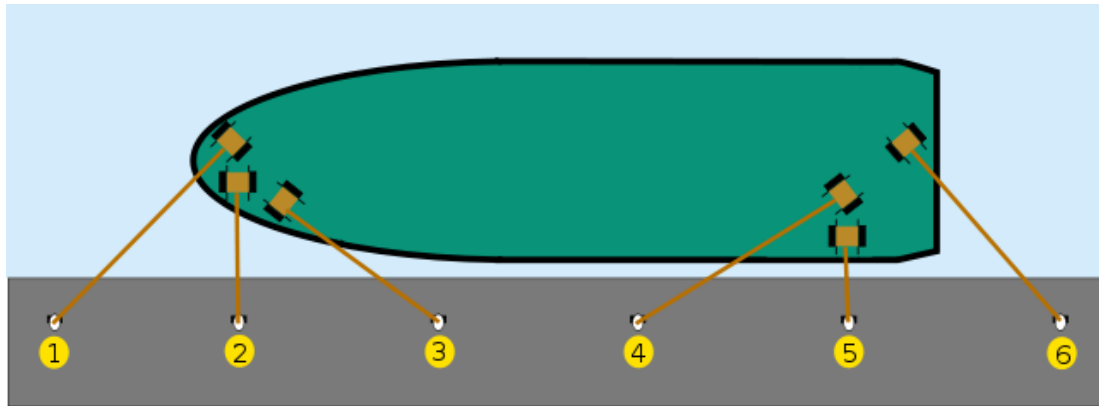
Keulaköydet – Kiinnitysköydet, jotka johtavat maihin aluksen perä- tai etu-päästä, usein noin 45 asteen kulmassa keula- ja takalinjaan nähden. (Wärtsilä, 2024)

Springit – Lähes keulaan ja perään johtavat kiinnitysköydet, joiden tarkoituk-sena on estää laivan pituussuuntainen liike laiturissa. Springi köydet rajoittavat alusta kahteen suuntaan: Keula springit estävät aluksen eteempäin liikehdin-nän ja perä springi aluksen liikehdinnän taaksepäin. (Wärtsilä, 2024)

Peräköydet – Kiinnitysköydet, jotka johtavat maihin laivan peräpäästä, usein noin 45 asteen kulmassa keula- ja peräviivaan nähden. (Wärtsilä, 2024)



Kuva 2. Satamatyöntekijä kiinnittämässä aluksen kiinnitysköysiä laiturilla sijaitsevaan pollariin. (Wikipedia, 2024)



Kuva 3. Aluksen tyypillinen kiinnitysjärjestely. (Wikipedia, 2024)

Numero	Nimi	Käyttötarkoitus
1	Keulaköysi	Pitää aluksen keulan laiturin vastaisesti
2	Keulan poikittaisköysi	Pitää laiturin lähellä
3	Keulaspringi	Estää eteenpäin liikkumisen
4	Peräspringi	Estää taaksepäin liikkumisen
5	Perän poikittaisköysi	Pitää laiturin lähellä
6	Peräköysi	Estää eteenpäin liikkumisen

4.1.1 Kiinnitysköysien materiaalit

1. Polyesteri

Se on kestävin materiaali, jolla on alhainen kitkakerroin. Se tarjoaa hyvän lämmön- ja hankauskestävyyden. Kiinnitysköysien valmistajien polyesteriköydet ovat hyvä valinta, jos tarvitset syklistä kuormitusta ja tarvitset köyden pitkäikäisyyttä. (Shandong Santong Rope Co., Ltd, 2022)

2. Nylon (polyamidi)

Nämä köydet kestävät hyvin hankausta ja korkeita lämpötiloja, ja näillä köydillä saat hyvän joustavuuden. Nämä eivät kuitenkaan ole niin vahvoja, koska ne menettävät 10 % kokonaislujuudesta märkänä. Joten näiden käytössä on oltava varovainen. (Shandong Santong Rope Co., Ltd, 2022)

3. Polypropeeni

Propeeniset kiinnitysköydet ovat elastisuudeltaan samoja kuin polyesteriköydet, mutta niiltä puuttuu muita ominaisuuksia. Se ei ole hyvä sykliisessä kuormituksessa, ja lämpötilan kestävyys on rajoitettu. Joten se voi olla luotettava vain tietyissä käyttöolosuhteissa. (Shandong Santong Rope Co., Ltd, 2022)

4. Korkean moduulin kuidut

Korkeamoduuliset kuidut ovat yhtä vahvoja kuin perinteiset metalliset kiinnityslangat. Samalla vahvuudella nämä eivät paina niin paljon. Joten se tekee niistä parempia ja vahvempia kuin polyesteri, polyamidi ja polypropeeni. (Shandong Santong Rope Co., Ltd, 2022)

5. Aramidikuituja

Aramidikuiduilla on pienempi joustavuus, mutta ne ovat vahvoja. Tämä materiaali hiiltyy korkeissa lämpötiloissa hiipimisen tai sulamisen sijaan. Se on hyvä väsymystä vastaan, mutta altis aksiaaliselle puristukselle. (Shandong Santong Rope Co., Ltd, 2022)

6. LCP (nestekidepolymeeri)

LCP-kuiduilla on suurempi venyvyys ja lujuus, taipuvuusväsymys ja virumisvastus. Näillä kuiduilla on 300 celsiusasteen sulamispiste ja uskomaton kestävyys väsymistä, hankausta ja leikkausta vastaan. LCP-kiinnitysköydet ovat erinomainen valinta pitkäikäiseksi kiinnitysköysimateriaaliksi. (Shandong Santong Rope Co., Ltd, 2022)

7. HMPE (High Modulus Polyethylene)

HMPE-kuiduilla on alhainen venyvyys, mutta niillä on korkea lujuus-painosuhte. Nämä kiinnitysköydet ovat hyviä hankausta ja väsymystä vastaan, mutta 147 celsiusasteen sulamislämpötila on suhteellisen alhaisempi. Jatkuvan työskentelyn enimmäisraja työskenneltäessä on vain 65 celsiusastetta. Nämä köydet kestävät kuitenkin hyvin aksiaalista puristusta ja niillä on alhainen kitkakerroin. (Shandong Santong Rope Co., Ltd, 2022)

4.1.2 Aluksen kiinnitysvinssi

Kiinnitysvinssit kiinnittävät kiinnitysköysien laivan pään, mahdollistavat kiinnitysköyden pituuden säädön ja kompensoivat syväyksen ja vuoroveden muutoksia. (Wärtsilä, 2024)

Vinssit voidaan luokitella niiden ohjaustyyppin (automaattinen tai manuaalinen kiristys), käyttötyypin (Höyry, hydraulinen tai sähköinen), rumpujen tyyppin (jaettu, jakamaton) ja niiden jarrutyyppin ja jarrutussovelluksen mukaan (nauha, levy, mekaaninen ruuvi, jousi käyttöinen). (Wärtsilä, 2024)

Automaattinen kiristysvinssi, itsekiristysvinssi – Vinssit, jotka on suunniteltu kiristämään automaattisesti sisään aina, kun köyden kireys laskee tietyn esiasetetun arvon alapuolelle. Samoin ne löysäävät, jos köyden kireys ylittää ennalta asetetun arvon. Itsekiristävien vinssien käyttöä ei suositella, paitsi jos kiinnitys on 90 astetta aluksen akseliin nähden. (Wärtsilä, 2024)

Manuaalinen kiristysvinssi – Manuaalinen vinssi vaatii aina henkilön käsittelemään säätimiä nostamista tai renderointia varten. (Wärtsilä, 2024)

Jakamaton rumpuvinssi – Jakamattomia rumpuvinsssejä löytyy yleisesti pienemmistä aluksista. Usein on vaikeaa kelata ja varastoida köysi tällaisessa rummussa tyydyttävästi; Kun köysiä käsitellään suoraan rummusta, ulkokerroksen viimeiset kierrokset pureutuvat alempiin kerroksiin jännityksen seurauksena. Tämä voi johtaa mahdollisiin köysivaurioihin ja vaikeuksiin köyttä irrottaessa. Tämän ongelman vähentämiseksi vinssi, jossa on jakamaton rumpu, tulee sijoittaa riittävän kauas läpiviennistä, jotta köyttä voidaan kelata oikein. (Wärtsilä, 2024)

Jaetun rummun kiinnitysvinssi – Vinssi, jonka rumpu on jaettu lovetulla laipalla jännitysosaan ja köyden varasto-osaan. (Wärtsilä, 2024)



Kuva 4. Sähköisesti käytettävä kiinnitysvinssi. (Wärtsilä, 2024)



Kuva 4. Kiinnitysvinssi jaetulla rummulla. (Wärtsilä, 2024)

4.2 Aluksen kiinnitys köysillä

Aluksen ollessa tarpeeksi lähellä laituria heitetään kastliina maihin, ja kaijapalvelija vetää sen avulla ensimmäisen köyden laiturille. Keulasta annetaan springi ja peräköysi. Springi ja peräköysi kiristetään kiinnitysvintturilla, ja tämän jälkeen annetaan seuraavat köydet maihin tilannekohtaisesti joko yksitellen tai pari köyttä kerrallaan. Kun alus on paikoillaan, kiristetään köydet. Jos tarvitaan lisäköysiä, koplataan (kytketään) vinssien nokat toimimaan ja annetaan köydet kastliinalla maihin. Köydet tulevat nokalle pollareiden kautta, millä ne kiristetään. (Piira & Haavisto 2008, s 63)

4.3 Aluksen irrotus köysillä

Irrotus tapahtuu päinvastaisessa järjestyksessä kuin kiinnitys. Jos sää sallii voidaan köysiä singlata (vähentää) ennen lopullista köysien irrottamista. Irrotus aloitetaan käskyllä, joka sisältää tiedon siitä, mitkä köydet irrotetaan ensimmäiseksi. Kun köydet ovat sisällä, ilmoitetaan komentosillalle ja laitetaan köydet sekä muut kiinnityksessä tarvittut välineet paikoilleen. (Piira & Haavisto 2008, s 65)

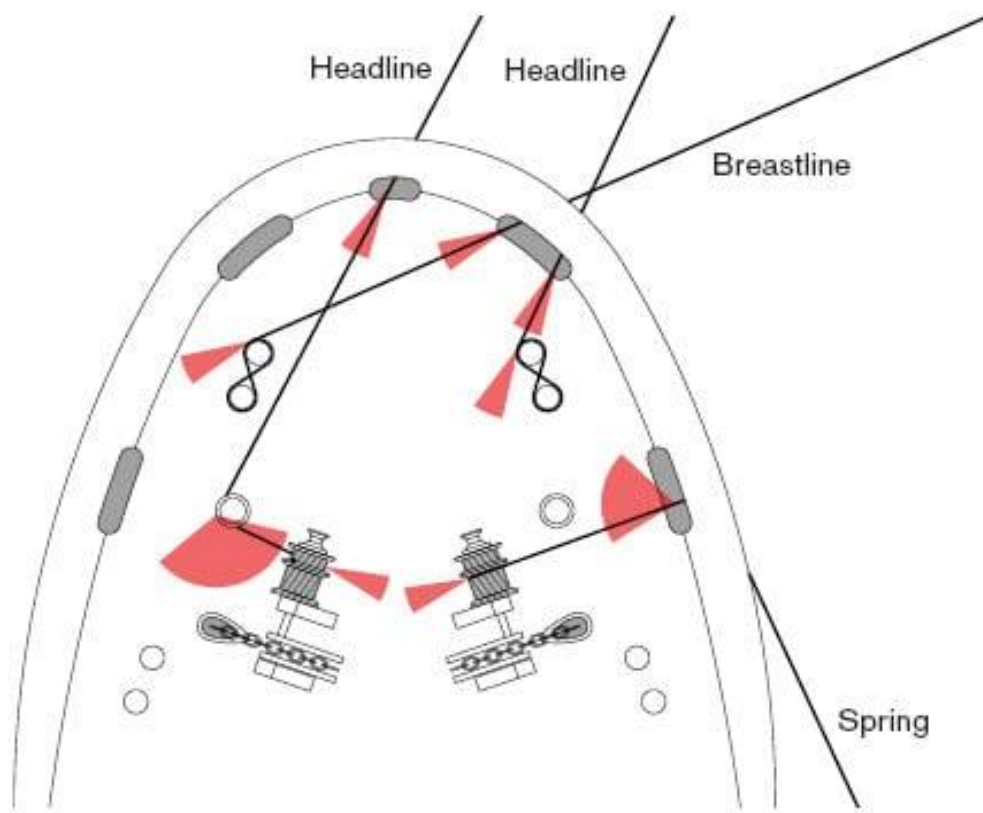
4.4 Köysikiinnityksen haitat

Kiinnitysköysien kuormitusta on tarkastettava jatkuvasti myös kiinnitystoiminnan päätettyä. Jos aluksen syväyksessä tapahtuu muutoksia, köysiä on löysättävä tai kiristettävä vastaavasti. (Karan. C, 2021, kohta 9. Keep a Continuous Check).

Alukseen voi vaikuttaa suuria voimia aallot, tuulet ja virrat. Kiinnitysköysien tulee olla kireällä, jotta alus pysyy vakaasti kiinni laiturissa, mutta samalla välttää suuria jännitteitä köysissä. Epävakaa alus tai suuret aluksen liikkeet voivat

vahingoittaa lastia, alusta, laituria ja aiheuttaa kiinnitysköysien katkeamisen, mikä aiheuttaa suuren vaaran. (Bellingmo & Jørgensen, 2022, s. 6)

Aluksen kiinnitysopeeraatiot pysyvät yhdestä vaarallisimmista tehtävistä mitä miehistö ja satamatyöntekijät tekevät, kiinnitysköysien liikkua jopa 800km/h hetkellisesti köyden katketessa (Wilhelmsen, 2024). Kiinnityksen aikana syntyvät vahingot ovat seitsemän yleisimmän vakuutusvahingon joukossa kertoo UK P&I club. Euroopan satamapäälliköiden komitean tilastot osoittavat, että kaikista rekisteröidyistä kiinnitysvammoista 95 prosenttia johtuu köysistä ja vaijereista, ja 60 prosenttia näistä tapaturmista tapahtuvat kiinnitysopeeraatioiden aikana. Australian meriturvallisuusviranomaisille ilmoitettiin yli 220 kiinnittymiseen liittyvästä vaaratilanteesta vuosina 2010-2014 joista 22 prosenttia johti vammoihin. (DNV AS, 2024)



Kuva 6. Aluksen keula kiinnityskannella sijaitsevat köyden katkeamisvaara alueet. (The Nautical Institute, 2024)

5 AUTOMAATTISET KIINNITYSJÄRJESTELMÄT

5.1 Automaattisen kiinnitysjärjestelmän toimintaperiaate

Automaattinen tyhjiökiinnitysjärjestelmä on innovatiivinen kiinnitysjärjestelmä merialuksille. Järjestelmän toimintaperiaate on seuraava: kun laiva saapuu lähelle laituria, yleensä muutaman metrin, automaattisen kiinnitysjärjestelmän tyhjiöpumppu kytketään päälle. Alus vedetään hitaasti laituriin tyhjiötyynyttä avulla, kunnes kiinnitys on valmis. Laivan kiinnityksen aikana alukseen kohdistuu jatkuva imuvoima alipainetyynyttä. Laivan kiinnittymisen jälkeen automaattisen tyhjiökiinnitysjärjestelmän turvajärjestelmä voi varmistaa jatkuvan imuvoiman laivan ja automaattisen tyhjiökiinnitysjärjestelmän välillä. Vaikka järjestelmästä olisi katkaistu virta, automaattinen kiinnitysjärjestelmä voi taata imuvoiman 2 tunnin ajaksi. Automaattinen tyhjiökiinnitysjärjestelmä voi kompensoida aluksen liikettä reaaliajassa ja säätää automaattisesti aluksen asentoa. Anturit on integroitu tyhjiötyynyttä ja hydraulijärjestelmään antamaan tietoja järjestelmälle. Tyhjiöprosentti ja alukseen vaikuttava imuvoima saadaan alipainetyynyttä olevista sensoreista; aluksen liiketiedot saadaan hydraulijärjestelmän antureista. Kaikki yllä olevat tiedot näkyvät tietokoneella. (Kaicheng, Shengdong, Jungkeun & Dae-Won, 2022, kohta 2.2. Working Principles)

5.2 Automaattisen kiinnitysjärjestelmän hyödyt

Automaattiset kiinnitysjärjestelmät vähentävät päästöjä satamissa huomattavasti. Automaattinen tyhjiö kiinnitys vähentää CO₂ päästöjä liittyen aluksen kiinnitykseen yli 90 prosenttia verrattuna perinteiseen kiinnitykseen, johtuen hinaajien ja koneiden käytön vähentämisestä. (Cavotec, 2021)

Yksi hyöty automaattisessa kiinnitysjärjestelmässä (tyhjiö ja magneettisessa) on, että se on nopeampi kuin perinteinen kiinnitys. Esimerkiksi autolautta voi säästää noin 6 minuuttia ja konttilaiva voi säästää jopa puoli tuntia kiinnityksen aikana automaattisen kiinnitysjärjestelmän avulla (Tolsgaard, 2020). Alukset voivat käyttää säästetyn ajan purjehtimiseen pienemmällä nopeudella, mikä

vähentää käyttökustannuksia ja päästöjä. Satamien osalta lyhentynyt läpime-
noaika lisää käytettävyyttä satamassa ja siten lisää tehokkuutta ja tuloja. (Bel-
lingmo & Jørgensen, 2022, s. 15).

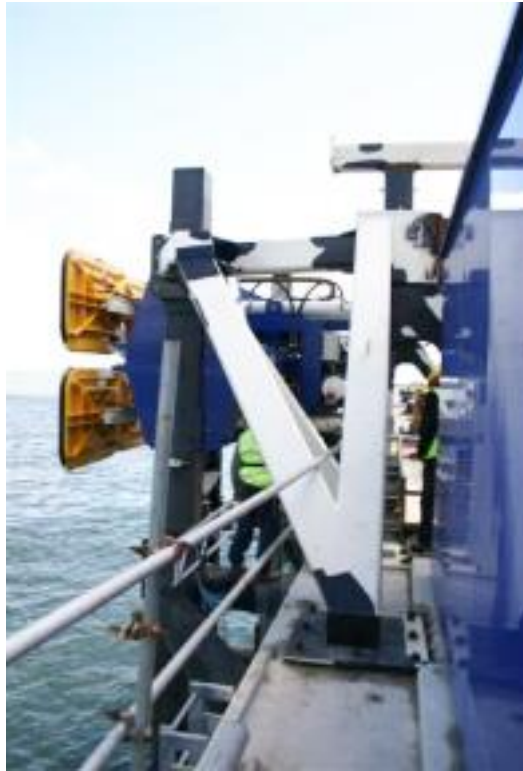
Korkea automaatioaste luo enemmän turvallisuutta. Käyttäjän tarvitsee vain
painaa ohjauspainiketta suorittaakseen automaattisen kiinnitystoiminnon
kauko-ohjausjärjestelmän kautta. Koska tässä toimintatilassa ei ole vaaraa
köysien katkeamisille niin henkilöstön ei tarvitse työskennellä vaarallisilla alu-
eilla, joten tämä automaattinen kiinnitysjärjestelmä voi taata henkilöstölle nolla
tapaturmaa. (Kaicheng, Shengdong, Jungkeun & Dae-Won, 2022, kohta 2.3.
Advantages)

Joissakin satamissa nousuveden ja laskuveden välinen ero voi olla jopa 7,5
metriä, ja laivan syväys voi vaihdella jopa 12 metriä (Cavotec, 2021) lastin las-
taamisen ja purkamisen vuoksi. Automaattiset kiinnitysjärjestelmät voivat mu-
kautua laivan erilaisiin syvyyksiin asentamalla yksiköitä pystysuorilla kiskoilla.
Tämä mahdollistaa yksiköiden liikkumisen sekä laiturin korkeuden ala- että
yläpuolella riippuen aluksen syväydestä ja vuorovedestä. Jos automaattisessa
kiinnitysjärjestelmässä ei ole pystysuoria kiskoja, niin kiinnitysjärjestelmissä on
askelominaisuus, jossa imutyynyt irtoavat yksitellen ja kiinnittyvät uudelleen
uuteen asentoon mukautuakseen vaihteleviin korkeuksiin. (Bellingmo, Jørgen-
sen, 2022, s. 15).

Automaattinen kiinnitysjärjestelmä voi vähentää aluksen liikkeitä kiinnitettynä.
Tämä yksinkertaistaa lastin lastaus- ja purkutehtäviä, koska alus on vakaampi.
(Bellingmo, Jørgensen, 2022, s. 15).

Aluksen asentoa on mahdollista säätää tarkasti sen jälkeen, kun alus on kiin-
nitetty automaattiseen kiinnitysjärjestelmään. Tämä voi olla tärkeää esimer-
kiksi autolautoissa, joiden on asetettava tarkasti laituriin nähden käyttääkseen
laiturille asennettuja henkilökäytäviä tai muita laitteita. (Bellingmo, Jørgensen,
2022, s. 15)

Automaattisen kiinnitysjärjestelmien avulla alus voi ulottua laiturin yli lisäämällä automaattisia kiinnityslaitteita. Näin ollen automaattinen kiinnitys mahdollistaa lyhyempien laitureiden käytön verrattuna perinteiseen kiinnitykseen. (Bellingmo, Jørgensen, 2022, s. 15)



Kuva 7. Kiskoilla liikkuva automaattinen kiinnitysjärjestelmä, joka voi sopeutua aluksen muuttuvaan syvyykseen tai vuoroveden vaihteluun. (Sea Spark Ltd, 2024)



Kuva 8. Esimerkki autonomisen laivan kiinnityspaneelista. (Cavotec, 2024)

5.3 Automaattisen kiinnitysjärjestelmän haitat

Vaikka automaattisella tyhjiökiinnitysjärjestelmällä itsessään ei ole monia rajoituksia, jos alus on kiinnitettävä laituriin, rungon paksuus voi olla ongelma. Kun rungon paksuus on alle 9,8mm, runko voi mahdollisesti vääntyä automaattista tyhjiökiinnitysjärjestelmää käyttäen. Automatisoidun tyhjiökiinnitysjärjestelmän kokonaisvoiman on oltava pienempi kuin fendarin vaikuttava enimmäisvoima. Jos automaattisen tyhjiökiinnitysjärjestelmän voima on suurempi, fendarit voivat vaurioitua tai jopa rikkoutua. (Kaicheng, Shengdong, Jungkeun & Dae-Won, 2022, kohta 2.4. Limits and Risks).

Mitä tapahtuu automatisoiduille kiinnitysjärjestelmille, kun teho katoaa? Tyhjiöjärjestelmässä tyhjiötä ei ole mahdollista vapauttaa, joten tyhjiötyynyt jäävät kiinni runkoon. Varavoima tarvitaan aluksen vapauttamiseen. Automaattisen magneettikiinnitysjärjestelmän tynnyt irrottavat aluksen, jos teho katoaa, mikä

tarkoittaa, että sähköä tarvitaan aina turvallisen kiinnityksen varmistamiseksi. (Bellingmo & Jørgensen, 2022, s. 16)

Automaattisten kiinnitysjärjestelmien haittapuoli on myös se, että ne on asennettu rannan puolelle. Tämä tarkoittaa, että kiinnitysjärjestelmä on asennettava jokaiseen satamaan, jossa alus vierailee. Jotkin laiturit ovat liian pieniä, eikä niissä välttämättä ole sähköä. Tämä haaste voidaan ratkaista kiinnittämällä automaattinen kiinnitysjärjestelmä alukseen. (Bellingmo & Jørgensen, 2022, s. 16)

Automaattiset kiinnitysjärjestelmät ovat monimutkaisia, ja kaikkien osajärjestelmien on toimittava, jotta kokonaisjärjestelmä toimisi kunnolla. Käyttäjät ovat kokeneet useita ongelmia, esimerkiksi alipaineen häviö tyhjiötyynyistä, tyhjiönvapautusongelmat, ohjaussignaali-ongelmat ja järjestelmän vastaamattomuus. Nämä ongelmat voivat johtaa seisokkeihin ja heikentää luottamusta järjestelmään. (Bellingmo & Jørgensen, 2022, s. 16)

5.4 Montako automaattista kiinnitysjärjestelmää on tänä päivänä?

Nykyään kaupallisesti on saatavilla useita järjestelmiä, jotka tarjoavat automatisoitua kiinnitystä. Kiinnitysjärjestelmiä voidaan asentaa rantaan eli maapohjaiseen järjestelmään esimerkiksi laituriin tai itse laivaan perustuva järjestelmä. (Bellingmo & Jørgensen, 2022, s.11)

5.4.1 MoorMaster Cavoteciltä

Automaattinen MoorMaster kiinnitys eliminoi kiinnitysköysien tarpeen automaattisilla tyhjiötyynyillä, jotka kiinnittävät ja vapauttavat alukset sekunneissa napin painalluksella (Cavotec, 2024). Kiinnitysjärjestelmä voidaan asentaa joko laiturin päälle tai sen eteen. Tyhjiötyynyt kiinnittyvät aluksen runkoon.

Tämä kiinnitystapa ei vaadi yhtään kiinnitysköyttä. Automaattinen kiinnitysjärjestelmä on kaukosäätöisesti ohjattavissa, mikä yleensä tarkoittaa etäkäytettävää ohjauspaneelia. Kiinnitysjärjestelmällä on suurin imuvoima 200kN heilunnassa ja 100kN noususuunnassa ja laitteella on 1,5m tartunta etäisyys (Cavotec, 2021). MoorMaster pystyy sopeutumaan erilaisiin syvyyksiin ja vuorovesiin pystysuoralle kiskolle asennettuna tai porrastus ominaisuudella, jossa imutyynyt irtoavat yksitellen ja kiinnittyvät uudelleen uuteen asentoon. Kiinnitysjärjestelmän aktiiviset säätimet vaimentavat aaltoliikettä. Lähes 400 MoorMaster- yksikköä on asennettu maailmanlaajuisesti. (Bellingmo & Jørgensen, 2022, s.11).

MoorMasterin modulaarisen rakenteen ja tyhjiötyynyjen, jotka kiinnittyvät mihin tahansa tasaiseen pintaan, MoorMasteria käytetään laajaan valikoimaan aluksia ja sovelluksia, aluksen koosta ja rakenteesta riippumatta. MoorMaster järjestelmiä käytetään kiinnittämään lauttoja sekä 400 metrin konttialuksia ja irtolastialuksia, joiden pituus on yli 300 metriä. MoorMaster on nopeampi kuin perinteinen köysikiinnitys ja voi lyhentää laivojen läpimenoaikaa. Kiinnitys kestää noin 30 sekuntia ja irrotus kestää noin 15 sekuntia (Cavotec 2024). Matkustaja lautta, joka käyttää automaattista kiinnitysjärjestelmää, kiinnitys- ja irrotusoperaatiot kestävät alle minuutin, kun taas perinteisellä kiinnitystavalla tämä sama operaatio kestää 6-8 minuuttia (Tolsgaard, 2020). Tämä tarkoittaa sitä, että matkustaja lautta voi säästää 5-7 minuuttia, jonka vuoksi aluksen pääkoneet voidaan sammuttaa aikaisemmin ja säästetään CO2 ja NOX päästöissä, kuin myös rahdin ja matkustajien lossauksesta ja lastauksessa. Konttialuksessa, perinteinen kiinnitys ja irroitus voi kestää 30 minuuttia, kun taas automaattisella järjestelmällä kestää alle minuutin, säästäen jopa puolituntia (Tolsgaard, 2020).



Kuva 9. Cavotecin autonominen MoorMaster järjestelmä kiinnitettynä alukseen (Cavotec, 2024).

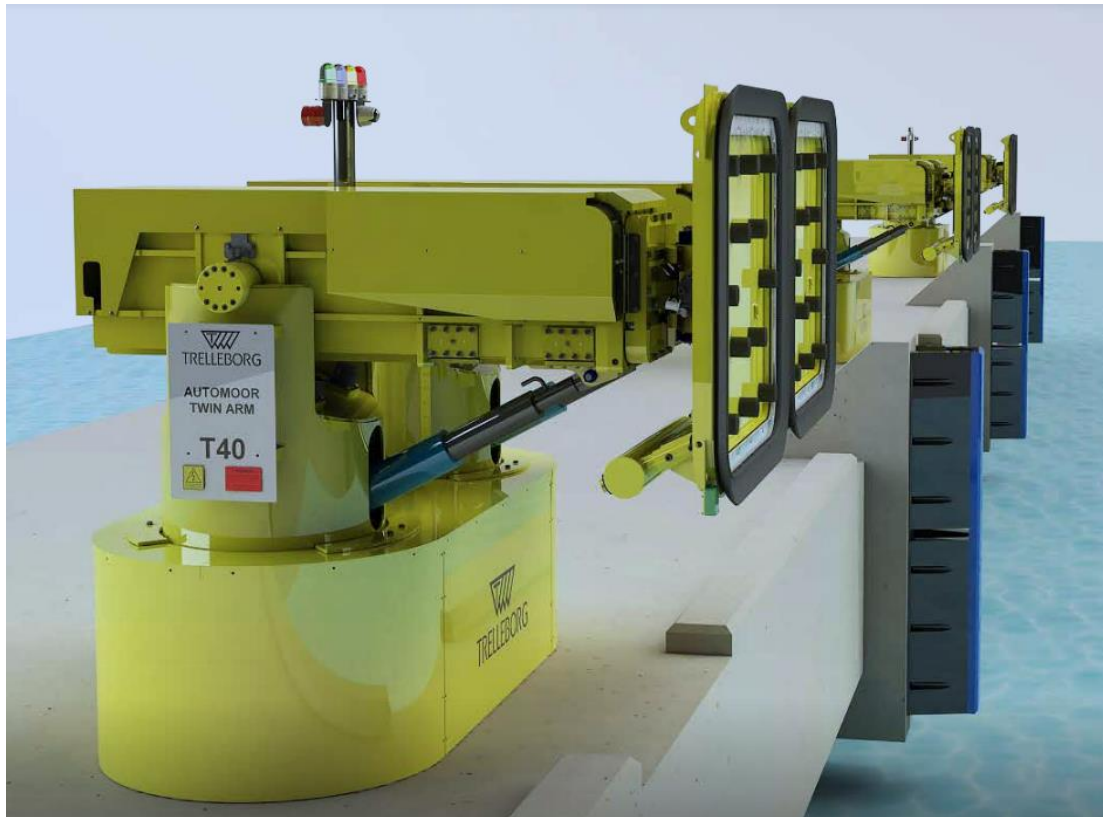


Kuva 10. Cavotecin autonominen kiinnitysjärjestelmän kontrolli paneeli kuvattuna aluksen komentosillalla (Cavotec, 2024).

5.4.2 AutoMoor Trelleborgilta

AutoMoor käyttää samaa periaatetta kuin MoorMaster ja käyttää myös tyhjiötyynyjä laivan kiinnittämiseen automaattisesti (Trellborg, 2024). Tämä kiinnitysjärjestelmä on asennettu rannan puolelle eikä vaadi myöskään yhtään kiinnitysköysien käyttöä. Tämä kiinnitysjärjestelmä käyttää passiivista vaimennustekniikkaa, joka rajoittaa aluksen liikkeitä heilumisen aikana, mikä varmistaa turvallisen operoinnin laiturissa erilaisissa ympäristöolosuhteissa. Käyttämällä passiivista vaimennusta, kiinnitysjärjestelmä voi varastoida energiaa laivan liikkeiden seurauksena. Kiinnitysjärjestelmä sisältää ympäristöantureita sopeutuakseen vallitsevaan ympäristöön. (Bellingmo & Jørgensen, 2022, s.12).

AutoMoor voidaan asentaa jopa kahdella varrella ja tyhjiötyynyllä. T40 Twin Arm AutoMoor laitteella on aktiivinen ulottuvuus 1.42m ja tyhjiöpitokapasiteetti 40T käyttäen kahta tyhjiötyynyä (2x20T) (Trellborg, 2024). Tämä automaattinen kiinnitysjärjestelmä voi kiinnittyä alle minuutissa ja irrottautua alle 30 sekunnissa. Kiinnitysjärjestelmää käytetään yleensä matkustaja lauttojen ja konttialusten kanssa, esimerkiksi Tallinnan satamassa palvelen suuria matkustaja lauttoja. Järjestelmä on myös asennettu kuivarahtialuksia varten. Maailmassa on yli 100 tyhjiöpohjaista automaattista kiinnitysjärjestelmää Trelleborgilta. (Bellingmo & Jørgensen, 2022, s.12).

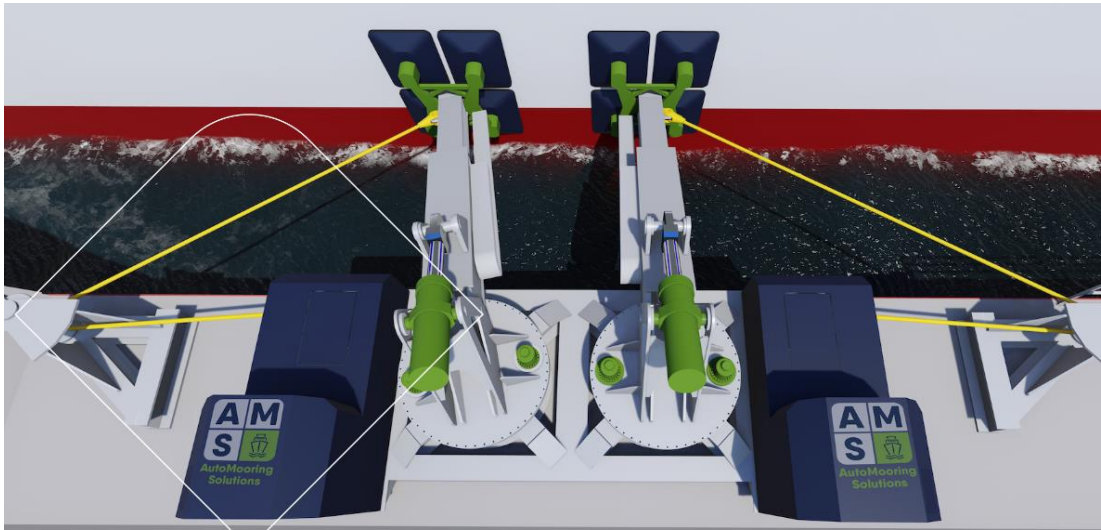


Kuva 11. Trelleborgin twin arm automoor laite (Trelleborg, 2024)

5.4.3 Ship to Ship kiinnitysjärjestelmä AMS:ilta

AMS on kehittänyt automaattisen kiinnitysjärjestelmien sarjan, joka on suunniteltu käytettäväksi Ship-to-Ship (StS) operaatioissa. Kuitenkin johtuen sen modulaarisuudesta, on myös mahdollista käyttää StS järjestelmää perinteisiin kiinnitystoimintoihin asentamalla laitteen maihin. StS systeemi käyttää tyhjiötyynyjä ja hydraulisia teleskooppi varsia, jotka voivat ylettyä 12 metriin. Tämä nopeuttaa kiinnitystä ja tekee siitä turvallisempaa. Teleskooppivarsilla on hämmästyttävä kapasiteetti jopa 1000KN per kiinnitysvarsi ja 80% tyhjiä saavutetaan 1,0 sekunnissa. Tämä vertaansa vailla oleva ratkaisu viihtyy dynaamisimmissa vesissä, koska pystyy jopa kesyttämään vaivattomasti 2,5 metrin aallokon, mikä mahdollistaa turvallisen operoinnin satamissa eri sääolosuhteiden vallitessa. Järjestelmä on suunniteltu niin että aluksen kiinnittäytyminen ei

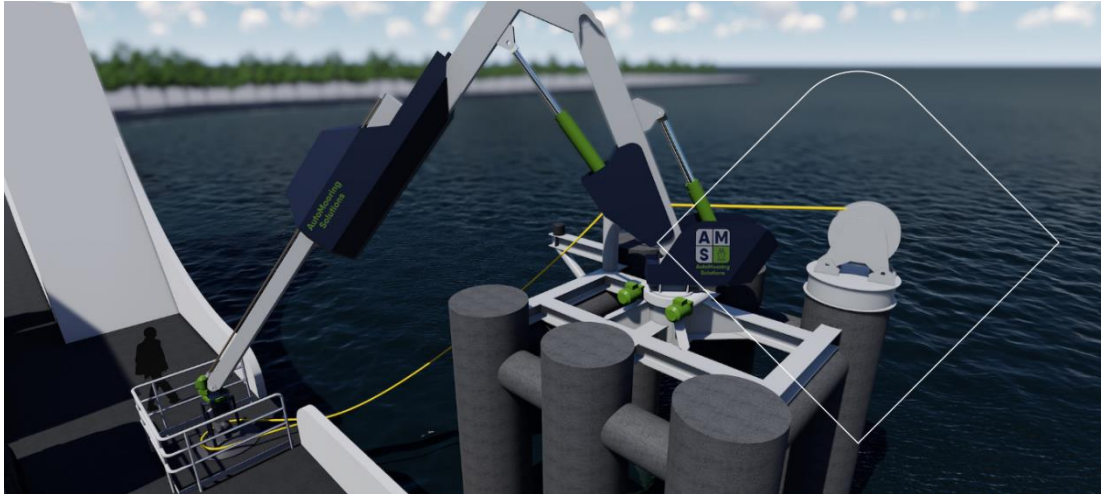
tarvitse fendareita. Kinnitysjärjestelmä sisältää ympäristöantureita, jotka muuttuvat vallitseviin sääolosuhteisiin. (AutoMooring Solutions, 2021)



Kuva 12. Kuva AutoMooring soluutionssin kehittämästä Ship to Ship kiinnitysjärjestelmästä. (AutoMooring Solutions, 2021).

5.4.4 Köydenpoimintarobotti AMS:ilta

AutoMooring Solutions (AMS) kehittää robottikäsiä, jota voidaan käyttää alusten automaattiseen kiinnittämiseen. Köydenpoimintarobotti koostuu kompaktista hydraulisesta teleskooppivarresta ja köydenpoimintarobotilla on ulottuvuus jopa 15 metriä, ja kapasiteetti liikutella korkeutta 8 metriin asti (AutoMooring Solutions, 2021). Köydenpoimintarobotti tunnistaa minkä tahansa pollarin kiinnitettynä alukseen tai laituriin käyttäen tekoäly (AI) ohjelmaa (AutoMooring Solutions, 2021). Kun köysi on paikoillaan, perinteisiä vinssikiinnitysjärjestelmiä voidaan käyttää pitämään alus turvallisesti kiinnitettynä, Irrotettaessa järjestelmä löytää automaattisesti kytketyn pollarin ja vapauttaa köyden siitä. Mukana on myös itseoppiva järjestelmä tilanteisiin, joissa järjestelmä ei tunnista pollaria. Käyttäen oppimisjärjestelmää operaattori voi lisätä ja vahvistaa uuden pollarin niin, että se on valmisteltu ja tunnistettavissa seuraavalla kerralla. Työkuorma laitteella on 50-600kN. (Bellingmo & Jørgensen, 2022, s.13).



Kuva 13. Köydenpoiminta robotti. (AutoMooring Solutions, 2021).

5.4.5 Robottikäsi MacGregor

MacGregor on kehittänyt täysin sähköisen seitsemän akselin robottikäsiarven automaattiseen kiinnittämiseen. Alus kiinnitetään niin että robotti poimii kiinnitysköyden silmukasta ja kietoo sen laiturin pollarien ympärille. Robottikäsiarrella on 21 metrin kantama. Kiinnitysjärjestelmä on varustettu kompensointijärjestelmällä, joka sijoittaa robottikäsiarven oikein riippumatta aluksen liikkeistä. Robottikäsiarven päässä on kamera, jota käytetään havaitsemaan, missä kiinnitysköydet ovat. Tämä kiinnitysjärjestelmä on asennettu autonomiseen konttialukseen Yara Birkeland aluksen keulaan ja perään. (Cargotec, 2023)



Kuva 14. (Cargotec, 2023)

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Alusten erityisten toimintavaatimusten ja niiden toiminnan luonteen ymmärtäminen on välttämätöntä. Jotkut alukset voivat suorittaa usein ja aikaherkkiä satamakäyntejä, joissa automaattisten kiinnitysjärjestelmien tehokkuus on merkittävä etu. Sitä vastoin alukset, joilla on harvemmat kiinnitystarpeet, saattavat pitää perinteisen kiinnitysmenetelmien yksinkertaisuutta käytännöllisempänä.

Käytännöllisyys riippuu myös taloudellisesta näkökulmasta. Vaikka automaattiset kiinnitysjärjestelmät parantavat tehokkuutta, alkuinvestointi- ja ylläpito-kustannukset on punnittava mahdollisiin hyötyihin nähden, erityisesti pienissä aluksissa tai satamissa, joilla on rajallinen budjetti. Perinteinen köysikiinnitys, joka on vakiintunut ja kustannustehokas menetelmä, saattaa jäädä käytännölliseksi tietyissä yhteyksissä.

Yhteenvetona voidaan todeta, että kiinnitysmenetelmien käytännön soveltuvuus edellyttää alusten ominaisuuksien, satamainfrastruktuurin, ympäristöhaasteiden, toiminnallisten vaatimusten ja kustannusnäkökohtien huolellista tarkastelua. Tasapainon löytäminen teknologisen innovaation ja perinteisten menetelmien vakiintuneen tehokkuuden välillä varmistaa, että valittu kiinnitystapa vastaa kyseessä olevan merenkulun erityistarpeita ja olosuhteita.

LÄHTEET

Shandong Santong Rope Co., Ltd. (2022). Mikä on laivan kiinnitysköysi?

<https://www.cn-rope.com/fi/news-detail-980234>

Wilhelmsen. (2024). Setting the benchmark for safer mooring. Haettu

15.3.2024 osoitteesta https://www.wilhelmsen.com/ships-service/ropes/the-new-era-of-safer-mooring/?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAuNGuBhAkEi-wAGld4ah_8-zhYmRDTighJxD-bmwAO70j1QKvDq3Boz7YeHzdl_rphkisMj-BoCMMEQAvD_BwE

Wikipedia. (2024). Satama. Haettu 15.03.2024 osoitteesta https://fi.wikipedia.org/wiki/Satama#cite_note-Santala1989-1

DNV AS. (2023). Numbers driving mooring safety response.

<https://www.dnv.com/expert-story/maritime-impact/A-new-look-at-safe-mooring.html>

The Nautical Institute. (2024). Preventing mooring accidents.

<https://www.nautinst.org/resources-page/200933-preventing-mooring-accidents.html>

Cavotec SA. (2024). Automated Mooring. Haettu 15.3.2023 osoitteesta

<https://www.cavotec.com/en/your-applications/ports-maritime/automated-mooring>

Tolsgaard, J. (2020). The modern port automate the mooring handling.

Trelleborg Marine and Infrastructure. (2020). AutoMoor Automated Mooring So-

lutions. Haettu 16.3.2024 osoitteesta <https://www.trelleborg.com/en/marine-and-infrastructure/products-solutions-and-services/marine/docking-and-mooring/automated-mooring-systems/automoor>

Automooringsolutions. (2021). Ship to ships mooring systems (StS). Haettu 16.3.2024 osoitteesta <https://automooringsolutions.com/>

Cargotec. (2023). Automated mooring system. Haettu 15.3.2024 osoitteesta <https://www.macgregor.com/intelligent-solutions/automated-mooring-system/>

Cargoflip. (2023). Vessel. Haettu 11.4.2024 osoitteesta <https://www.cargoflip.com/shipping-glossary/vessel>

National Geographic. (2024). Port. Cargo Ports. Haettu 11.4.2024 osoitteesta <https://education.nationalgeographic.org/resource/port/>

Bellingmo, P. & Jørgensen, U. (2022). Automatic Mooring: Technical Gap Analysis. https://www.ntnu.edu/documents/1294735132/0/sfi_autoship_automatic_mooring_technical_gap_analysis+%282%29.pdf/8566ebf7-4863-e109-e6b0-998aa15e7dec?t=1675872204258

Kaicheng, Y., Shengdong, Z., Jungkeun, O. & Dae-Won, S. (2022). A Review of Progress and Applications of Automated Vacuum Mooring Systems. MDPI. <https://www.mdpi.com/2077-1312/10/8/1085>

SeaSpark Ltd. (2024). [Valokuva kiskoilla liikkuvasta automaattisesta kiinnitysjärjestelmästä]. <https://www.seaspark.org/automated-mooring/>

Subhodeep. G. (2022). Why is Mooring of Ships? Marine Insight. <https://www.marineinsight.com/marine-safety/what-is-mooring-of-ships/>

Karan. C. (2021). 10 Important Points to Remember During Mooring Operations On Ships. Marine Insight. <https://www.marineinsight.com/marine-navigation/10-important-points-remember-mooring-operation/?swpmtx=e3ae1068e4e8acbc6fd5f137603d1085&swpmtxnonce=8acb934237>

(2024). [Ilmakuva Vuosaaren satamasta]. Logistiikan Maailma.
<https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikan-toimijat/satama/helsingin-satama/>

Wärtsilä. Mooring lines. Haettu 11.4.2024 osoitteesta <https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/mooring-lines>

Wärtsilä. Mooring winches. Haettu 11.4.2024 osoitteesta <https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/mooring-winches>

Brian Boyce. (2007). Using mooring lines to slow a vessel poses serious risks. Haettu 15.4.2024 osoitteesta <https://professionalmariner.com/using-mooring-lines-to-slow-a-vessel-poses-serious-risks/>

Hirsijärvi S., Remes P., & Sajavaara P. 2009 Tutki ja kirjoita. Tammi.