

Examensarbete, Högskolan på Åland, Utbildningsprogrammet för sjökaptten

MINSKNING AV MOTSTÅND PÅ FARTYGSSKROV MED TRYCKLUFTSANORDNINGAR

Samuli Silvennoinen



38:2020

Datum för godkännande: 17.11.2020
Handledare: Björn-Olof Erikson

EXAMENSARBETE

Högskolan på Åland

Utbildningsprogram:	Sjökapten
Författare:	Samuli Silvennoinen
Arbetets namn:	Minskning av motstånd av fartygsskrov med lufttrycksanordningar
Handledare:	Björn-Olof Erikson

Abstrakt
<p>Examensarbetet är en litteraturstudie som handlar om olika lufttrycksanordningar för att minska motstånd hos fartygsskrov.</p> <p>Inom arbetet tas upp bland annat energi-effektiviserings-index, eftersom det är aktuellt inom en ny energibesparingsteknik.</p> <p>Finsk lagstiftning om hur fartygsutsläpp regleras tas också upp inom arbetet liksom olika typer av motstånd som ett fartyg utsätts för.</p> <p>Arbetets huvudpunkt ligger inom olika tekniker vilka använder sig av lufttryck för att minska motstånd hos fartygsskrov. Lufttrycksanordningarna delas upp i tre huvudgrupper nämligen "air lubrication system", "air cavity ships" och "bubble drag reduction".</p>

Nyckelord (sökord)
Air lubrication system, Air cavity ships, bubble drag reduction

Högskolans serienummer:	ISSN:	Språk:	Sidantal:
38:2020	1458-1531	Svenska	24 sidor

Inlämningsdatum:	Presentationsdatum:	Datum för godkännande:
04.05.2020	12.05.2020	17.11.2020

DEGREE THESIS

Åland University of Applied Sciences

Study program:	Nautical Science
Author:	Samuli Silvennoinen
Title:	Reduction of Ship Hull Resistance with Pneumatics
Academic Supervisor:	Björn-Olof Erikson

Abstract
<p>The thesis is a literature study about different appliances where the main component is the use of pneumatics to reduce resistance of a ship's hull.</p> <p>The thesis also covers energy efficiency design index and some parts of the Finnish law enforcing this. This design index is relevant when discussing new techniques where the main goal is to reduce energy consumption.</p> <p>There is also some information about the law that regulates emissions from ships as well as some information on different types of resistance that a ship's hull is affected by.</p> <p>The main topics of the thesis are different pneumatical systems where the aim is reduction of resistance of a ship's hull. These pneumatic systems are separated into three different categories. These categories are "air lubrication system", "air cavity ships" and "bubble drag reduction".</p>

Keywords
Air lubrication system, Air cavity ships, bubble drag reduction

Serial number:	ISSN:	Language:	Number of pages:
38:2020	1458-1531	Swedish	24 pages

Handed in:	Date of presentation:	Approved on:
04.05.2020	12.05.2020	17.11.2020

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1.	INLEDNING	6
1.1	Syfte och frågeställningar	6
2.	BAKGRUND	7
2.1	Motstånd	7
2.1.1	Motstånd som skrovet utsätts för	7
2.1.2	Bihangsmotstånd	7
2.1.3	Luftmotstånd	8
2.2	Lagstiftning angående utsläpp av luftförorenande ämnen inom sjöfart	8
2.3	Froudes tal och Reynolds tal	9
3.	LITTERATUR	11
3.1	Olika system som använder tryckluft för att minska motstånd	11
3.2	Sjöfartens andel av utsläpp gällande luftförorenande ämnen	11
3.3	EEDI	12
4.	ETISKA REFLEKTIONER	13
5.	METOD OCH MATERIAL	14
5.1	Datainsamlingsmetod	14
5.2	Dataanalysmetod	14
5.2.1	Datainsamlingsprocessen	14
5.3	Presentation av material	15
5.3.1	Användning av mikrobubblor för att reducera motstånd	15
5.3.2	Motståndsminskning med hjälp av en "luftmatta"	16
5.3.3	Minskning av motstånd med hjälp av kaviteter i fartygsbotten	17
6.	RESULTAT	19
6.1	Teoretisk tolkning	19

7. DISKUSSION OCH SLUTSATSER	21
7.1 Kritisk granskning	22
KÄLLOR	23

Figurer

Figur 1. Allure of the Seas.....	6
Figur 2. Olika varianter på lufttrycksanordningar	11
Figur 3. Harvest Frost.....	12
Figur 4. Yamato.....	16

Förkortningar

ACS= Air Cavity Ships

ALS= Air Lubrication System

BDR= Bubble Drag Reduction

EEDI= Energy Efficiency Design Index

IAAP= International Air Pollution Prevention Certificate

IEE= International Energy Efficiency Certificate

IMO= International Maritime Organization

MARPOL= Maritime Pollution

MEPC= Marine Environment Protection Committee

SEEMP= Ship Energy Efficiency Plan

1. INLEDNING

Intresset för att reducera bränsleförbrukningen och göra ekonomiska besparingar samt främja miljön är i dagsläget stort. Sjöfarten är då inget undantag. Det alltmera ökande intresset för att minska förbrukningen av bränsle och därmed också minska kostnader samt utsläpp har lett till att en hel del olika system har uppfunnits.

Det här arbetet kommer att handla om olika system som reducerar förbrukningen av bränsle på fartyg. Arbetet fokuserar huvudsakligen på sådana system som reducerar motstånd mellan vatten och skrov. Anordningarna som tas upp i arbetet fungerar genom att minska friktion med hjälp av tryckluft. Syftet med arbetet är att ta fram mera information om anordningar vilka har som uppgift att minska på friktion av fartygsskrov med hjälp av tryckluft. Inom arbetet tas också upp etiska reflektioner, ett kapitel som handlar huvudsakligen om god vetenskaplig praxis.

1.1 Syfte och frågeställningar

Syftet med denna studie är att ge mera information om system som utnyttjar tryckluft för att reducera bränsleförbrukningen hos fartyg. Frågeställningarna i denna studie är:

1. Är de olika systemen som utnyttjar tryckluft praktiskt användbara?
2. Finns det begränsningar för de olika tryckluftssystemen och vilka är de?
3. Varför förekommer inte systemen på flera fartyg?

Figur 1, Allure of the Seas, är ett fartyg där en tryckluftsanordning har installerats (Witthaus, M. 2015).



Figur 1. Kryssningsfartyget Allure of the Seas har Silverstreams tryckluftsanordning installerad (Marinetraffic, 2018)

2. BAKGRUND

I kapitlet tas upp olika typer av motstånd som ett fartyg utsätts för samt lagstiftning gällande fartygs luftburna föroreningar. Teori berörande fartygsskrovs förmåga att bilda vågor och en definition av gränsskikt tas också upp inom kapitlet.

2.1 Motstånd

Motståndet som fartyg utsätts för kan delas upp i olika komponenter. De nämnda komponenterna kan huvudsakligen delas upp i tre huvudgrupper: luftmotstånd, det motstånd som själva skrovet blir utsatt för och så kallat bihangsmotstånd. Det sistnämnda uppstår på grund av till exempel fartygets sjökistor, roder och stabilisatorer (Molland, A.F. et al., 2011).

2.1.1 Motstånd som skrovet utsätts för

Då man observerar en kropp som rör sig igenom vattnet, i detta sammanhang ett fartygsskrov, kan man upptäcka att det finns två olika flöden omkring. Det finns ett vågmönster som rör sig med skrovets utsida samt ett område av ett turbulent flöde som byggs upp akteröver längs med vattenlinjens längd och bildar ett svall akter om skrovet (Molland, A.F. et al., 2011).

Dessa flöden kommer att bilda ett vattenmotstånd mot skrovet huvudsakligen i form av tryck och skärkrafter eller friktionsresistans. Tryckmotståndet beror delvis på vattnets viskositet och skrovets förmåga att bilda vågor. Friktionsresistansen beror enbart på vattnets viskositet. Då kan man också räkna med en viss energiförlust på grund av att fartyget kommer att förbruka energi för att bilda vågor samt för svallet som bildas i aktern på skrovet (Molland, A.F. et al., 2011).

2.1.2 Bihangsmotstånd

Bihangsmotstånd uppkommer från olika vidhängande delar med andra ord sådana delar som roder, sjökistor, slingerkölar som inte är strömlinjeformade längs med fartygsskrovet. De bihang som finns på fartyget kan resultera till ett märkbart motstånd för fartyget. Exempelvis på fartyg med en enkel propeller kan bihangsmotståndet uppgå till 5% av det totala motståndet och på fartyg med dubbla propellrar kan andelen uppgå till 25% av det totala motståndet beroende på fartygets storlek (Molland, A.F. et al., 2011).

2.1.3 Luftmotstånd

När ett fartyg gör fart igenom vatten kommer ett luftmotstånd att uppstå, motståndet ifråga beror huvudsakligen på fartygets storlek och dess fart. Luftmotståndet är ganska litet i jämförelse med de andra motstånd som uppstår omkring fartyget. Beroende på fartygsstorlek och fartygstyp kan det ändå vara lönsamt att sträva till en sådan överbyggnad som minimerar luftmotståndet så mycket som möjligt, exempelvis med att "runda" skarpa kanter på överbyggnaden (Molland, A.F. et al., 2011).

2.2 Lagstiftning angående utsläpp av luftförorenande ämnen inom sjöfart

Enligt finsk lagstiftning skall fartyg uppfylla de krav om utsläpp av luftförorenande ämnen som föreskrivs i MARPOL 73/78. Fartyg skall inneha certifikat angående luftförorening (IAAP-certifikat) och ett certifikat angående fartygets energi-effektivitet (IEE-certifikat). Ett uppnått energi-effektivitets-design-index (EEDI) skall beräknas för alla nya fartyg och på fartyg antingen nytt eller ett gammalt där man har ändrat på dess konstruktion så mycket att det kan anses som ett helt nytt fartyg, varje fartyg skall också ha ombord en plan angående fartygets energi-effektivisering, (SEEMP) (Miljöskyddslag för sjöfarten, 2009).

Fartyg kan få dispens från vissa punkter inom MARPOL 73/78 då fartyget ifråga testat ett nytt system för att minska fartygets utsläpp eller öka fartygets energi-effektivitet. Dispensen ifråga skall då endast godkännas ifall det finns punkter inom MARPOL 73/78 som kan förhindra forskning om den nya teknologin/systemet. Dessutom skall dispensen bara ges åt så få fartyg som möjligt. Dispensen är då tidsbunden för fartyg där en enskild cylinder-volymer understiger 30 liter, till 18 månader. Befrielsen från skyldigheten kan ökas ytterligare med 1,5 år. Om cylindervolymer överstiger 30 liter får dispensen vara högst 5 år. Dispensen kan dras tillbaka ifall testet ifråga visar att systemet inte producerar märkbara resultat (IMO, marpol, 2017).

2.3 Froudes tal och Reynolds tal

När man diskuterar vågbildning och gränsskikt finns det två olika formler som är intressanta. Formlerna ifråga är två olika dimensionslösa tal vilka är Froudes tal för vågbildning samt Reynolds tal som beskriver karaktären av gränsskikt.

När man observerar en kropp som rör sig igenom vatten trycker fartyget undan vattenmassan på grund av fartygets displacement, vilket åstadkommer att tryckskillnader uppstår.

Tryckskillnaderna ifråga medför att ett visst vågmönster uppstår, vad Froude lade märke till var att då geometriskt liknande kroppar gjorde framfart igenom vatten med motsvarande hastigheter kunde ett liknande vågmönster observeras. Vad Froude föreslog var att totala motståndet kunde delas upp i ytfriktion och en överloppsfraktion (huvudsakligen en friktion som utgörs av vågbildning). Vid experiment med olika kroppar och deras framfart genom vatten förblev en specifik resterande friktion eller motstånd densamma hos modell och fartyg. Froudes tal används i dagsläget för att uppskatta vilken effekt ett fartygs huvudmaskin skall ha och för att dimensionera propellrar för fartyg (Molland, A.F. et al., 2011, resistance and powering of ships, 2020).

Froudes tal:

$$Fn = V / \sqrt{g \cdot L}$$

Fn =Froudes tal(dimensionslös), V =fartygets hastighet(m/s), g =gravitation ca 9,8 m/s² och

L =vattenlinjens längd(m)

Formel för förhållandet mellan hastighet och längd relaterad till Froudes tal

(inte dimensionslöst):

$$\text{Hastighet-till-längd-förhållande} = V / \sqrt{L}$$

När en kropp gör framfart genom en vätska kommer det att finnas två skilda flöden omkring kroppen, benämnda laminärt flöde och turbulent flöde. Det laminära flödet är det flöde som är mera "strömlinjeformat" det vill säga det flöde som följer längs med kroppen, (fartygsskrovet). Av de olika flödena kommer det laminära flödet att ske längs en liten del av fartygsskrovet (i förskeppet) innan flödet kommer att sönderfalla och blandas och gå till ett flöde av en mera turbulent karaktär (Molland, A.F. et al., 2011, resistance and powering of ships, 2020).

Till det turbulenta flödets egenskaper hör en bildning av ett skikt av vätska som följer med skrovets rörelseriktning också känd som gränsskiktet. Vattenmolekyler närmast skrovet kommer att ha samma fart som själva fartyget. När man rör sig längre utåt från fartygsskrovet kommer flödet att bli allt mindre ända tills flödet till slut kommer att ha den fart som havet omkring har. Gränsskiktet är beroende på fartygets fart. När ett fartygs fart ökar kommer det att medföra att övergången, där flödet ändrar från laminär till turbulent, kommer närmare bogen. Fartökningen medför också att tjockleken av gränsskiktet ökar. Ökningen ifråga ger upphov till att friktionen också ökar (Molland, A.F. et al., 2011).

När man beräknar de laminära och turbulenta flödena omkring fartygsskrovet används Reynolds tal, vilket är dimensionslöst. Vanliga värden på Reynolds tal av fartygs skrov är följande: $Rn < 5 \cdot 10^5$ för laminärt flöde, $Rn > 1 \cdot 10^6$ för turbulent flöde samt $5 \cdot 10^5 < Rn < 1 \cdot 10^6$ vid övergångspunkten från laminärt till turbulent flöde (Molland, A.F. et al., 2011, resistance and powering of ships, 2020).

Reynolds tal

$$Rn = LV/v$$

Rn =Reynolds tal, L =vattenlinjens längd(m), V =Fartygets hastighet(m/s) och v =kinetisk viskositet av vatten (m/s^2)

3. LITTERATUR

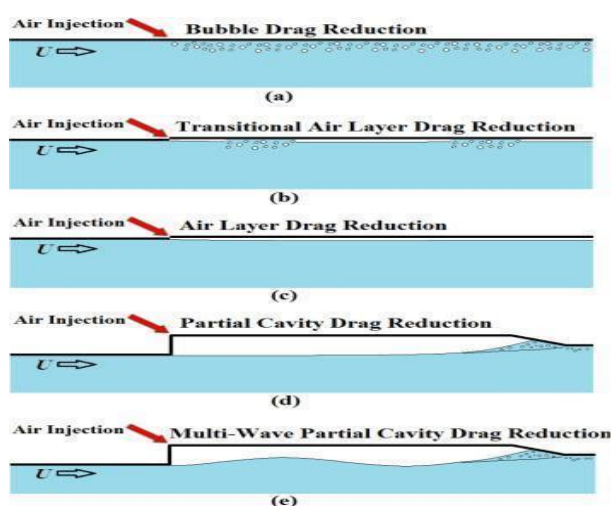
I litteraturen tas upp allmänna fakta om olika tekniker som minskar på motståndet med hjälp av tryckluft samt fakta om hur sjöfartens andel ser ut ifråga om utsläpp av växthusgaser. I kapitlet tas också upp fakta om energi-effektiviserings-index (EEDI) vilket är aktuellt för systemet ifråga.

3.1 Olika system som använder tryckluft för att minska motstånd

Det finns olika system som har utvecklats inom användningen av tryckluft för att minska motstånd för fartyg och därmed också förbättra fartygets bränsle-ekonomi samt minska utsläpp av växthusgaser. Det finns tre olika huvudgrupper av tryckluftssystem och ytterligare olika varianter av dessa, arbetet handlar om de 3 huvudgrupperna (Mäkiharju, S.A. et al., 2012, Wärtsilä, 2019).:

- 1) Konstant flöde av luft (Air Lubrication System, ALS).
- 2) Håligheter i fartygets botten med ett konstant flöde av luft (Air Cavity Ships, ACS).
- 3) Mikrobubblor (Bubble Drag Reduction, BDR).

Figur 2, illustrerar olika varianter som kan förekomma inom de 3 huvudgrupperna.



Figur 2. Olika tryckluftsanordningar för att minska fartygsskrovets motstånd (Science Direct, 2012)

3.2 Sjöfartens andel av utsläpp gällande luftförorenande ämnen

Sjöfarten anses vara mest effektiv gällande koldioxidutsläpp inom logistikbranschen. Sjöfarten anses ändå vara en signifikant sektor gällande utsläpp. Den allt mera växande sjöfarten ger upphov till cirka 3 % av växthusgaser globalt sett och kan uppskattas öka inom

de närmaste 30 åren upp till 5 % ifall inte förebyggande åtgärder tas (European maritime safety agency, 2019, IMO, 2015).

Enligt forskning som gjordes av IMO om växthusgaser år 2014, kunde man beräkna att sjöfarten släppte ut cirka 796 miljoner ton koldioxid globalt sett år 2012 vilket är en förbättring ifall man jämför med år 2007 då sjöfartens andel av utsläpp var 2,8 % av de globala utsläppen m.a.o. 887 miljoner ton. Sjöfarten uppskattas öka med 50 - 250 % till år 2050 enligt de uppskattningar som görs inom näringslivet beroende på olika faktorer såsom olika socioekonomiska faktorer och efterfråga för tonnage inom framtiden (European maritime safety agency, 2019, IMO, 2015).

3.3 EEDI

EEDI, (Energy Efficiency Design Index), har sitt ursprung i sjöfartens miljökommitté, ett organ inom IMO, (Maritime Environment Protection Committee) MEPC 57 (MEPC 57 2008).

EEDI trädde i kraft år 2015 och är uppbyggt av olika faser varav den första faser sträckte sig till år 2019 vartefter man utvidgar allt mera EEDI:s jurisdiktion. Andra faser gäller f. o. m. 2020 till 2025. Tredje faser har tänkts gälla från 2025 och framåt (Suuronen, H., 2018).

EEDI skall ha som uppgift att främja fartygs energieffektivitet så till vida att nybyggen blir allt mera miljövänliga gällande utsläpp. Det här sker genom nya teknologier som utvecklas. EEDI går ut på att fartyg skall uppfylla ett specifikt index gällande energieffektivitet. Värdet som skall uppfyllas är bl.a. beroende på fartygstyp. Förenklat sagt räknas EEDI på basen av utsläpp (enhet gCO₂) som fartyget åstadkommer dividerat med fartygstonnage (dödvikt) multiplicerat med fartygets marschfart (Suuronen, H., 2018).

Figur 3, Harvest Frost där ClassNK gjorde en EEDI-värdering av fartyget (Haun, E., 2014).



Figur 3. Harvest Frost bulkfartyg med en tryckluftsanordning installerad (Marinetraffic, 2012)

4. ETISKA REFLEKTIONER

Under examensarbetets gång har jag försökt följa de riktlinjer inom god vetenskaplig praxis som föreskrivs av den Forskningsetiska delegationen. Jag har i mitt arbete försökt följa allmän omsorgsfullhet, hederlighet och noggrannhet vid insamling och tolkning av data. Med allmän omsorgsfullhet menar jag att vid bearbetning och insamling av data till arbetet har jag försökt strukturera arbetet enligt riktlinjer för examensarbeten. Hederlighet har jag uppfyllt genom att i arbetet referera till de källor jag använt och undvikit plagiat (Forskningsetiska delegationen, 2012).

5. METOD OCH MATERIAL

I kapitlet presenteras datainsamlingsmetoden vilken är en systematisk litteratursökning. Datainsamlingsprocessen förklaras. Dit hör databaser och sökord. Även inklusions- samt exklusionkriterier redovisas. Efter datainsamlingsprocessen förklaras dataanalysmetoden, vilken är en tematisk innehållsanalys.

5.1 Datainsamlingsmetod

Datainsamlingsmetoden är en systematisk litteratursökning. Den görs i en kedja av olika steg. För att kunna göra en sådan måste man ha någon form av kunskap om ämnet i fråga. Martin Höst med flera beskriver den systematiska sökprocessen som repetitiv sökning av material i en sorts kedjereaktion. Man kan dela in litteratursökningen i tre steg, den breda sökningen, urvalet av material och den djupa sökningen (Höst, et al., 2006).

Det första steget i den systematiska litteratursökningen är den breda sökningen. Efter det börjar man välja sitt material som man skummar igenom. Efter den första läsningen borde man ha fått en bild av vilket material som är det mest passande för sin egen forskning varefter man genomför den djupa sökningen. Det är då man gör den djupa sökningen väljer man ut det mest relevanta materialet. Vid det skede man gör den djupa sökningen borde forskaren ha en uppfattning om terminologin inom det område som han eller hon forskar om. I detta skede kan sökmotorer och databaser utnyttjas. Höst med flera menar att det lönar sig att använda sig av synonymer och referenslistor i de valda artiklarna samt att ta reda på flera författare som specialiserar sig inom forskningsområdet (Höst, et al., 2006).

5.2 Dataanalysmetod

Då jag analyserat data för mitt examensarbete har jag använt mig av en kvalitativ metod som kan vidare utvecklas till en teoristyrd tematisk analys. Vid analysen av data har jag sökt efter ett återkommande tema eller ett mönster, i det här fallet minskning av friktion på fartygsskrov med hjälp av tryckluft (Braun, V. Clarke, V., 2006).

5.2.1 Datainsamlingsprocessen

Den data som använts för arbetet har skaffats fram huvudsakligen via skolans egna databaser, med andra ord via HÅ:s discovery service samt Ebook central.

För att få en grunduppfattning om systemen och deras funktionsprinciper har jag också använt mig av en del böcker som jag lånat från biblioteket samt via internet med sökmotor.

Datainsamlingen började jag med under hösten 2019. I inledningen av mitt arbete sökte jag runt i ca 1 månad efter grundfakta. Jag har också lagt till en del källor under själva skrivprocessen beroende på att jag ansåg källorna ifråga vara ändamålsenliga samt för att jag hittade en del av källorna först senare, då jag hade studerat och fått en bättre uppfattning om det ämne som examensarbetet handlar om.

Sökorden som jag har använt mig av för att samla in fakta om system vilka använder sig av tryckluft för att minska friktion är: “drag reduction for ships”, “air lubrication for ships”, samt “bubble drag reduction for ships”, “air lubrication systems for ships” och “air cavity ships”. För att få en uppfattning om motstånd har jag använt sökord som “friction on ships” och “resistance on ships”.

För fakta angående lagstiftning använde jag mig av Finlex, (finsk lagtext på internet), och sökte på “miljöskyddslag för fartyg”. Här hänvisade lagstiftningen huvudsakligen till MARPOL.

De kriterier som källorna för arbetet skulle uppfylla var att de handlade om att minska motstånd och då enbart med hjälp av tryckluft. Sådana källor som handlade om att minska motstånd med till exempel målning eller någon annan metod för att göra fartygsbotten slätare för att minska motstånd exluderades. Källor som handlade om att minska luftmotstånd från överbyggnaden exluderades också under datainsamlingen.

5.3 Presentation av material

Inom kapitlet framkommer de olika systemen som använder tryckluft för att reducera motstånd hos fartygsskrov.

5.3.1 Användning av mikrobubblor för att reducera motstånd

Mikrobubblor eller “BDR”-systemet går ut på att man med hjälp av ett munstycke av något slag trycker in en gas i form av små bubblor nära fartygets botten. Som en följd kommer det att uppstå ett tunt lager av en blandning av bubblor och vatten vilken har en mindre densitet och därmed gör att fartyget går lättare. Systemet som utnyttjar mikrobubblor kommer också att minska på turbulens som kan förekomma (Mäkiharju, S.A. et al., 2012, SSPA Sweden AB, 2019).

Många olika faktorer påverkar hur effektiv reduktion av motstånd kommer att vara, såsom till exempel storleken av bubblorna. Med allt för stora bubblor kan inte bubblorna hålla sig i gränsskiktet och därmed kommer de att mista den effekt man är ute efter (Mäkiharju, S.A. et al., 2012, SSPA Sweden AB, 2019).

Flera mindre munstycken i systemet anses också vara mera effektiva eftersom bubblorna tenderar att lämna fartygsskrovet efter att ha rört sig ett visst avstånd från munstycket. En av de största utmaningar för att få ett BDR-system att fungera effektivt anses då just vara att uppnå att bubblorna håller sig i gränsskiktet. Ett BDR-system är intressant eftersom det finns en möjlighet att kunna installera det på redan existerande fartyg och det inte har någon negativ effekt på manövreringen av fartyget (Mäkiharju, S.A. et al., 2012, SSPA Sweden AB, 2019).

Figur 4, Yamato, ett fartyg där ett system som använder sig av bubblor har installerats (NYK-Hinode Line Ltd, 2010).



Figur 4. Tunglyftfartyget Yamato med Mitsubishi tryckluftsanordning installerad (Marinetraffic, 2015)

5.3.2 Motståndsminskning med hjälp av en “luftmatta”

Systemet ifråga går ut på att man “blåser” in stora mängder med luft längs med fartygets botten. Då man trycker in luft med ett tillräckligt stort flöde kommer det stora flödet till slut att bilda ett tunt luftlager eller en “luftmatta” längs med fartygsbotten. “Luftmattan” kommer i sin tur, på grund av att luft har mindre viskositet, att minska motståndet eller friktionen för att därmed få fartyget att gå lättare. Systemet förkortas ALS (air lubrication system), (Mäkiharju, S.A. et al., 2012, SSPA Sweden AB, 2019).

Systemet ifråga anses vara ytterst effektivt för att minska motståndet men som sagt krävs det stora mängder tryckluft för att kunna upprätthålla “luftmattan” som uppstår. Behovet av tryckluft påverkas av många olika faktorer såsom sjöstillstånd, fartygets eget flytläge samt fartygets skrovform och tryckförlust som kan uppstå hos rör och dylika installationer. Vid motståndsbremsning med hjälp av en “luftmatta” har man också lagt märke till att effekten på minskning av friktionen avtar vid högre hastigheter och därmed krävs ett

yttre högre luftflöde för att ha lika stor effekt (Mäkiharju, S.A. et al., 2012, SSPA Sweden AB, 2019).

Systemet kan också installeras på existerande fartyg. Då har man också märkt att systemet är mera effektivt på flata och jämna ytor. Teknologin som utnyttjar en "luftmatta" har en liten påverkan på fartygets manöverförmåga (Mäkiharju, S.A. et al., 2012, SSPA Sweden AB, 2019).

5.3.3 Minskning av motstånd med hjälp av kaviteter i fartygsbotten

Ett ACS-system (air cavity ship) fungerar så att man bygger håligheter i fartygsbotten. I dessa håligheter eller kaviteter kommer man i sin tur att trycka in luft (Mäkiharju, S.A. et al., 2012, SSPA Sweden AB, 2019).

För systemet eftersträvas en så stor plan yta som möjligt. Denna i sin tur ökar effektiviteten samt att man bättre kan kontrollera beteendet hos den intryckta luften, det vill säga att man får en bättre kontroll på "luftmattans" konfiguration med ett relativt litet flöde av tryckluft. En skillnad mellan olika ACS-system finns. Beroende på storlek och utseende hos håligheterna kan ett ACS-system antingen vara en multivågs-anordning eller en singelvågs-anordning (Mäkiharju, S.A. et al., 2012, SSPA Sweden AB, 2019).

I ett system som använder sig av kaviteter och tryckluft finns det två olika flöden vilka bör tas i beaktande, det vill säga det första initiala flödet för att skapa trycket inom kaviteten ifråga samt det andra lägre kontinuerliga flödet för att behålla "luftmattan" som skapats. Kaviteternas utformning vilken här också påverkas av ett flertal faktorer har visat sig vara mera utmanande för sådana fartygstyper vars längder är större och vars hastigheter är lägre. Detta är huvudsakligen beroende på att det då krävs en längre hålighet och därmed kan längden resultera i att ett eget vågsystem bildas inom håligheten själv (Mäkiharju, S.A. et al., 2012, SSPA Sweden AB, 2019).

Systemet är mera effektivt på större fartygstyper med stora flata ytor. Dessa fartygstyper kräver då att kaviteterna är djupare vilket i sin tur resulterar i att ett högre luftflöde krävs för att fylla upp den volym som håligheten utgör (Mäkiharju, S.A. et al., 2012, SSPA Sweden AB, 2019).

Ett system som bygger på ACS-teknologin går endast att installera på nybyggen, man har också märkt att systemets effektivitet minskar vid hård sjögång (Mäkiharju, S.A. et al., 2012, SSPA Sweden AB, 2019).

6. RESULTAT

Kapitlet ifråga presenterar och sammanställer den information och data man samlats in under processen med arbetet.

6.1 Teoretisk tolkning

Tekniken där man använder sig av tryckluft är ändamålsenlig. Man har lyckats reducera friktion på fartygsskrovet och därmed också möjliggjort en viss besparing av bränsle. Huvudsakligen har dessa experiment gjorts under laboratorieförhållanden. Systemen har också installerats på ett fåtal existerande fartyg (frånsett ACS). Tekniken är mera ändamålsenlig för vissa fartygstyper eftersom deras konstruktion möjliggör en högre reduktion (Mäkiharju, S.A. et al., 2012, SSPA Sweden AB, 2019).

Olika fartygstyper påverkar också frågan om systemets hanterlighet ur en effektivitets synpunkt. En annan begränsning angående tryckluftssanordningar berör ACS-systemet eftersom det endast kan installeras på nybyggen. Man måste också ta i beaktande den mängd luft som krävs för driften av systemet, så att den energi som spenderas för produktion av tryckluft inte överskrider den besparing som gjorts (Mäkiharju, S.A. et al., 2012, SSPA Sweden AB, 2019).

Man måste också betänka att alla system och tekniker som handlar om besparing av bränsle är beroende av världsekonomin. Förenklat sagt kan man säga att då priser på bränsle är höga, är intresset högre, för att införa en helt ny och en relativt komplex teknik, såsom användning av tryckluft för att minska friktion hos fartygsskrov (Mäkiharju, S.A. et al., 2012, SSPA Sweden AB, 2019).

Man skall inte heller glömma att allt högre krav på renade utsläpp kan utveckla ett intresse för att vidareutveckla och använda sådana system som minskar förbrukning, vilket i sin tur minskar utsläpp. Systemen där man använder sig av tryckluft för att reducera motstånd kan kombineras med andra energibesparande system för att få större effekt (Mäkiharju, S.A. et al., 2012, SSPA Sweden AB, 2019).

Logistiken bör också tas i beaktande. Vilka fartyg kan bäst utnyttja systemen ifråga?
Fartygens storlek och trafikområden är betydelsefulla vid frågan om användbarhet och nytta.
Sammanfattningsvis anses systemets användbarhet begränsad av flera faktorer inkluderande
de exempel som nämnts (Mäkiharju, S.A. et al., 2012, SSPA Sweden AB, 2019).

7. DISKUSSION OCH SLUTSATSER

System som använder sig av tryckluft för att minska motstånd hos fartyg är mest användbara på stora oceangående fartyg och är också användbara system i kombination med andra energibesparande anordningar.

En intressant fråga som inte direkt besvaras i källorna, är hur systemen fungerar under olika vädersituationer, till exempel huruvida systemen fungerar under isförhållanden. En av mina frågor som dyker upp då, är ifall det finns en möjlighet att det bildas kondens i de öppningar där man blåser in luft och att det därmed är risk att de kan bli täppta av isproppar?

Även ifall samma sorts teknik använts på isbrytare för att komma loss från is kan man tänka sig att systemet där inte varit i ett kontinuerligt bruk, vilket skulle minimera den eventuella kondens som kan uppstå.

En annan aspekt gällande väder att tänka på, är hur sjögången påverkar systemets effektivitet. I fråga om storlek tänker jag mig att större fartyg har en större nytta av systemet, eftersom större fartyg kan ha större motstånd från friktion jämfört med vågbildningsmotstånd och därmed skulle besparingen bli större.

En fråga som skulle kunna tänkas dyka upp är hur ett kontinuerligt flöde av luft påverkar slitaget på fartyget. Kan det ge upphov till att det uppstår kavitation längs med fartygsskrovet? Kan det ge upphov till att bottenmålningen slits ner snabbare och att det börjar rosta snabbare?

Hur bra systemet lämpar sig för fartyg i olika trafikområden kan också vara en tänkvärd aspekt. Är systemet bättre lämpat för fartyg vars trafikområden består av längre sjöresor eller för fartyg som drivs i mera kustnära trafik.

Kostnader för att installera systemet borde också beaktas. Den nettobesparing som man kommit fram till i laborationer, är att ett system som med hjälp av tryckluft minskar motstånd hos fartygsskrovet är ca 10%-15% av bränsleförbrukningen. Den verkliga bränslebesparingen kan inte ännu påvisas, eftersom systemet enbart är installerat på ett fåtal fartyg.

7.1 Kritisk granskning

Vid användning av kvalitativ analysmetod kan det finnas en risk att en del källor blir exkluderade som kan ha en stor påverkan på forskningsarbetets utfall. Man har indirekt kunnat missa någon källa då man skummat igenom artiklar. Det finns också en annan risk under forskningsarbetet som skrivs på basen av källor vilka enbart är litteraturbaserade. Finns det tolkningsfel? Det här felet kan också uppstå med andra sorters källor.

Tidsanvändningen är också betydelsefull vid skrivandet av arbetet. Eftersom det här arbetet är baserat på källor i litteraturform, kan den under tiden av arbetet, uppstå nya mera aktuella källor som kan påvisa att de uppgifter som tidigare samlats in är falska.

Jag har utfört arbetet i några intervaller. Det här kan utgöra risk för att man mister den så kallade röda tråden. Å andra sidan kan det medföra att nya idéer uppstår. Arbetet ifråga är ganska långt förenklat, eftersom arbetet handlar om en teknik som bygger på att en mängd faktorer skall uppfyllas. Det finns en möjlighet att tekniken ifråga inte är användbar på alla fartyg. Det kan finnas ett intresse hos kommande studerande att vidareutveckla detta arbete så att man studerar flera nya framtida fartyg där systemen installeras.

Hur bra har frågeställningarna för arbetet besvarats? Den första frågan har besvarats relativt bra. Systemen är praktiskt användbara. Den andra frågan, om begränsningar, besvaras mera mångtydigt. Den skulle kunna bli bättre besvarad ifall man hade mera objektiva data från fartyg som har systemen installerade. Den tredje frågan, varför systemen inte har installerats på flera fartyg, är obesvarad i källorna. Jag tänker mig att det här beror på att tekniken ännu är ny och under utprovning.

KÄLLOR

2009:1672. *Miljöskyddslag för sjöfarten*. Kommunikationsministeriet

Braun, V., Clarke V.(2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative research in psychology*, 77-101.

European maritime safety agency. (2019). *Greenhouse gas*. Hämtad 2019-03-13 från <http://www.emsa.europa.eu/main/air-pollution/greenhouse-gases.html>

Forskningsetiska delegationen (TENK). (2012) *God vetenskaplig praxis och handläggning av misstankar om avvikelser från den i Finland*. Hämtad 2019-21-10 från https://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf

Haun, E., (2014, 15 oktober). ClassNK Certifies Ship with Air Lubrication System. MarineLink. Tillgänglig: <https://www.marinelink.com/news/lubrication-certifies379882>

Höst, M., Regnell, B. & Runeson, P. (2006). *Att genomföra examensarbete*, 67-68. Lund: Studentlitteratur

IMO. (2015). *Third IMO Greenhouse gas Study 2014*. London: IMO.

Marinetraffic.(2015). *Yamato*. Hämtad 2020-26-04 från <https://www.marinetraffic.com/fi/photos/of/ships/shipid:460600>

Marinetraffic.(2018). *Allure of the Seas*. Hämtad 2020-04-27 från <https://www.marinetraffic.com/fi/photos/of/ships/shipid:372814>

Marinetraffic.(2019). *Harvest Frost*. Hämtad 2020-26-04 från <https://www.marinetraffic.com/fi/photos/of/ships/shipid:1131970>

Marpol: Consolidated ed.2017, 6th ed. (2017). IMO.

Molland, A.F., Turnock, S.R. & Hudson, D.A. (2011).

Ship Resistance and Propulsion: Practical Estimation of Propulsive Power.

Cambridge University Press.

Mäkiharju, S.A., Perlin M., Ceccio S.L.(2012).

On the energy economics of air lubrication drag reduction.

International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, 4 (4), 412-422.

doi:10.2478/IJNAOE-2013-0107

NYK-Hinode Line Ltd. (2010). *Second Module Carrier Equipped with an Innovative Air-Lubrication System Delivered*. Hämtad 2020-24-04 från

https://www.nyk.com/english/news/2010/NE_101202.html

Resistance and powering of ships. Hämtad 2020-24-04 från

<https://www.usna.edu/NAOE/files/documents/Courses/EN400/02.07%20Chapter%207.pdf>

Science Direct.(2012). *Olika lufttrycksanordningar*. Hämtad 2020-26-04 från

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2092678216303594>

SSPA Sweden AB. (2019). *Hull air lubrication:future and challenges*. Hämtad 2019-09-17

från <https://www.sspa.se/ship-design-and-hydrodynamics/hull-air-lubrication-future-and-challenges>

Suuronen, H. (2018). *EEDI ja SEEMP Uusien aluksien energiatehokkuuden suunnitteluindeksi ja alusten energiatehokkuuden hallintasuunitelma* (kandidatuppsats).

Mikkeli: Logistiikka ja merenkulku, Kaakkois-suomen ammattikorkeakoulu.

Tillgänglig:

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/150239/Suuronen_Hanna.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Witthaus.M. (2015, 29 December). Royal Caribbean perfects the art of sailing on air. *Cruise and ferry*. Tillgänglig: <https://www.cruiseandferry.net/articles/royal-caribbean-perfects-the-art-of-sailing-on-air>

Wärtsilä. (2019). *Air Lubrication*. Hämtad 2019-03-12 från

<https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/air-lubrication>