

Martin Aske, Markus Hellesest og Roy Schönherr

Autonomi – En statusoversikt 2021

Bacheloroppgave i Nautikk

Veileder: Knut Remøy

Juni 2021

Martin Aske, Markus Helleseth og Roy Schönherr

Autonomi – En statusoversikt 2021

Bacheloroppgave i Nautikk

Veileder: Knut Remøy

Juni 2021

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Fakultet for ingeniørvitenskap

Institutt for havromsoperasjoner og byggteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Oppgavetekst

En statusoversikt over den maritime autonome utviklingen i 2021.

Det er stadig større fokus på autonomi innen den maritime næringen, i denne oppgaven vil vi forsøke å belyse den pågående utviklingen ved å gi leseren en oversikt over ulike autonome prosjekter. Det er en rekke prosjekter rundt om i verden som driver med utvikling og testing av autonome fartøy, men det er få om noen som er i full drift, hvorfor det er slik er noe av det vi vil prøve å belyse.

I denne oppgaven skal studentene undersøke og utrede blant annet:

- Hvordan defineres autonomi og hvilke begreper brukes?
- Hvilke prosjekter finnes i dag?
- Hvem er størst pådriver for autonom utvikling?
- Hvor foregår utviklingen?
- Hvilke fartøystyper utvikles til å bli autonome?
- Hvordan kan nær fremtid se ut for autonom utvikling?

Besvarelsen skal redigeres som en forskningsartikkel med sammendrag, konklusjon og referanseliste. Ved utarbeidelsen av teksten skal det legges vekt på å gjøre den så kort, oversiktlig, presis og etterrettelig som mulig. Oppgavens omfang skal reflektere en arbeidsbelastning tilsvarende 15 studiepoeng for hver av studentene. Siden det er begrenset tilgang på informasjon rundt dette temaet fra uavhengige kilder, vil denne oppgaven ta i bruk en rekke kilder både primere og sekundere.

NTNU i Ålesund forbeholder seg retten til fritt å kunne benytte oppgaven i undervisning og utviklingsarbeid.

Veileder: Knut Remøy

Sammendrag

Det er et stadig større fokus på avansert teknologi innen den maritime næringen, og dermed også økende interesse for autonomi, men det er ikke enkelt å skaffe seg en oversikt over hvor langt denne utviklingen faktisk har kommet. Denne oppgaven vil forsøke å gi leseren en oversikt over en del autonome prosjekter som dekker et bredt spekter av segmenter for å kunne gi en indikasjon på statusen til den autonome utviklingen.

Det ble derfor besluttet å samle inn data fra en rekke prosjekter, for så å kunne presentere disse på en oversiktlig måte for leseren. Dataen som ble samlet inn ble videre brukt til å se på hvem som er pådrivere bak utviklingen og hvor utviklingen foregår. Oppgaven kommer frem til at det er i Europa det foregår størst autonom utvikling med teknologiselskapene som største pådriver.

Ved å arbeide med de ulike prosjektene kom det frem at det ble brukt en rekke ulike graderingssystemer til å beskrive hvor autonomt fartøyet var, dette gjorde det utfordrende å sammenligne de ulike prosjektene. Det ble da nødvendig å se på de ulike graderingssystemene og terminologien rundt autonomi. Etter å ha sett på en rekke ulike aktørers måte å beskrive ulike grader på, ble det besluttet å benytte NFAS sine grader i denne oppgaven for å skape en gjennomgående helhet.

Abstract

There is an ever-greater focus on advanced technology in the maritime industry, and therefore also an increasing interest for autonomy. To gauge how far the development has progressed is a difficult task. This thesis will try to give the reader an overview over several autonomous projects covering a wide range of segments. This is to give the reader an indication of the status of autonomous development.

A decision was made to gather information from a series of projects and thereafter present them in clear fashion. The information gathered was used to analyse who the driving force behind the development is, and where it is located. The thesis will give a clear indication that the largest part of autonomous development is in Europe and that the main driving forces are the developers of the underlying technology, rather than the maritime industry itself.

During the research of the different projects, it was discovered that there is number of different systems for grading autonomous vessels. This posed a challenge for comparing the projects to one another. It was therefore necessary to look at these systems and the general terminology surrounding autonomy. After closer inspecting the different systems, a decision was made to use NFAS system, to establish a common understanding of the grades of autonomy throughout the thesis.

Terminologi

A.I./K. I – Artificial Intelligens / kunstig intelligens

GNSS - Global navigation satellitt system

TEU - twenty-foot equivalent unit

MASS - Maritime Autonomous Surface Ships

USV - Unmanned Surface Vessel

AUV – Autonomous Underwater Vehicle

ASV – Autonomous Surface Vessel

SAR – Search and Rescue

PID-regulator – Proporsjonal Integrasjon Derivasjon

IMO – International Maritime Organization

DNV – Det Norske Veritas

CCNR – Central Commission for the Navigation of the Rhine

ISO – International Organization for Standardization

NFAS – Norsk Forum for Autonome Skip

ABS – American Bureau of Shipping

LIDAR - Light Detection and Ranging, optisk fjernmåling

FN – De forente nasjoner

FFI – Forsvarets forskningsinstitutt

Innhold

Oppgavetekst	I
Sammendrag	II
Abstract	III
Terminologi	IV
Innhold	V
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Problemstilling	2
1.3 Avgrensning	3
2 Metode	4
2.1 Valg av metode.....	4
2.2 Fremgangsmåte	5
2.3 Kildekritikk	6
3 Teori	7
3.1 Operasjonelle grader av autonomi.....	7
3.1.1 International Maritime Organization.....	7
3.1.2 International Organization for Standardization.....	8
3.1.3 Norsk Forum for Autonome Skip	9
3.1.4 Thomas B. Sheridan	10
3.1.5 American Bureau of Shipping.....	11
3.1.6 Det Norske Veritas	12
3.1.7 Central Commission for the Navigation of the Rhine.....	12
3.1.8 Lloyds Register	13
3.1.9 Droner	14
3.2 Faktorer ved valg av autonomi	14
3.2.1 Økonomi.....	14
3.2.2 Miljø.....	15
3.2.3 Sikkerhet	15
4 Prosjekter	16
4.1 Europa	17
4.1.1 Norge.....	17
4.1.1.1 Yara Birkeland	17
4.1.1.2 Asko Sjødroner	19
4.1.1.3 Ocean Space Drone 1 og 2.....	21
4.1.1.4 MilliAmpère.....	22
4.1.1.5 Ny Sundbåt i Kristiansund	23
4.1.1.6 Bastø VI	24
4.1.1.7 ReVolt	25
4.1.1.8 Reach Remote	26
4.1.1.9 The Mariner.....	27
4.1.1.10 The Otter	28
4.1.1.11 The Sounder USV	29
4.1.1.12 Odin.....	30
4.1.2 Danmark.....	32
4.1.2.1 Svitzer Hermod	32

4.1.2.2	Recotug	33
4.1.3	Nederland:	34
4.1.3.1	Joint Industry Project Autonomous Shipping	34
4.1.3.2	CaptainAI	36
4.1.4	Finland	38
4.1.4.1	SVAN - Safer Vessel with Autonomous Navigation	38
4.1.5	Storbritannia	39
4.1.5.1	Sea-Kit	39
4.1.5.2	RNMB Harrier	41
4.1.6	Tyrkia	42
4.1.6.1	ULAQ serien	42
4.1.7	Russland	43
4.1.7.1	M/V Kamilla	43
4.1.8	Europeisk samarbeid	45
4.1.8.1	Autoship	45
4.2	Nord Amerika	48
4.2.1	USA	48
4.2.1.1	ASW ACTUV	48
4.2.1.2	Mayflower autonomous ship	50
4.2.1.3	Armada Fleet	51
4.3	Asia:	53
4.3.1	Japan:	53
4.3.1.1	NYK Iris Leader	53
4.3.1.2	NYK Yoshio Maru	54
4.3.1.3	ISHIN NEXT – MOL Smart Ship Project	56
4.3.2	Kina	58
4.3.2.1	Jindouyun 0 Hao	58
4.3.2.2	OceanAlpha	59
4.4	Oceania	61
4.4.1	Australia	61
4.4.1.1	Bluebottle USV	61
4.5	Oppsummering av prosjektene	62
5	Drøfting	64
5.1	Grad av autonomi	64
5.2	MASS Terminologi	67
5.3	Hvem er pådriver bak den autonome utviklingen?	68
5.4	Hvor foregår den autonome utviklingen?	70
5.5	Fartøystyper	72
5.5.1	Nye eller eksisterende fyrtøy	72
5.5.2	Størrelse	72
5.5.3	Bruksområde	74
5.6	Status og veien videre	76
6	Oppsummering	78
7	Figurliste	80

8	Tabelliste	81
9	Kildehenvisninger	81

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I 1968 installerte det svenske Salenrederierna den første true motion radaren om bord på tankskipet «Sea Sovereign». Dette var også første skipet som hadde en datamaskin med prosessor om bord. Radarene som tidligere fantes ombord, hadde kun mulighet til å vise målenes relative bevegelse i forhold til eget fartøy. Dermed var det opp til navigatørene å bearbeide informasjonen de fikk av radaren for å kunne bestemme målets faktiske kurs og fart. Dette kunne ha som konsekvens at andre arbeidsoppgaver måtte nedprioriteres for at radaren skulle kunne fungere som et effektivt navigasjonshjelpemiddel. Radaren som ble installert på «Sea Sovereign» hadde fordelen av å kunne gi faktisk kurs og fart automatisk, dermed ble navigatørens arbeidsmengde redusert. I tillegg ble viktig navigasjonsinformasjon gjort lettere tilgjengelig istedenfor at navigatørene selv måtte plote målet. Dette var en av de tidligste formene for automatisering ombord på et handelsfartøy (Johansson, 2020).

Implementeringen av denne teknologien kan anses å være begynnelsen på utviklingen av stadig mer avansert teknologi ombord på handelsfartøy. Over de neste tiårene ble det introdusert flere nye teknologier som automatiserte deler av navigatørens oppgaver. Dette førte til en forandring i noen av navigatørens arbeidsoppgaver og bidro til å sikre navigasjonen ytterligere. Etter hvert førte dette også til en gradvis reduksjon i behovet for personell om bord.

Da Salenrederierna installerte true motion radaren om bord på «Sea Sovereign» var autopiloten allerede et vanlig system om bord på handelsskip. De første autopilotene ble vanlig på handelsfartøy i løpet av 1950- og 60- tallet. Autopilotens oppgave var å redusere behovet for manuell styring der dette var forsvarlig. Systemet var primitiv og kun designet for å holde en gitt kurs. Moderne autopiloter bruker PID-regulering. PID-reguleringen fungerer slik at autopiloten er i stand til å stabilisere seg raskt og med minimal rorvinkel på angitt kurs, samt å holde kursen med minimale avvik fra ønsket kurs (Kjerstad, 2019). Dette bidro til å minske arbeidsmengden til navigatøren og dermed frigjorde tid til andre oppgaver.

Fra 1960- til 80-tallet ble utviklingen av dynamiske posisjoneringssystem, DP, drevet fram av økningen i olje og gass aktivitet til havs. DP-systemet får datainput fra en rekke systemer

som posisjonsreferansesystem, vindmålere og stilingsreferanser. Disse inputdataene blir behandlet av en datamaskin som kan tilpasses operatørens preferanser. Denne inputdataen brukes til å styre thrusterne og rorene for å motvirke de ytre kreftene og holde skipet i ønsket posisjon (Kjerstad, 2019).

Gjennom studiene våre har vi blitt mer bevisst på at det har vært en gradvis utvikling mot mer automatiserte systemer de siste tiårene og at arbeidsmengden til navigatører blir lettet som følge av dette. Vi har også med jevne mellomrom sett nyheter relatert til autonome fartøy og utviklingen av disse. Dette kan gi antydninger til at utviklingen vil fortsette og at det er sannsynlig at fullautonome fartøy kan bli en virkelighet i framtiden. Det er mulig at det kun er få år til de første fartøyene med stor grad av selvstyring vil være i kommersiell drift. Hvor langt unna utviklingen er fra å oppnå dette er det stor usikkerhet rundt. Dette er noe vi ønsker å finne svar på og det ga oss inspirasjonen til å velge den autonome utviklingen som tema for vår bacheloroppgave. Denne oppgaven vil samle informasjon om ulike prosjekter som jobber med utvikling innenfor dette feltet. Målet er å lage en oversikt for å kunne gi et tydelig bilde over hvor utviklingen foregår, hvem som er pådriverne og når prosjektene planlegger å nå målene sine.

Den første delen av oppgaven vil ta for seg ulike grader og begreper rundt autonomi samt bakgrunnen for at enkelte velger å satse på autonome fartøy. I kapittel 4 vil oppgaven beskrive et bredt spekter av prosjekter som jobber med utviklingen av maritim autonomi. Oppgaven vil ta for seg både sivile og militære prosjekter. Deretter vil momentene i problemstillingen drøftes.

1.2 Problemstilling

Problemstillingen denne oppgaven vil ta for seg er å undersøke og utrede statusen for den maritime autonome utviklingen i 2021. For å gi et helhetlig bilde skal følgende delspørsmål besvares:

- Hvordan defineres autonomi og hvilke begreper brukes?
- Hvilke prosjekter finnes i dag?
- Hvem er størst pådriver for autonom utvikling?

- Hvor foregår utviklingen?
- Hvilke fartøystyper utvikles til å bli autonome?
- Hvordan kan nær fremtid se ut for autonom utvikling?

1.3 Avgrensning

Oppgaven vil i hovedsak fokusere på prosjekter som utvikler og/eller drifter autonome og/eller delvis autonome overflatefartøy. Oppgaven vil ikke omtale infrastrukturen rundt fartøyene der dette ikke er direkte tilknyttet enkeltprosjekter på en slik måte at det faller naturlig å ta det med i oppgaven. Oppgaven vil heller ikke ta for seg teknologien bak prosjektene og eventuelle testområder for autonome fartøy der dette ikke er direkte relevant for enkeltprosjekter oppgaven omhandler.

For å kunne levere en mer oversiktlig og helhetlig oppgave vil den også ta for seg terminologien og graderingen rundt autonomi og diverse problemstillinger tilknyttet dette. Det gjøres for å kunne drøfte og sammenligne prosjekter som blir omtalt i oppgaven på en oversiktlig måte. Det vil derfor bli avgrenset til det som er relevant for oppgaven og ikke et helhetlig bilde på alle problemstillinger knyttet til terminologi og gradering av autonome og delvis autonome overflatefartøy.

Denne oppgaven vil ta for seg pådriverne bak den autonome utviklingen, det ble valgt å dele disse i tre hovedkategorier; de tre hovedkategoriene er henholdsvis:

- Den maritime næringen
- Teknologiselskap/teknologiutviklere
- Militæret

Når vi omtaler «den maritime næringen» som en pådriver inkluderer dette også kommersielle aktører som ikke har en direkte tilknytning til det maritime i andre prosjekter enn det som er omtalt i denne oppgaven. Når vi omtaler «teknologiselskaper/teknologiutviklere» vil dette inkludere selskaper som også drifter noen få fartøy, men som i hovedsak driver med teknologiutvikling.

Oversikten over prosjekter er delt inn etter geografi, i den forbindelse ble det besluttet å plassere Russland under Europa, selv om store deler av landet ligger i Asia. Dette valget ble tatt siden hovedstaden ligger i den europeiske delen av landet.

Det ble gjennomført avgrensinger og mindre relevante prosjekter, eller prosjekter uten tilstrekkelig informasjon tilgjengelig ble ekskludert. Dette gjelder spesielt militære prosjekter der det var spesielt vanskelig å finne oppdaterte og informative kilder.

2 Metode

Dette kapittelet skal redegjøre for metoden vi har valgt for oppgaven og hvilken begrensning vi har valgt å sette for ekskludering av prosjekter og kilder.

2.1 Valg av metode

Med hensyn på tilgjengelig informasjon og kvaliteten på denne ble det valgt å gjennomføre en begrenset kvalitativ studie i form av en litteraturstudie. Dette vil gi et best mulig grunnlag for å kunne besvare problemstillingen. For å lage en statusoversikt var det nødvendig å se på allerede eksisterende prosjekter, noe som vil gi oss muligheten til å svare på spørsmålene rundt statusen for autonomi i 2021. For å kunne finne en representativ mengde med informasjon begrenser ikke oppgaven seg til kun vitenskapelig litteratur, men inkluderer også artikler fra bransjenettsider og informasjon direkte fra prosjektene.

En litteraturstudie er en metode hvor oppgaven tar for seg litteratur rundt et spesifikt tema for å få oversikt over temaet samt å gi et dypere innblikk. En kvalitativ metode forholder seg til data i form av tekst, men en kvantitativ metode forholder seg i hovedsak til tall (Johannessen, Tufte and Christoffersen, 2010). Informasjonen om prosjektene er hentet ut fra litteraturen. Det er også hentet ut noen tall fra litteraturen for å kunne gi en grad av kvantitativ forståelse, men hovedvekten av drøftingen baserer seg på den kvalitative metoden.

Det ble tatt et valg om å ikke gjennomføre intervjuer, og dermed kun forholde seg til litteratur. Maritim autonomi er et relativt nytt felt og de fleste personer med tilstrekkelig kompetanse er tilknyttet et prosjekt eller et selskap. Dermed er det mindre sannsynlig at vedkommende er i stand til å kunne gi et nøytralt og uavhengig svar. Det er heller ikke

garantert at et intervju vil gi mer utfyllende informasjon enn å hente data fra publisert litteratur. I tillegg måtte det ha blitt gjennomført intervjuer med samtlige prosjekter i oppgaven for å kunne ha likt datagrunnlag, uten det kunne et enkelt prosjekt ha fått for stort fokus i oppgaven. Det ville også blitt svært utfordrende å få tak i alle aktører på tvers av landegrensene.

Det har vært svært utfordrende å få tak i informasjon fra alle aktører på tvers av landegrensener. En annen faktor som har gjort det vanskelig å innhente informasjon direkte fra utvikleren er at det er stor grad av hemmelighet i bransjen. Selskaper er ikke villig til å gi ut mye informasjon til utenforstående da dette innebærer en risiko for at sensitiv informasjon, og detaljer rundt utviklingen blir kjent for konkurrenter. Mange av selskapene bruker stor del ressurser på utviklingen og ønsker å beholde et fortrinn ved å dele minst mulig om prosjektene sine.

2.2 Fremgangsmåte

Datainnsamlingen begynte med at det ble satt opp en liste over prosjekter som allerede var kjent for gruppen. Deretter startet arbeidet med å samle informasjon om disse, gjennom dette fikk gruppen kjennskap til en rekke aktører innen den autonome utviklingen. Dette ga et bedre grunnlag til å søke videre etter prosjekter som tidligere ikke var kjent for gruppen. Informasjonen om prosjektene ble samlet inn fra en rekke nettsider både på norsk og engelsk. Dette inkluderer både primær- og sekundærkilder.

Det ble tatt et valg å legge prosjektene inn under et eget kapittel adskilt fra resten av teorien. Dette ble gjort få å gi leseren en mer oversiktlig liste over prosjektene som kan fungere som et selvstendig oppslagsverk. Det ble satt opp en mal for hvordan informasjonen fra hvert prosjekt skal presenteres for å gi et godt og oversiktlig sammenligningsgrunnlag mellom de ulike prosjektene.

Det er en rekke organisasjoner i den maritime næringen som har utviklet egne beskrivelser for gradene av autonomi. Disse gradene blir presentert i det språket de originalt er skrevet i. Det ble tatt et valg om å benytte et bestemt graderingssystem for autonomi til å beskrive prosjektene uavhengig av hvilket graderingssystem prosjektets utvikler benytter. Etter en vurdering av en rekke aktører sine grader av autonomi ble NFAS sine grader vurdert til å være mest oversiktlig og hensiktsmessig for oppgaven.

Det ble laget en tabell over alle fartøyene nevnt i prosjektene i kapittel 4, i tillegg ble noen viktige moment som størrelse, grad av autonomi og status satt opp i diagram, for å kunne gi leseren en tydelig oversikt.

2.3 Kildekritikk

Det ble tidlig klart at det var få uavhengige kilder å finne for en rekke av prosjektene. Mye av informasjonen er hentet fra hjemmesidene til prosjektene eller artikler i hovedsak basert på informasjon fra utvikleren bak prosjektet. Primærkilder ble prioritert der disse fantes. Det ble tatt et valg om å ikke begrense oppgaven til å kun bruke primærkilder. Det valget ble tatt som følge av at det var vanskelig å finne tilstrekkelig informasjon i primærkildene til å kunne ha et godt nok datagrunnlag, for å kunne skrive utfyllende om prosjektene.

Grunnet vanskeligheten rundt å finne uavhengige kilder ble det spesielt viktig å ha et kritisk syn på alle kilder som ble brukt i oppgaven. Det var viktig å vurdere om forfatteren kan ha egeninteresse i å forvrengte informasjonen til sin fordel, eller om forfatteren har et uavhengig standpunkt. Selv om forfatteren kan ha et uavhengig standpunkt kan kilden informasjonen er hentet fra være partisk (Jacobsen, 2015). Dette kunne ha ført til et uriktig datagrunnlag da de ulike prosjektene skulle sammenlignes dersom gruppen ikke hadde tatt hensyn til dette problemet. For å kunne forsikre seg om at spesielt sekundærkilder var troverdig var det viktig å være bevisst på hvilke kilder som ble brukt og hvem som sto bak disse.

3 Teori

3.1 Operasjonelle grader av autonomi

Flere ulike aktører og organisasjoner for eksempel IMO og DNV har publisert flere retningslinjer og dokumenter som er rettet mot autonome skip. Alle med egne måter å beskrive ulike grader av autonomi. Grader av autonomi som IMO kaller det, eller «Autonomy Level» som Loyds Register introduserte i sine veilednings dokument for Cyber-Enabled Ships sier noe om i hvor stor grad et skip vil kunne operere autonomt, under gitte omstendigheter (Lloyd's Register, u.d.). Denne delen av teorikapittelet vil gå nærmere inn på de overnevnte organisasjonenes ulike grader av autonomi og arbeidet rundt en internasjonal standardisert terminologi.

3.1.1 International Maritime Organization

IMO er særorganisasjonen i FN som er ansvarlig for reguleringer i den internasjonale skipsfarten. Organisasjonen har som mål å opprettholde og utvikle omfattende regelverk for skipsfart og sikkerhet til sjøs. IMO har i sin strategiske plan frem mot 2023 et mål om å innlemme mer ny og avansert teknologi i sine instrumenter. I 2017 forespurte flere medlemsstater IMOs sikkerhetskomite (MSC) å inkludere MASS inn i sitt arbeid og diskusjoner. Grunnet at industrien allerede på dette tidspunkt var i gang med utvikling og bygging av autonome overflateskip, mente MSC at IMO var nødt til å være proaktive (IMO, u.d.). Under arbeidet med å standardisere terminologien er MASS definert som et skip som til en varierende grad kan operere uten menneskelig interaksjon. For å støtte opp om arbeidet som skulle gjøres ble det nødvendig med grader som beskriver MASS, dette for å skape en felles forståelse og ledetråd i fremtidige diskusjoner.

De fire gradene for autonomi som ble fremlagt var kun ment som en ledetråd til diskusjoner. IMO har ikke bestemt seg for om det er disse gradene som vil bli brukt i fremtiden relatert til MASS, da de vil kunne endres i takt med utviklingen (IMO, 2018).

Under prosessen ble det foreslått et ikke hierarkisk system med fire grader av autonomi for MASS. I tillegg ble det klart at MASS kan operere innenfor en eller flere grader av autonomi på en enkeltreise (IMO, 2018). I tabell 1 under kan man lese IMO's grader av autonomi.

Degree one	Ship with automated processes and decision support: Seafarers are on board to operate and control shipboard systems and functions. Some operations may be automated and at times be unsupervised but with seafarers on board ready to take control.
Degree two	Remotely controlled ship with seafarers on board: The ship is controlled and operated from another location. Seafarers are available on board to take control and to operate the shipboard systems and functions.
Degree three	Remotely controlled ship without seafarers on board: The ship is controlled and operated from another location. There are no seafarers on board.
Degree four	Fully autonomous ship: The operating system of the ship is able to make decisions and determine actions by itself.

Tabell 1 IMO's grader av autonomi (IMO, u.d.) Tabell: egen

3.1.2 International Organization for Standardization

Når ISO skal utvikle en ny standard er dette basert på arbeidsgrupper med eksperter fra hele verden. Disse er igjen en del av større tekniske komiteer, eksempelvis ISOs Tekniske Komite nr. 8, arbeidsgruppe 10, smart shipping. Denne angår skip og marin teknologi, og som blant annet driver med utvikling av terminologi for autonome farkoster (ISO, u.d.b). Det er disse gruppene og tekniske komiteer som utvikler de internasjonale standardene forespurt av industrien, som i denne oppgaven eksempelvis er en internasjonal terminologi for MASS forespurt av IMO i 2018 (Maritime Safety Comitee, 2020). Utvikling av en ISO-standard er basert på consensus og kommentarer der alle kommentarer skal tas i betraktning (ISO, u.d.a).

Standarden, som går under navnet «Terminology related to automation of Maritime Autonomous Surface Ships (MASS)» er fortsatt under arbeid. Og ifølge ISO er arbeidet foreløpig inne i en forberedende fase (ISO, u.d.c).

Den foreslåtte MASS terminologien i tabell 2, er hentet fra rapporten på arbeidet gjort av ISO TC8.

Automatic	Pertaining to a process or device that, under specified conditions, can function without human intervention (definition is based on ISO/TR 11065)
Automation	The implementation of processes by automatic means (ISO/TR 11065)
Autonomous	Autonomy in the context of ships, autonomy e.g. as in «Autonomous Ship», means that the ship uses automation to operate without human intervention, related to one or more ship processes, for the full duration or in limited periods of the ship's operations or voyage.
Autonomous ship systems	All physical and human elements that together ensure effective monitoring and control of the autonomous ship processes in the ship's intended operation or voyage.
Remote Control Centre (RCC)	An RCC is a site or device remote from the ship from which monitoring and/or control of some or all of the ship processes can be executed.
Shore Control Centre (SSC)	An RCC that is located on land.
Unattended	Used for a process control position or the process itself, e.g., an "unattended engine control room «or "unattended engine control", when no personnel are attending to the specific process or the corresponding control position.
Crewless ship	A ship with no crew on board

Tabell 2 ISOs generelle MASS terminologi (Maritime Safety Comitee, 2020) Tabell: egen

3.1.3 Norsk Forum for Autonome Skip

Norsk Forum for Autonome Skip er en interessegruppe for personer og organisasjoner som er interessert i autonome skip. Medlemskap i NFAS er åpent for personer og organisasjoner etablert i Norge. Initiativet til å etablere NFAS ble tatt av Sjøfartsdirektoratet, Kystverket, Norsk Industri og MARINTEK (nå SINTEF Ocean) våren 2016. Selv om NFAS er en norsk organisasjon har de et ønske om å bygge nettverk mellom tilsvarende organisasjoner internasjonalt (NFAS, u.d.b).

NFAS har i et dokument som beskriver definisjoner for autonome skip blant annet sett nærmere på automatiseringsnivå, i form av bemanningsnivå og operasjonelle grader av autonomi. Bemannings nivået går på om man har bemannet bro, ubemannet bro med mannskap om bord, eller ubemannet bro uten noe mannskap om bord. De operasjonelle grader av autonomi, der bemanningsnivået så langt det lar seg gjøre er blitt tatt ut av gradene, er de man her skal se nærmere på og blir presentert under i tabell 3 (Rødseth and Nordahl, 2017).

Decision Support	This corresponds to today's and tomorrow's advanced ship types with relatively advanced anti-collision radars (ARPA), electronic chart systems and common automation systems like autopilot or track pilots. The crew is still in direct command of ship operations and continuously supervises all operations. This level normally corresponds to "no autonomy".
Automatic	The ship has more advanced automation systems that can complete certain demanding operations without human interaction, e.g., dynamic positioning or automatic berthing. The operation follows a pre-programmed sequence and will request human intervention if any unexpected events occur or when the operation completes. The shore control centre (SCC) or the bridge crew is always available to intervene and initiate remote or direct control when needed.
Constrained Autonomous	The ship can operate fully automatic in most situations and has a predefined selection of options for solving commonly encountered problems, e.g., collision avoidance. It has defined limits to the options it can use to solve problems, e.g., maximum deviation from planned track or arrival time. It will call on human operators to intervene if the problems cannot be solved within these constraints. The SCC or bridge personnel continuously supervises the operations and will take immediate control when requested to by the system. <u>Otherwise, the system will be expected to operate safely by itself.</u>
Fully Autonomous	The ship handles all situations by itself. This implies that one will not have an SCC or any bridge personnel at all. This may be a realistic alternative for operations over short distances and in very controlled environments. However, and in a shorter time perspective, this is an unlikely scenario as it implies very high complexity in ship systems and correspondingly high risks for malfunctions and loss of system.

Tabell 3 NFAS sine grader av autonomi (Rødseth and Nordahl, 2017) Tabell: egen

3.1.4 Thomas B. Sheridan

Beskrivelsen av grader innenfor autonomi, beskrevet av Thomas B. Sheridan og William L. Verplank kommer frem i et dokument fra 1978. Thomas B. Sheridan har blant annet spesialisert seg innenfor menneske og automasjon og er professor emeritus ved Massachusetts Institute of technology (MIT) (MIT, u.d.). Dokumentet tar for seg faktorer under interaksjon mellom menneske og maskin, når det kommer til fjernstyring av undervannsfarkoster (Sheridan and Verplank, 1978). Den inneholder grader helt fra menneske styring uten noen form for assistanse, til full autonom kontroll der datamaskinen tar alle avgjørelser uavhengig av mennesket, beskrevet under i tabell 4 (AAWA, 2016).

1	Computer offers no assistance; human does it all
2	Computer offers a complete set of action alternatives
3	Computer narrows the selection down to a few choices
4	Computer suggests a single action
5	Computer executes that action if human approves
6	Computer allows the human limited time to veto before automatic execution
7	Computer executes automatically then necessarily informs the human
8	Computer informs human after automatic execution only if human asks
9	Computer informs human after automatic execution only if it decides to
10	Computer decides everything and acts autonomously, ignoring the human

Tabell 4 Sheridans grader av autonomi (AAWA, 2016) Tabell: egen

3.1.5 American Bureau of Shipping

American Bureau of Shipping (ABS) er et amerikansk maritimt klasseselskap som ble etablert i 1862. I dag er ABS ett av verdens største klasseselskap, det er derfor naturlig at selskapet har sett på problemstillingen rundt terminologien forbundet med autonomi.

I ABS sitt rådgivende dokument om autonom funksjonalitet kommer det frem at deres syn på gradene av autonomi er basert på graden av interaksjon mennesket har i data behandlings prosessen. Gradene nevnt nedenfor i tabell 5 er i høy grad basert på Sheridan og Verplank sine grader beskrevet i tabell 4 (American Bureau of Shipping, 2020).

Manual	No system augmentation of human functions. The system offers no or limited assistance, and a human must make all decisions and take all actions.
Smart	System augmentation of human functions. The system provides passive decision support, in the form of health and condition anomaly detection, diagnostics, prognostics, decision/action alternatives, and/or recommendations.
Semi-Autonomy	Human augmentation of system functions. System operation builds upon a smart foundation and is governed by a combination of system and human decisions and actions.
Full Autonomy	No human involvement in system functions. The system makes decisions and takes actions autonomously. Humans are out of the loop and perform a supervisory function. They will have capability to intervene and override actions made by the system.

Tabell 5 ABS sine grader av autonomi (American Bureau of Shipping, 2020) Tabell: egen

3.1.6 Det Norske Veritas

Det Norske Veritas (DNV) er et internasjonalt selskap som driver med kvalitetssikring og risikohåndtering, selskapet har hovedkontor i Norge.

DNV skriver at en kategorisering av selvstyring vil være basert på hvilken kontekst det brukes i. Det vil finnes forskjeller mellom eksempelvis; navigering av skipet, som er en mer dynamisk prosess, om informasjonsinnhenting, prosessering og utførelse, og styringen av fremdrift som ikke har de samme komplekse og dynamiske operasjoner. I dag er navigasjon i høy grad basert på menneskelige observasjoner, analyser og beslutninger. Mens maskineriets funksjoner i høy grad er selvstyrt og mannskapet bedriver kun overvåkning (DNV-GL, 2018). DNV sine grader av autonomi blir presentert under i tabell 6.

M	Manually operated function.
DS	System decision supported function.
DSE	System decision supported function with conditional system execution capabilities (human in the loop, required acknowledgement by human before execution).
SC	Self-controlled function (the system will execute the operation, but the human is able to override the action. Sometimes referred to as 'human on the loop').
A	Autonomous function (the system will execute the function, normally without the possibility for a human to intervene on the functional level).

Tabell 6 DNV sine grader av autonomi (DNV-GL, 2018) Tabell: egen

3.1.7 Central Commission for the Navigation of the Rhine

Central Commission for the Navigation of the Rhine (CCNR), er den eldste internasjonale organisasjonen i moderne historie, etablert i 1815. Organisasjon som består av medlemslandene Belgia, Frankrike, Tyskland, Nederland og Sveits, regulerer seiling på Rhinen. Rhinen er ryggraden i innenlands fart i Europa og står for to tredjedeler av varene som transporteres på indre vannveier i Europa (CCNR, u.d.a). I likhet med IMO ser også denne organisasjonen behovet for å definere de operasjonelle gradene innenfor maritim autonomi. Dette er for å kunne arbeide effektivt og skape felles forståelse i diskusjonene rundt den økende mengde av automatisering av seilinger og autonome prosjekter på innenlands farvann (CCNR, u.d.b). I tabell 7 nedenfor presenteres CCNR sine grader for autonomi.

0. No Autonomation	The full-time performance by the human boat master of all aspects of the dynamic navigation tasks, even when supported by warning or intervention systems. E.g., navigation with support of radar installation
1. Steering Assistance	The context-specific performance by a steering automation system using certain information about the navigational environment and with the expectation that the human boat master performs all remaining aspects of the dynamic navigation tasks. E.g., rate-of-turn regulator E.g., track pilot (track-keeping system for inland vessels along pre-defined guiding lines)
2. Partial Automation	The context-specific performance by a navigation automation system of both steering and propulsion using certain information about the navigational environment and with the expectation that the human boat master performs all remaining aspects of the dynamic navigation tasks.
3. Conditional Automation	The sustained context-specific performance by a navigation automation system of all dynamic navigation tasks, including collision avoidance, with the expectation that the human boat master will be receptive to requests to intervene and to system failures and will respond appropriately.
4. High Automation	The sustained context-specific performance by a navigation automation system of all dynamic navigation tasks and fallback performance, without expecting a human boat master responding to a request to intervene. This level introduces two different functionalities: the ability of “normal” operation without expecting human intervention and the exhaustive fallback performance. Two sub-levels could be. E.g., vessel operating on a canal section between two successive locks (environment well known), but the automation system is not able to manage alone the passage through the lock (requiring human intervention)
5. Autonomous Full Automation	The sustained and unconditional performance by a navigation automation system of all dynamic navigation tasks and fallback performance, without expecting a human boat master responding to a request to intervene.

Tabell 7 CCNR sine grader av autonomi (CCNR, u.d.b) Tabell: egen

3.1.8 Lloyds Register

Loyds startet som klasseselskap i 1760, i dag er det et av verdens ledende med klienter i over 75 land (Lloyd’s Register, u.d.b). Lloyds Register mener et system innenfor gradering av autonomi, eller som de kaller det «Autonomy Levels» som presentert i tabell 8 gir en klarhet til designere, skipsbyggere, utstyrsleverandører, redere, og operatører som gjør det mulig å gi et spesifikt bilde av valgt grad av autonomi i design og operasjon av autonome fartøy. Samt at det gir en bedre forståelse av investerings og risikobildet (Lloyd’s Register, 2016).

AL0	Manual- no autonomous function
AL1	On ship decision support
AL2	On and off ship decision support
AL3	Active human in loop
AL4	Human on the loop- operator or supervisory
AL5	Fully autonomous and rarely supervised
AL6	Fully autonomous with no supervisor

Tabell 8 Lloyd’s Register sine grader av autonomi (Lloyd’s Register, 2015) Tabell: egen

3.1.9 Droner

Flere av prosjektene i denne oppgaven beskriver seg som droner. Dronebegrepet brukes ofte om mindre ubemannede fartøy som kan kontrolleres ved hjelp av fjernstyring, eller operere autonomt ved hjelp av programvare, sensorer og GPS (Tandberg and Jarslett, 2020). Unmanned surface vessel/vehicle (USV) og autonomous surface vehicles (ASV) er også begreper som går igjen i noen av prosjektene i denne oppgaven. Begrepene referer til fartøy som opererer på havoverflaten uten bemanning om bord (Yan *et al.*, 2010). Begge disse begrepene er noe man i daglig tale ville betegnet som droner.

3.2 Faktorer ved valg av autonomi

Denne oppgaven vil ta for seg en rekke prosjekter som i større eller mindre grad er autonome. I dette kapittelet vil oppgaven forsøke å belyse hvorfor enkelte velger å satse på autonomi til sine fartøy.

3.2.1 Økonomi

Når en reder skal anskaffe nye fartøy er økonomi en viktig faktor. Derfor kan det stilles spørsmål ved om autonomi er veien å gå, siden fartøyene er betydelig dyrere å produsere enn et bemannet fartøy av samme type; dette gjelder spesielt ved havgående lasteskip. Ved å ta inn faktorer som mannskapsutgifter, design og energibesparelser, vil det bli klart at autonomi kan gi kostnadsbesparelser selv om bygge og utviklingskostnadene kan være høyere (NFAS, u.d.a).

Rolls Royce har gjennomført en beregning som viser at energibehovet for sjøfrakt kan reduseres med opptil 30% ved å fjerne hotellseksjonen, personlig sikkerhetsutstyr om bord og det tilhørende energibehovet i tillegg vil dette gi mer plass til gods. Ubemannede skip kan også redusere hastigheten uten at dette gir konsekvenser for mannskapskostnaden, noe som igjen reduserer energibehovet til fartøyet (NFAS, u.d.a).

I tillegg til redusert energibehov vil autonome fartøy bygges med minst mulig deler som trenger vedlikehold underveis, noe som kan føre til et mer kontrollert og forutsigbart vedlikehold av fartøyene. Om dette fører til reduksjon i vedlikeholdskostnadene er enda

uvisst. Å fjerne personlig sikkerhetsutstyr fra fartøyene vil ikke bare være plassbesparende, men også redusere kostnadene rundt vedlikehold og sertifisering (The Explorer, u.d.).

3.2.2 Miljø

En annen faktor som blir vurdert ved anskaffelsen av fartøy er miljø. Som nevnt over, kan et autonomt fartøy ha et redusert energibehov kontra bemannede skip; et redusert energibehov er ikke bare kostnadsbesparende det er også bra for miljøet. Dette er fordi fartøyene har et lavere energibehov og brenner derfor mindre fossilt drivstoff, eller kan designes for å driftes på andre typer drivstoff. I noen tilfeller vil det reduserte energibehovet føre til at fartøyene kan driftes helelektrisk som f.eks. «Yara Birkeland» (NFAS, u.d.a).

3.2.3 Sikkerhet

En tredje faktor, som også kan sies å være en del av de to overnevnte, er sikkerheten. En stor andel av ulykkene som involverer skip skyldes menneskelige feil. Disse vil kunne bli redusert om systemene i større grad tar over styringen, men dette forutsetter at systemene er utviklet til å fungere like bra eller bedre enn en menneskelig operatør; siden mange av de maritime ulykkene skyldes utmattelse vil disse reduseres ved implementeringen av et autonomt system, selv i de tilfeller systemet er å regnes som på nivå med en menneskelig operatør. En reduksjon i antallet ulykker vil kunne være både kostnads- og miljøbesparende (The Explorer, u.d.)

4 Prosjekter

I dette kapittelet vil oppgaven presentere ulike prosjekter med varierende grad av autonomi. Prosjektene er delt inn etter geografi og vil gi et kort innblikk i prosjektet. Oppgaven vil forsøke å belyse følgende punkt for hvert prosjekt:

- Prosjektets eier
- Prosjektets mål
- Planlagt grad av autonomi
- Status
- Største samarbeidspartnere
- Kort informasjon om prosjektet generelt
- Informasjon om fartøyet (der dette var tilgjengelig)

Under punktet «grad av autonomi» er det NFAS sine grader som er brukt, dette er gjort etter en vurdering tatt av gruppen basert på tilgjengelig informasjon om prosjektet. Grunnen til dette er for å kunne gi et oversiktlig bilde gjennom hele oversikten.

4.1 Europa

4.1.1 Norge

4.1.1.1 Yara Birkeland

Prosjekt eier:

Yara International

Mål:

Verdens første autonome nullutslipps container feeder.

Planlagt grad av autonomi:

Målet med prosjektet er en

operasjonell grad av autonomi tilsvarende fullautonom i 2022, men foreløpig drift er med mannskap om bord.

Status:

Fartøyet er klar for bemannet drift, med et mål om autonom drift i 2022 (Kongsberg, u.d.)

Største samarbeidspartnere:

Kongsberg Gruppen

Kort om prosjektet:

Yara Birkeland (fig. 1) er et samarbeidsprosjekt mellom Yara International og Kongsberg Gruppen. De har som mål å utvikle verdens første autonome nullutslipps container feeder (120 TEU) som skal gå autonomt med containere mellom havnene Herøya og Brevik i sørøst Norge.

Skipet ble ferdigstilt og overlevert fra Vard Brattvåg i november 2020, etter planen skal skipet driftes med mannskap om bord i første fase for så å gå autonomt uten mannskap innen 2022 (Kongsberg, u.d.).



Figur 1 "Yara Birkeland" (Yara International, 2018)

Skipet er bygget for å kunne gå autonomt fra kai til kai inkludert lasting, lossing og fortøyning.

For å ivareta sikker drift er det planlagt tre sentre med ulik driftsprofil for å håndtere alle aspekter ved driften. Disse sentrene vil håndtere nød- og unntakshåndtering, tilstandsovervåking, operativ overvåking, beslutningsstøtte, overvåking av det autonome skipet og dets omgivelser i tillegg til alle andre sikkerhetsaspekter. Et grensesnitt mot Yaras logistiske drift vil bli integrert ved det operasjonelle senteret på Herøya. (Kongsberg, u.d.)

Teknisk informasjon om fartøyet:

Fartøyet vil ha en lengde på 79,5m og en bredde på 14,8m. Marsjfarten vil ligge på 6 knop mens toppfarten vil være 13 knop. Fartøyet vil være helelektrisk og ha en batteripakke med en størrelse på 7-9 MWh (Kongsberg, u.d.).

4.1.1.2 Asko Sjødroner

Prosjekt eier:

ASKO Maritime AS

Mål:

Målet for prosjektet er å være en ledende aktør innen utvikling og tilbud av nullutslipps sjøtransport for å fremme bærekraftige og innovative logistikk løsninger. (Asko Maritime AS, u.d.)



Figur 2 Asko "Sjødrone 1" (Asko Maritime AS, 2019)

Planlagt grad av autonomi:

Målet med prosjektet er en operasjonell grad av autonomi tilsvarende fullautonom innen 2024.

Status:

ASKO Maritime etablerer etter planen sin første nullutslipps sjøforbindelse mellom Horten og Moss i begynnelsen av 2022 (Asko Maritime AS, u.d.). 25. november 2020 startet byggingen av det første skipet (fig 2), med nummer BY146 ved Cochin Shipyard Limited i India (Massterly, 2020).

Største samarbeidspartnere:

Kongsberg Maritime og Massterly

Kort om prosjektet:

Asko har som mål med dette prosjektet å redusere sin negative påvirkning på klimaet ved å flytte deler av transporten sin fra vei til elektriske roro-ferger på strekningen Horten-Moss. Dette vil redusere deres klimautslipp med ca. 5000t CO₂ i året. Dette tilsvarer ca. 2 millioner veikilometer. (Kongsberg, 2020b)

Asko planlegger å nå dette målet ved å drifte to helelektriske autonome roro-ferger. Skipene skal ha en kapasitet på 16 lastebil hengere; og er designet av det norske selskapet Naval Dynamics. Fartøyene skal bygges på det indiske verftet Cochin Shipyard og er planlagt levert i 2022. (Kongsberg, 2020b)

Prosjektet har som mål at de to fartøyene skal kunne gå helautonomt fra 2024, de skal da driftes av Massterly fra deres SCC. (NAVAL DYNAMICS, u.d.)

Teknisk informasjon om fartøyet:

Fartøyene skal ha en lengde på 67m og en bredde på 15m. Marsjfarten er satt til 8 knop (Stensvold, 2020).

4.1.1.3 Ocean Space Drone 1 og 2

Prosjekt eier:

Kongsberg Seatex

Mål:

Målet var å lage to fartøy som kan brukes til å teste nyutviklede sensor- og styringssystem (Krokstrand, 2017).

Planlagt grad av autonomi:

Fartøyenes grad av autonomi bestemmes av det forskningsprosjektet som utføres.

Status:

Fartøyene har vært operative siden mai 2017 (Krokstrand, 2017).

Største samarbeidspartnere:

NTNU, Sintef og Trondheim havn

Kort om prosjektet:

Begge fartøyene (fig 3) er tidligere livbåter som er ombygget, og ble sjøsatt i mai 2017 under Ocean Week i Trondheim (Krokstrand, 2017). Fartøyene ble stasjonert i Brattøra, og vil benytte seg av testområdet for autonome skip som ble etablert i Trondheimsfjorden i 2016 (Kystverket, 2016). Båtene skal være en plattform for testing av sensor og styringssystemer. Kongsberg Seatex har gitt Sintef og NTNU tilgang til å utføre forskning med fartøyene. Fartøyene ble blant annet brukt til å utvikle sensorteknologi til «Yara Birkeland» (Blich, 2017).

I tillegg har Kongsberg et annet fartøy underlagt Ocean Space segmentet, en testplattform til utvikling av autonome undervannsfartøy med navnet «Sølvkrona», fartøyet ble tatt i bruk i 2017 (Kongsberg Maritime, 2017).

Teknisk informasjon om fartøyet:

Fartøyene har en lengde på 12,5m og veier 10 tonn. De er designet for å gå med en fart på 8 knop (Blich, 2017).



Figur 3 Ocean Space Drone 1 og 2 i Trondheim i mai 2017(Krokstrand, 2017)

4.1.1.4 MilliAmpère

Prosjekt eier:

NTNU

Mål:

Utvikle en autonom personferge for Trondhjem sentrum (NTNU, u.d.).

Planlagt grad av autonomi:



Fartøyet brukes i utvikling av teknologi til ferger med operasjonell grad tilsvarende fullautonom.

Status:

Testing av prototypen (fig. 4) begynte i 2018, versjon to skal begynne prøvedrift sommeren 2021 (Egge, 2020).

Kort om prosjektet:

Med dette prosjektet jobber NTNU med å utvikle en autonom personferge som skal operere i Trondhjem havn. Fergen skal fungere etter et såkalt on-demand prinsipp, det vil si at brukere skal kunne bestille tur via en app slik at den ligger klar når brukeren ønsker å benytte fergen. Det skal være mulig å gå eller sykle rett om bord. Turen kommer til å ta under et minutt. (Veitch, 2021). I 2019 satte Telia opp 5G utstyr slik at fergen nå kan kontrolleres og overvåkes over mobilnettet (Telia, 2019).

Fartøyet som er avbildet (figur 4) er en prototype som skal byttes ut før testing med passasjerer skal utføres. Versjon to av fergen, som er en fullskala prototype, var planlagt å være klar til testing første kvartal 2021. Fergen er planlagt til irregulære prøveoperasjoner med passasjerer i tredje kvartal 2021. Fergen vil ha en kapasitet på 12 passasjerer (Zeabuz, u.d.).

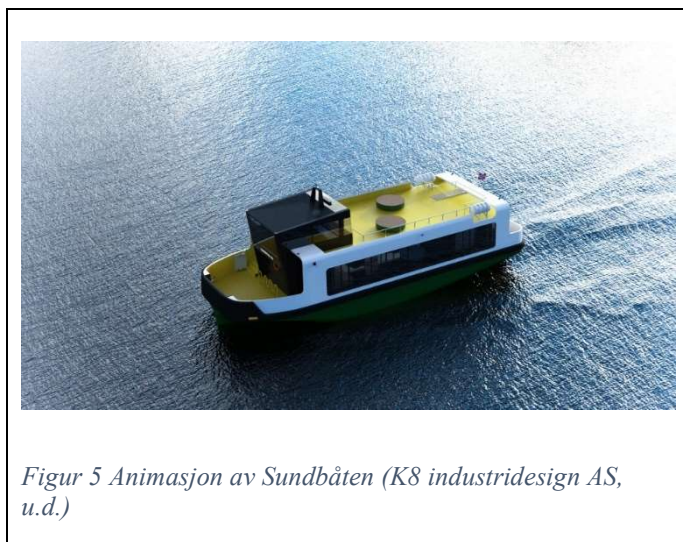
4.1.1.5 Ny Sundbåt i Kristiansund

Prosjekt eier:

Maritime Robotics leder en gruppe på syv bedrifter og organisasjoner som samarbeider om prosjektet (Fremtidens Industri, 2019).

Mål:

Prosjektet tar sikte på å sette verdens første autonome og kommersielle by-ferge (fig. 5) i drift i 2022 (Fremtidens Industri, 2019).



Figur 5 Animasjon av Sundbåten (K8 industridesign AS, u.d.)

Planlagt grad av autonomi:

Fartøyet er planlagt med grad tilsvarende fullautonom.

Status:

Det er planlagt at fartøyet skal være i drift i løpet av 2022 (Fremtidens Industri, 2019).

Største samarbeidspartnere:

Møre Maritime AS, H. Henriksen AS, Elmarin AS, NTNU, Universitetet i Sørøst-Norge og APOINT AS.

Kort om prosjektet:

Prosjektet er et samarbeidsprosjekt mellom de overnevnte partnerne, målet med prosjektet er å utvikle verdens første autonome passasjerferge. Prosjektet er støttet med 6 millioner kroner fra Pilot T, en støtteordning rettet mot prosjekter som utvikler transport og informasjon- og kommunikasjonsteknologier. Pengene skal brukes til planlegging utvikling og simulering av den autonome løsningen (Maritime Robotics, 2019).

Fergen er planlagt for å gå mellom fire kaier i Kristiansund, der det i dag er en bemannet ferge som driftes på samme ruten, planen er at denne skal byttes ut med den autonome versjonen (Fremtidens Industri, 2019).

4.1.1.6 Bastø VI

Prosjekt eier:

Bastø Fosen AS

Mål:

Målet er å utstyre «Bastø VI» (fig. 6) med et digitalt system som tillater automatisk dokking og kryssing på en pålitelig måte og med stor grad av nøyaktighet (Kongsberg, 2020a).



Planlagt grad av autonomi:

Fartøyet hadde først en grad av autonomi tilsvarende automatisk og har nå en grad tilsvarende begrenset autonom.

Status:

De autonome systemene er implementert ombord og testet ut i praksis (Kongsberg, 2020a).

Største samarbeidspartnere:

Kongsberg, Sjøfartsdirektoratet

Kort om prosjektet:

I 2018 ble «Bastø VI» utstyrt med et system som tillater fartøyet å dokke automatisk og testingen av dette begynte høsten 2018. Målet var å videreutvikle teknologien og dens funksjoner i samarbeid med Kongsberg Maritime. Den videre planen inkluderer også å utforske løsninger for å håndtere interaksjoner mellom flere fartøy, ved å utstyre alle Bastø Fosen fergene med systemet og la de lære av hverandre (Kongsberg, 2018).

Fartøyet utførte sin første seilas med fullautomatisk kontroll fra kai til kai i februar 2020. Systemet ble deretter brukt til å forbedre den daglige operasjonen av fergen. Skipet skulle fortsette å seile med full bemanning, men under automatisk kontroll i 6 måneder. Det er planlagt innstallering av et anti-kollisjonssystem i de videre testfasene (Kongsberg, 2020a).

Teknisk informasjon om fartøyet:

Fergen har et deplasement på 1350t, lengde på 142,9m og en bredde på 21m (MarineTraffic, u.d.a).

4.1.1.7 ReVolt

Prosjekt eier:

DNV-GL

Mål:

Målet til DNV-GL var å bringe frem en visjon for framtiden og inspirasjon til den maritime næringen (DNV, u.d.).



Planlagt grad av autonomi:

Konseptet (fig.7) hadde visjon om operasjonell grad tilsvarende fullautonom.

Status:

Prosjektet er et ferdig utviklet konsept, men vil ikke bli bygget (DNV, u.d.).

Største samarbeidspartnere:

NTNU

Kort om prosjektet:

Prosjektet ble startet i august 2013 etter at transportplanen 2014-2023 ble presentert i april 2013, den la vekt på å flytte lastevolum fra land til sjø. Det var fra starten planlagt at prosjektet kun skulle være et konsept. Prosjektet konkluderte med at dersom skipet hadde vært operasjonell hadde det vært innsparinger på ca. 1 million USD årlig sammenlignet med et konvensjonelt dieseldrevet skip. Hoveddelen av innsparingen vil blitt oppnådd som følge av at skipet ikke hadde hatt besetning om bord, noe som gir mer plass til last, senker drifts- og vedlikeholdskostnadene og eliminerer lønnsutgifter for mannskapet (DNV, u.d.). Skipet var tiltenkt å benytte batterier som hoved fremdriftskilde og ville hatt en rekkevidde på ca. 100 nautiske mil. Marsjfarten var tenkt til 6 knopp. Lastekapasitet var planlagt å være på 100 TEU. Fartsområdet som var tiltenkt, var området i Sør-Norge mellom Oslo og Trondheim. I tillegg til selve skipet ble også konsepter for automatisert fortøyning, lastehåndteringen og ladning av batteriene utviklet (Autonomous Ships HQ, 2017).

Teknisk informasjon om fartøyet:

Konspetfartøyet har en lengde på 60m og en bredde på 14m. Dødvekten var beregnet til 1300t. Den planlagte rekkevidden er på 100 nautiske mil med en fart på 6 knop (DNV, u.d.).

4.1.1.8 Reach Remote

Prosjekt eier:

Reach Subsea

Mål:

Målet er å utvikle to fjernstyrte droner som kan utføre en rekke av undervannsoperasjonene som tradisjonelle servicefartøy utfører i dag (Førde, 2021).



Figur 8 Animasjon av Reach Remote (Reach Subsea, 2021)

Planlagt grad av autonomi:

Fjernstyrt drone med grad av autonomi tilsvarende automatisk.

Status:

To fartøy skal være operativ i løpet av 2022 (Foxwell, 2021).

Største samarbeidspartnere:

Kongsberg Maritime og Massterly

Kort om prosjektet:

Reach Subsea har et mål om å utvikle droner for å kunne redusere klimaavtrykket til en rekke offshore operasjoner. Selv om fartøyene vil benytte seg av dieselelektrisk fremdrift regner Reach Subsea med at drivstofforbruket vil bli redusert med 90% (Førde, 2021). Fartøyene (fig. 8) vil være 25 meter lange og vil kunne erstatte noen av dagens servicefartøy. Utviklingen av fartøyene har foregått siden 2019 (Foxwell, 2021). Det er også planlagt å utvikle en ny type ROV til fartøyene. Den nye typen ROV vil bli styrt fra en ny operasjonssentral i Haugesund fremfor å bli styrt fra fartøyet slik er det på dagens servicefartøy (Førde, 2021).

I første omgang er målet at fartøyene skal kunne utføre survey og inspeksjons jobber samt lettere reparasjonsarbeid. Det langsiktige målet er å ha en operativ flåte på mellom 10 og 25 USV-er (Førde, 2021).

4.1.1.9 The Mariner

Prosjekt eier:

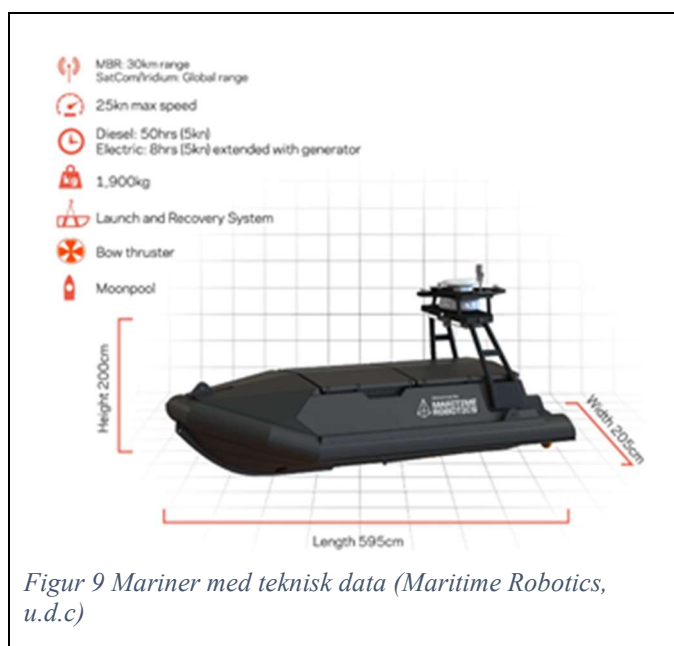
Maritime Robotics

Mål:

Målet er å levere en fleksibel USV for offshore og kyst applikasjoner (Maritime Robotics, u.d.a).

Planlagt grad av autonomi:

Fartøyet opererer med en grad av autonomi tilsvarende automatisk.



Status:

Ferdig utviklet produkt, tilgjengelig for kjøp. Den nyeste versjonen ble lansert i mai 2020 (Maritime Robotics, u.d.a).

Kort om prosjektet:

Maritime Robotics har utviklet en USV (fig. 9) som kan utrustes med en rekke instrumenter og sensorer, dette gjør plattformen til et fleksibelt verktøy i en rekke offshore og kystnære operasjoner.

Fartøyet er laget av polyeten som gjør at det krever minimalt med vedlikehold. I tillegg er fartøyet designet for å kunne transporteres i en standard TEU container.

Fartøyet opereres fra et Vehicle Control Station (VCS). Ifølge selskapets nettsider vil det være beslutningsstøtte system tilknyttet fartøyet som skal basere seg på AIS, radar og optiske sensorer.(Maritime Robotics, u.d.a)

Maritime Robotics tilbyr også ombygging av eksisterende fartøy til å kunne seile ubemannet. I 2017 installerte Maritime Robotics en rekke systemer fra The Mariner om bord «Fugro Alumaster». Dette gjorde det mulig å fjernstyre båten i tillegg til å kunne ha bemannet drift (Maritime Robotics, 2017).

4.1.1.10 The Otter

Prosjekt eier:

Maritime Robotics

Mål:

Målet er å levere en brukervennlig og mobil plattform for surveyarbeid (Maritime Robotics, u.d.b).

Planlagt grad av autonomi:

Fartøyet opererer med en grad av autonomi tilsvarende automatisk.

Status:

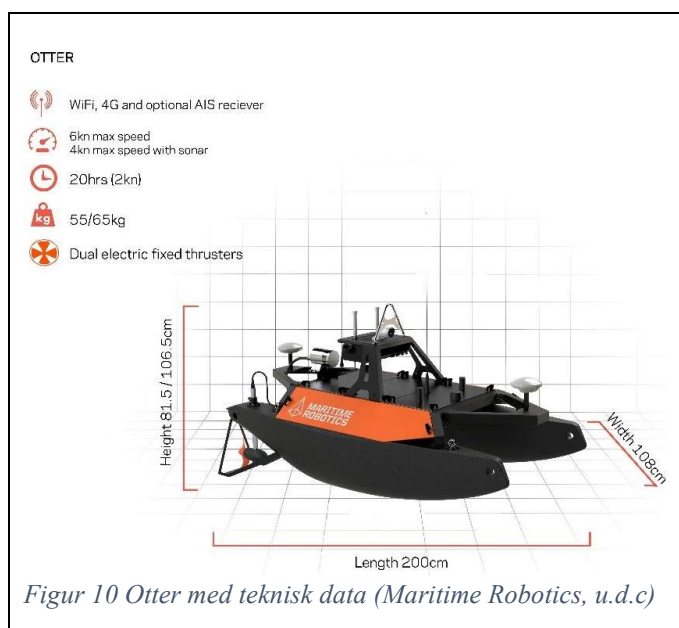
Ferdigutviklet produkt, tilgjengelig for kjøp, den nyeste versjonen ble lansert i 2017 (Maritime Robotics, u.d.b).

Kort om prosjektet:

Maritime Robotics har utviklet en liten og lett transporterbar USV (fig. 10). Den er designet for å kunne transporteres med vanlige fly da den kan deles opp i deler på under 20kg (Maritime Robotics, u.d.b).

The Otter er bygget for å være et kosteffektivt verktøy innen kartlegging og overvåking av beskyttede farvann (Maritime Robotics, u.d.b).

Fartøyet er designet til operasjoner i relativt stille farvann som havner, elver og innsjøer. The Otter kontrolleres fra Maritime Robotics vehicle control station (VCS) eller fra Maritime Robotics mobilapplikasjon. Fartøyets batteripakke er bygget av «hyllevarer» slik at ved eventuelle feil/skader kan disse raskt byttes over store deler av verden uten behov for dyr transport (Maritime Robotics, u.d.b).



4.1.1.11 The Sounder USV

Prosjekt eier:

Kongsberg Gruppen

Mål:

Levere et ubemannet system for datainnsamling (Kongsberg Maritime, u.d.).



Planlagt grad av autonomi:

Fartøyet (fig. 11) opererer med flere grader av autonomi tilsvarende automatisk, begrenset autonom og fullautonom.

Status:

Ferdig produkt klar til levering (Kongsberg Maritime, u.d.).

Største samarbeidspartnere:

Norsafe AS

Kort om prosjektet:

The Sounder USV er en ubemannet plattform for datainnsamling som er utviklet av Kongsberg i samarbeid med Norsafe AS. Fartøyet er designet for å være en fleksibel plattform for datainnsamling med høy standard (Kongsberg Maritime, u.d.).

Fartøyet kan utrustes med en rekke ulike sensorpakker avhengig av applikasjonsområdet den er tiltenkt. Ett slikt område kan f.eks. være fiskerieringen; ett eksempel vil da være TASA (peruansk fiskeri bedrift) som har lagt inn bestilling for å kunne bruke plattformen til datainnsamling for å kunne drive effektivt og bærekraftig fiskeri (Tasa, u.d.).

Fartøyet kontrolleres fra Kongsbergs kontrollsystem for autonome overflatefartøyer KONGSBERG K-MATE; fartøyet kan blant annet følge predefinerte ruter for kartlegging og overvåking, følge en AUV og følge et moderskip. KONGSBERG K-MATE er utviklet i samarbeid med Forsvarets forskningsinstitutt (FFI), og gir en rekke muligheter for kontroll av MASS. Systemet kan blant annet operere autonomt, delvis autonomt eller bli fjernstyrt (Kongsberg Maritime, 2019).

4.1.1.12 Odin

Prosjekt eier:

Forsvarets
forskningsinstitutt (FFI)

Mål:

Nytt konsept for ubemannet
minerydding langs kysten
samt forskning på autonomi
og kunstig intelligens
(Forsvarets
forskningsinstitutt, u.d.).



Figur 12 «Odin» Bilde: Forsvarets Forskningsinstitutt

Planlagt grad av autonomi:

«Odin» (fig. 12) er i forskningssammenheng i stand til å utføre fullautonome seilaser.

Status:

Fartøyet er i bruk i forskningsarbeid (Forsvarets forskningsinstitutt, 2020).

Største samarbeidspartnere:

Et trekantsamarbeid mellom industri (Kongsberg), Forsvaret og FFI-forskere.

Kort om prosjektet:

Sjøforsvaret ønsker nytt utstyr for å rydde sjøminer langs kysten ubemannet, FFI utvikler derfor autonome båter som kan brukes i dette arbeidet. «Odin» er utstyrt med avansert sensortechnologi som for eksempel radar, lidar og kamera, som gjør det mulig at det autonome systemet blir mer selvstendig og kan utføre komplekse oppgaver. Prosjektet inneholder både praktisk og teoretisk forskning, der fagfeltene går fra automatisk beslutningstaking, programmering av kontrollsystem og bruk av maskinlæring til maskinsyn. Målet er at «Odin» skal kunne frakte, sette ut og ta opp den norskutviklede AUVen Hugin. Det er allerede gjort flere lovende tester av systemet (Forsvarets forskningsinstitutt, u.d.).

I 2018 ble det også drevet opplæring av «Odin» slik at båten skulle være i stand til å manøvrere blant andre båter, noe som også ble vist under en demonstrasjon i 2018. Hjernene som styrer «Odin» blir kalt hybrid autonomy layer (HAL) og ble først tatt i bruk i AUVen Hugin, utviklet av FFI, Statoil (nå Equinor) og Kongsberg. Kombinasjonen mellom radar, LIDAR og kamera gjør at «Odin» vil kunne se forskjell på objekter og forstå hvilken båt den møter (Forsvarets forskningsinstitutt, 2018).

I august 2020 ble det skrevet at man om seks år skal over til ubemannet minekrigføring, og den norske marinen er i gang med testing. Det nye konseptet går ut på at autonome ubåter og småbåter gjør grov jobben med kartlegging, sveip og uskadeliggjøring av miner, under kontroll fra et bemannet skip på trygg avstand (Forsvarets forskningsinstitutt, 2020).

Teknisk informasjon om fartøyet:

«Odin» er basert på en «Polarcircle 1050» og er 10,9 meter lang og 3,5 meter bred med en vekt på 5,5 tonn, som gir dypgang på 0,7 meter. Fremdriften er to Volvo Penta på totalt 450 hestekrefter som driver to Hamilton-vannjeter, som gir en toppfart på 30 knop. Fjernstyring skjer ved hjelp av Bluearrow XCI og maks last er oppgitt til 3000 kg (Stensvold, 2016).

4.1.2 Danmark

4.1.2.1 Svitzer Hermod

Prosjekt eier:

Svitzer A/S

Mål:

Målet er å utvikle verdens første fullt operasjonelle fjernstyrte taubåt (Rolls-Royce, 2017a).

Planlagt grad av autonomi:

Fartøyets operasjonelle grad av autonomi vil være tilsvarende automatisk.

Status:

Prosjektet gjennomførte flere fjernstyrte manøver i København i 2017 (Rolls-Royce, 2017a).

Største samarbeidspartnere:

Kongsberg Maritime og Lloyd's Register.

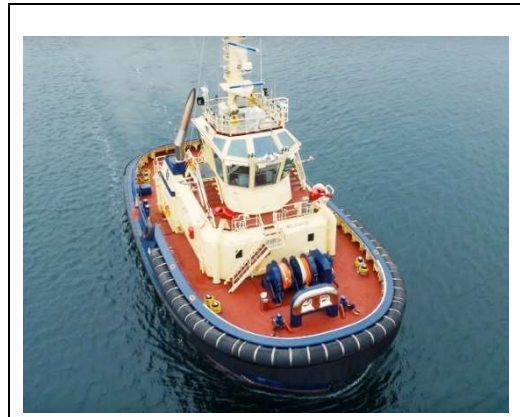
Kort om prosjektet:

Den 28 meter lange taubåten «Svitzer Hermod» (fig. 13) gjennomførte en rekke manøver i 2017. Skipet ble fjernstyrt fra et kontrollsentert på land som ble utviklet av Rolls Royce. Utformingen var basert på tilbakemelding fra kapteiner for å gi best mulig kontroll, istedenfor å kun være en kopi av en alminnelig bro. Taubåten gikk til og fra kai og gjennomførte en kort seilas til Svitzers hovedkvarter. Fartøyet var utstyrt med en rekke sensorer for å kunne gi operatøren best mulig forståelse av fartøyet og omgivelsene (Rolls-Royce, 2017a).

Rolls Royce og Svitzer inngikk en avtale om å fortsette utviklingen av fjernstyrte og autonome fartøyer sammen (Rolls-Royce, 2017a). Etter oppkjøpet av Rolls Royce Marine gjennom Kongsberg Gruppen ble oppfølgingsprosjektet Recotug annonsert i 2021 (Kongsberg, 2021).

Teknisk informasjon om fartøyet:

Fartøyet ble bygget i 2016 og har en lengde på 28m (Rolls-Royce, 2017a).



Figur 13 «Svitzer Hermod», fartøyet som ble brukt til manøvrene (Rolls-Royce, 2017b)

4.1.2.2 Recotug

Prosjekt eier:

Svitzer A/S

Mål:

Målet er å utvikle verdens første fullt operasjonelle fjernstyrte taubåt (Kongsberg, 2021).

Planlagt grad av autonomi:

Fartøyets operasjonelle grad av autonomi vil være tilsvarende automatisk.

Status:

Prosjektet ble annonsert i februar 2021, det har ikke blitt lagt fram en tidsplan for prosjektet (Kongsberg, 2021).

Største samarbeidspartnere:

Kongsberg Maritime og American Bureau of Shipping (ABS)

Kort om prosjektet:

I februar 2021 annonserte Svitzer, Kongsberg og ABS at de hadde inngått en samarbeidsavtale til å utvikle verdens første fjernstyrte taubåt. Den skal være i stand til å utføre fullverdige taueoperasjoner mens den blir fjernstyrt fra et operasjonssenter. Under operasjon skal det oppnås et sikkerhetsnivå som innfrir forventningene til ulike maritime autoriteter som klasseselskap og flaggstater, slik at de kan godkjenne teknologien til kommersiell bruk. Prosjektet er en fortsettelse på det tidligere samarbeidsprosjekt mellom Svitzer og Rolls-Royce Marine, «Svitzer Hermod». Svitzer vil bidra med operasjonell ekspertise, selve taubåten og mannskap. Kongsberg vil bidra med fjernstyringen, de autonome systemene og integreringen av disse. Rollen til ABS vil være å bidra med ekspertise rundt lovverket og en eventuell godkjenning fra myndighetene. Operasjonsområdet for fartøyet vil være København, der vil også operasjonssenteret hvorfra fartøyet skal styres befinne seg (Kongsberg, 2021).

4.1.3 Nederland:

4.1.3.1 Joint Industry Project Autonomous Shipping

Prosjekt eier:

Prosjektet hadde 17 nederlandske selskap og organisasjoner som partnere (Joint Industry Project Autonomous Shipping, 2019).

Mål:

Toårig forskningsprosjekt med mål om å utvikle teknologi for autonome fartøy. (Joint Industry Project Autonomous Shipping, 2019).



Figur 14 «SeaZip 3» under forsøkene i mars 2019 (SeaZip, u.d.)

Planlagt grad av autonomi:

Under forsøket gikk fartøyet med grad av autonomi tilsvarende begrenset autonomt.

Status:

Prosjektet ble avsluttet etter suksessfulle tester i mars 2019 (Joint Industry Project Autonomous Shipping, 2019).

Største samarbeidspartnere:

Prosjektet var et samarbeid mellom 17 nederlandske selskap, de største aktørene er Damen, MARIN, Robosys Automation, SeaZip Offshore Service og TNO (en nederlandsk forskningsorganisasjon).

Kort om prosjektet:

Joint Industry Project Autonomus Shipping var et forskningsprosjekt som ble startet i 2017 og som skulle gå over to år med fokus på autonome operasjoner av havgående fartøy. I 2019 gjennomførte prosjektet et suksessfullt forsøk. Forsøkene gikk ut på at «SeaZip 3» (fig. 14), et fast crew supply vessel, ble utstyrt med et anti-kollisjons system og gjennomgikk to dager med testing i Nordsjøen utfor kysten av Nederland. Testene besto av 11 scenarioer hvor skipet og det autonome systemet måtte samspille med to andre fartøy (SeaZip, u.d.). Scenarioene ble utviklet av det tekniske universitet i Delft, MARIN og TNO. Scenarioene

ble testet i MARIN sitt simulatorsenter i Wageningen før forsøket ble gjennomført i virkeligheten. Fartøyet var i stand til å gjennomføre unnvikende manøver på en trygg måte, men det ble konkludert med at videre utvikling av systemet var nødvendig for å kunne håndtere komplekse trafikksituasjoner (Joint Industry Project Autonomous Shipping, 2019)

Teknisk informasjon om fartøyet:

«SeaZip3» som ble brukt til forsøket ble bygget i 2015 og har en bruttotonnasje på 167t og en lengde på 25,75m (MarineTraffic, u.d.e).

4.1.3.2 CaptainAI

Prosjekt eier:

CaptainAI

Mål:

Målet er å utvikle verdens første trygge og fullt autonome shipping løsning. Det skal gjøres ved hjelp av simulering, moderen sensorer og deep-learning teknologi (Captain AI, u. d.).



Figur 15 «RT Borkum»

Planlagt grad av autonomi:

Under demonstrasjon utført var fartøyets grad av autonomi tilsvarende automatisk.

Status:

Prosjektet er under utvikling og det har blitt gjennomført flere testseilas (The Maritime Executive, 2020b).

Største samarbeidspartnere:

Port of Rotterdam, KOTUG og Watertaxi Rotterdam

Kort om prosjektet:

Prosjektet jobber med å utvikle et system som er i stand til å planlegge en optimal rute, skipet følger denne autonomt ved å benytte CaptainAI sin autopilotprogramvare. Programvaren kobles til KOTUG sitt planleggingssystem, Optiport. Dette tillater planlegging i sanntid basert på AIS-data og kunstig intelligens.

Rederiet har 3 fartøy tilgjengelig for testing, «Watertaxi 14», «RPA 3», et patruljefartøy som tilhører Rotterdam havn og «RT Borkum» (fig.15) (Captain AI, u.d.b).

Sommeren 2018 demonstrerte KOTUG og Rotortug muligheten til å fjernstyre et fartøy i Rotterdam fra et kontrollsenter i Marseille i Frankrike. Samarbeidet med CaptainAI har nå gjort det mulig å seile taubåten «RT Borkum» autonomt på Nieuwe Maas elven i Rotterdam.

«RT Borkum» har allerede gjennomført flere operasjonstester i Europas mest trafikkerte havn (The Maritime Executive, 2020b).

KOTUG og CaptainAI har inngått et samarbeid for å videreutvikle programvaren til et kommersielt levedyktig stadie. Neste steget er å tilpasse programvaren til bruk i stor skala i tillegg til å sette søkelys på sikkerhet og lovverk (Captain AI, u.d.a).

Teknisk informasjon om fartøyet:

RT Borkum har en lengde på 15m og en bredde på 8m (MarineTraffic, u.d.d).

4.1.4 Finland

4.1.4.1 SVAN - Safer Vessel with Autonomous Navigation

Prosjekt eier:

Rolls Royce Marine

Mål:

Målet var å utvikle et system for å bringe autonome fartøy forbi konseptstadiet (Rolls-Royce, 2018a).



Planlagt grad av autonomi:

Fartøyets grad av autonomi er tilsvarende begrenset autonomt.

Status:

Ukjent etter at Kongsberg Gruppen kjøpte opp Rolls-Royce Marine 2018.

Største samarbeidspartnere:

FinFerries

Kort om prosjektet:

SVAN var den siste versjonen av Rolls Royce Marin sitt autonome forskningsprogram før selskapet ble kjøpt opp av Kongsberg Gruppen (Høgseth, 2018). Det er utviklet basert på funn fra det tidligere Advanced Autonomus Waterborne Applications (AAWA) forskningsprosjektet. I 2018 ble systemet installert på «Falco» (fig.16) en pendelferge på 54 meter eid av FinFerries. Den første autonome seilasen ble gjennomført i desember 2018 (Rolls-Royce, 2018a). Fergen la fra kai gjennomførte seilasen som inkluderte tre forskjellige vikemanøver og la til kai igjen uten menneskelig interaksjon. Under den påfølgende seilasen ble fergen fjernstyrt fra et landbasert kontrollsenster. Gjennom prosjektet seilte «Falco» i 360 timer, gjennomførte 90 autonome dokkinger og det ble foretatt 70 tester av cybersikkerheten (Rolls-Royce, 2018b).

Teknisk informasjon om fartøyet:

Fergen ble bygget i 1993 og har en lengde på 53,8m og en bredde på 12,3m. Kapasiteten er på 54 biler (Rolls-Royce, 2018b).

4.1.5 Storbritannia

4.1.5.1 Sea-Kit

Prosjekt eier

Sea-Kit

Mål:

Utvikle en flåte av autonome fartøy til survey operasjoner (SEA-KIT, u.d.a).

Planlagt grad av autonomi:

Fjernstyrt drone med operasjonell grad av autonomi tilsvarende automatisk.

Status:

De første skipene er under bygging, det første er planlagt levert i starten av 2021 (SEA-KIT, u.d.b).

Største samarbeidspartnere:

Fugro og Kongsberg Gruppen

Kort om prosjektet:

Sea-Kit har utviklet tre forskjellige modeller autonome fartøy, disse er utviklet til å kunne utføre en rekke forskjellige operasjoner innen tre hovedsegmenter. De tre hovedsegmentene Sea-Kit planlegger å operere i er, kommersiell sektor, forsvar og sikkerhet, og luksus i form av støttefartøy til yachter (SEA-KIT, u.d.a).

I forsvars og sikkerhetssammenheng vil det gi en betydelig reduksjon i risikoen ved å fjerne personell fra farlige situasjoner som f.eks. minerydding. I kommersiell sammenheng er denne typen fartøy svært kosteffektive til kartlegging og survey operasjoner.

SEA-KIT X:

Er en 12m lang modell med hybrid fremdrift som er designet for autonome AUV og ROV operasjoner (fig. 17). Denne modellen er designet for å kunne transporteres i container



(Fugro, 2021). Fartøyet er designet for å kunne operere alene eller i gruppe, det kommuniserer med land via nettverkslink og/eller satellitter (SEA-KIT, u.d.b).

SEA-KIT Ω:

Er en 23m lang modell med hybrid fremdrift som er designet for samme type operasjoner som SEA-KIT X men med større lastekapasitet og utholdenhet (SEA-KIT, u.d.b).

SEA-KIT Σ:

Er en 36m lang modell med hybrid fremdrift som er designet for større lastekapasitet, det er også denne modellen som har en «luksus» versjon som kan brukes som støttefartøy til yachter (SEA-KIT, u.d.b).

4.1.5.2 RNMB Harrier

Prosjekt eier:

UK Royal Navy

Mål:

Utvikle og teste et fleksibelt fartøy til leiting etter miner (Royal Navy, 2020).

Planlagt grad av autonomi:

RNMB Harrier kan operere med en grad av autonomi tilsvarende fullautonom.

Største samarbeidspartner:

ATLAS Elektronik UK (AEUK)

Status:

«RNMB Harrier» (fig. 18) ble levert til HM Naval Base Clyde i august 2020 og er under testing (Royal Navy, 2020).

Kort om prosjektet:

Den britiske marinen har opprettet et Maritime Autonomous Systems (MAS) team som opererer ut fra HM Naval Base Clyde og er en del av First Mine Counter Measures Squadron (MCM1). Teamet har som mål å utvikle og integrere ubemannede høyteknologiske fartøy inn i den britiske marinen (Royal Navy, 2020).

Fartøyet er basert på et modulsystem som gjør at fartøyet lett kan tilpasses enkeltoppdrag. Fartøyet er 11m langt og har en toppfart på over 40knop (Atlas Elektronik UK, u.d.). I 2016 deltok fartøystypen på Unmanned Warrior øvelsen til den britiske marinen, på øvelsen deltok over 50 ubemannede systemer innen luft, overflate og undervanns domenet(Royal Navy, u.d.).

Fartøyet har gjennomgått marinens Maritime Autonomous Systems Trials Team (MASTT) før det ble overført til prosjekt Wilton. «RNMB Harrier» er det andre fartøyet i Wilton prosjektet til den britiske marinen, «RNMB Hazard» var den første og er lik som søsterskipet «RNMB Harrier». «RNMB Hebe» er det tredje fartøyet som er tiltenkt prosjektet, dette er 15m langt og skal leveres i løpet av 2021 (Royal Navy, 2020).



4.1.6 Tyrkia

4.1.6.1 ULAQ serien

Prosjekt eier:

Den tyrkiske marinen

Mål:

Målet er å utvikle et autonomt fartøy som kan operere som en plattform for ulike våpen- og overvåkningssystemer med muligheten til å gi strategisk støtte i



Figur 19 ULAQ prototypen under sjø testen (Ares Shipyard, u.d.)

havområdene rundt Tyrkia (The Maritime Executive, 2020d).

Planlagt grad av autonomi:

Fartøyet kan bli fjernstyrt fra andre fartøy eller baser på land tilsvarende begrenset autonomt, men vil tidvis ha en grad tilsvarende fullautonom.

Status:

Første prototypen ble ferdigstilt i desember 2020 og testet i februar 2021 (Vavasseur, 2021)

Største samarbeidspartnere:

Ares Shipyard og Meteksan Defence.

Kort om prosjektet:

Den første prototypen (fig. 19) ble presentert i oktober 2020 og sjøsatt i desember etter 3 år med utvikling. De første sjøtestene ble gjennomført i februar 2021 og våpentester vil bli gjennomført i løpet av første kvartalet 2021 (Vavasseur, 2021). Fartøyet vil ha en rekkevidde på cirka 400 km og en hastighet på 65 km/t (DAILY SABAH, 2020). Fartøyet kan utstyres med en rekke våpensystem og sensorer. Det skal kunne ta del i en rekke ulike oppdrag som rekognosering, eskortering og overvåkning. Det er også planlagt å utvikle flere varianter, blant annet for søk og redning eller minerydding (The Maritime Executive, 2020d).

Teknisk informasjon om fartøyet:

Fartøyet har en rekkevidde på ca. 215 nautiske mil med en fart på 35 knop (Ares Shipyard, 2021).

4.1.7 Russland

4.1.7.1 M/V Kamilla

Prosjekt eier:

MT-Group

Mål:

Implementere og operere autonom navigasjon, for videre utvikling av en autonom flåte (SeaEnergy, 2020).



Planlagt grad av autonomi:

Graden av autonomi er ikke definert nærmere.

Status:

Det autonome systemet er planlagt installert før 31. desember 2021 (SeaEnergy, 2020).

Største samarbeidspartnere:

Kronshtadt Technologies

Kort om prosjektet:

Russland annonserte i desember 2020 at de godkjente et dekret som omhandler innføringen av et nasjonalt regelverk rundt testingen av MASS. Regelverket gir russiske rederier tillatelse til å drive testing og utvikling av MASS i russiske farvann. Dokumentet er basert på IMO sine midlertidige retningslinjer for MASS testing (Hakirevic, 2020). Ved innføring av disse reglene er målet å videreføre utviklingen fra små fartøy som er designet til å operere i beskyttede farvann til større autonome fartøy (PortNews, 2020).

M/V «Kamilla» (fig. 20) er et U-type lastefartøy av klassen «Volgo-Don max». Fartøyet har et ubegrenset navigasjonsområde i sommersonen og kan seile med åpne lasteluker, dette gir det 72m lasterommet ubegrenset lastehøyde.

Fartøyet M/V «Kamilla» får etter planen installert et autonomt navigasjonssystem innen utgangen av 2021. Fartøyet vil etter planen det første av 10 lastefartøy som skal bli en del

av det autonome samarbeidsprosjektet til Kronshtadt Technologies og MT-Group (SeaEnergy, 2020).

Teknisk informasjon om fartøyet:

Fartøyet ble bygget i 2020, det har en lengde på 141m og en bredde på 17m. Bruttotonnasjen er på 6988 tonn (MarineTraffic, u.d.d).

4.1.8 Europeisk samarbeid

4.1.8.1 Autoship

4.1.8.1.1 Prosjekt eier:

Samarbeid mellom 11 selskap fra 5 land, Norge, Belgia, Italia, Skottland og Frankrike.

Mål:

Målet til prosjektet er å akselerere utviklingen og overgangen til autonome fartøy i europeiske farvann gjennom 9 delmål (Autoship, u.d.).



Figur 21 «Eidsvaag Pioner» (Eidsvaag AS, u. d.)

Planlagt grad av autonomi:

Fartøyet som skal operere i innlandsfarvann vil være pallelekteren «Zulu 4» (fig. 22), den skal bygges ut til ha grad tilsvarende begrenset autonomt. «Eidsvaag Pioner» (fig. 21) som vil operere langs norskekysten vil ha grad tilsvarende begrenset autonomt, og periodevis ubemannet.

Status:

Per høst 2020 er det planlagt å utruste «Eidsvaag Pioner» for prosjektet i mars 2021 eller januar 2022. Installasjonen av sensorene og overvåkningssystem om bord på «Zulu 4» har ikke vært mulig grunnet COVID-19. Andre deler av prosjektet som simuleringer og utviklingen av et rammeverk rundt autonomi følger det planlagte tidsskjemaet (Autoship, 2021).



Figur 22 Søsterskipet til «Zulu 4», som vil være et av fartøyene i prosjektet (Blue Line Logistics, 2015)

Største samarbeidspartnere:

Kongsberg, Sintef, Eidsvaag, Blue Line Logistics, Bureau Veritas

Kort om prosjektet:

Prosjektet har planer om å bygge to autonome fartøy for å vise frem muligheten til bruk av disse i nærskipfart og på innlands farvann. Det er ett fartøy fra Eidsvaag og ett fra Blue Line Logistics som skal bygges om til å kunne seile autonomt. Prosjektet har 9 delmål som tar for seg flere aspekt rundt operasjonene av autonome fartøy og begrenser seg ikke kun til det tekniske aspektet av utviklingen.

Delmål 1, som også er hovedmålet til prosjektet, er utviklingen av de to autonome fartøy.

Delmål 2 er å demonstrere teknologien som gjør det mulig å operer autonomt. Etter prosjektet er fullført vil det bygges flere fartøy av samme serie, for å kunne gjøre dette må det demonstreres at teknologien fungerer.

Delmål 3 er å demonstrere påliteligheten og sikkerheten om bord. Videre skal det utvikles standardiserte verktøy og metoder for å kunne gjøre framtidig forskning rundt autonome fartøy lettere.

Delmål 4 er å oppgradere simulatorteknologier og digitale verktøy for å kunne gi bedre støtte til testingen og trening for senere prosjekter.

Delmål 5 har som mål å bruke resultatene relatert til besetningen og operatørene som datagrunnlag for utvikling av nye retningslinjer. Disse skal dekke riktige handlemåter og trening av operatører.

Delmål 6 tar for seg regelverk og sosioøkonomiske faktorer. Dette inkluderer hvordan skipene vil inngå i logistikkjeden, cybersikkerhet, internasjonalt lovverk, miljø og påvirkningen autonome fartøy har på arbeidsplasser.

Delmål 7 baserer seg på å utvikle en detaljert forretningsmodell rundt de autonome fartøyene og hvordan kunnskapen kan overføres til andre maritime transportsegment.

Delmål 8 er å planlegge veien mot å kunne anvende resultatet fra dette prosjektet på større skala og på mer generelle basis. I tillegg vil det legges en plan for å kunne anvende resultatene til internasjonal og interkontinental navigasjon.

Delmål 9 er å skape kontakt med viktige aktører i næringen for å kunne ivareta at resultatene kommer industrien til gode samt at resultatene kan diskuteres og analyseres i industrien og i maritime forum (Autoship, u.d.).

Teknisk informasjon om fartøyene:

«Eidsvaag Pioner» ble bygget i 2013 og har en lengde på 74,7m og en bredde på 13,60m. Marsjfarten er på 15 knop (Eidsvaag AS, u. d.).

«Zulu 4» har en lengde på 50m og en bredde på 7m (MarineTraffic, u.d.g).

4.2 Nord Amerika

4.2.1 USA

4.2.1.1 ASW ACTUV

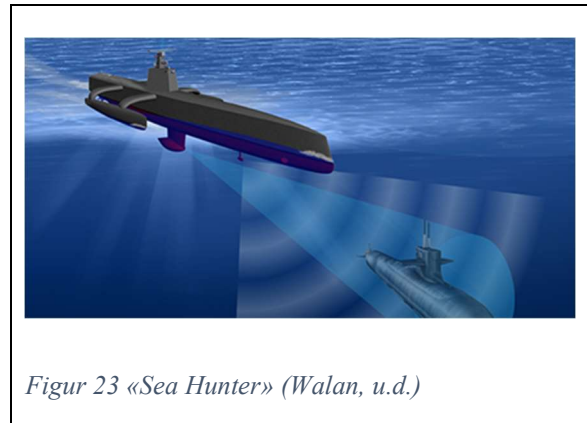
Anti-Submarine Warfare (ASW) Continuous Trail Unmanned Vessel (ACTUV)

Prosjekt eier:

US NAVY

Mål:

Ubemannet krigføring og overvåking av ubåter med et primærfokus på dieselelektriske undervannsbåter slik det er illustrert i figur 23 (Walan, u.d.).



Figur 23 «Sea Hunter» (Walan, u.d.)

Planlagt grad av autonomi:

Uvisst grunnet militært hemmelighold.

Status:

The Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) har ferdigstilt sin del av prosjektet og overført videre utvikling til the Office of Naval Research (ONR). Prosjektet har gjennomført tester med den første prototypen, med skarpe anti-mine kapasiteter om bord. (Walan, u.d.) «Sea Hunter» (fig. 24) gjennomførte i 2019 en autonom reise fra San Diego til Pearl Harbor, Hawaii og tilbake (Leidos, 2019).

Kort om prosjektet:

Det amerikanske forsvaret har som mål med dette prosjektet å utvikle en type fartøy som kan detektere og engasjere undervannsbåter autonomt. Dette prosjektet har et hovedfokus på dieselelektriske undervannsbåter da disse er vanskelige å detektere på grunn av liten akustisk signatur (Walan, u.d.).



Figur 24 «Sea Hunter» på sea trials (DARPA, 2018)

Prosjektet har som mål å bygge en maritim kapasitet som fjerner risikoen for mannskap og som også vil redusere kostnadene ved søk etter undervannsbåter (DARPA, 2018).

Foreløpig er det bygget ett fartøy med navn «Sea Hunter» og bestilt ett til «Sea Hunter II». «Sea Hunter» ble sjøsatt i 2016 og har gjennomgått omfattende testing (DARPA, 2018). På grunn av nasjonal sikkerhet er store deler av prosjektet gradert, og det var dermed vanskelig å få tak i informasjon som er oppdatert.

Teknisk informasjon om fartøyet:

Fartøyene har en lengde på 40m og er planlagt å ha en toppfart på 27 knop. De vil ha en utholdenhet på ca. 70 dager og rekkevidde på omkring 10 000 nautiske mil (DARPA, 2018).

4.2.1.2 Mayflower autonomous ship

Prosjekt eier:

Promare

Mål:

Autonom havforskning og utforskning (Mayflower Autonomous Ship, u.d.a).

Planlagt grad av autonomi:

Grad av autonomi tilsvarende fullautonom.



Status:

Planlagt avgang fra Plymouth havn (UK) for autonom kryssing av Atlanterhavet den 15. mai 2021 (Malewar, 2021).

Største samarbeidspartnere:

IBM

Kort om prosjektet:

Skipet er bygget i anledning av 400 års jubileet til «Mayflower», skipet som fraktet pilgrimmene fra England til Amerika (The Editors of Encyclopaedia Britannica, 2020). I denne forbindelsen ble det bestemt at det ikke skulle bygges en ny kopi av skipet, men at det heller skulle bygges en «Mayflower» for det 21. århundre (fig. 25).

«Mayflower» er designet for å seile autonomt og har ingen hotellseksjon, noe som gir ekstra plass til utstyr for forskning og utforskning. Skipet har elektrisk fremdrift og skal drives av solenergi. Skipets A.I. kaptein skal selv ta alle avgjørelsene uten innputt fra SCC. (Mayflower Autonomous Ship, u.d.b)

Teknisk informasjon om fartøyet:

Fartøyet har en lengde på 15m og en bredde på 6,2m, deplasementet er på 5 tonn. Skipet skal ha to elektromotorer, hver av disse har en effekt på 20kW (Mayflower Autonomous Ship, u.d.c).

4.2.1.3 Armada Fleet

Prosjekt eier:

Ocean Infinity

Mål:

Utvikle en flåte av havgående autonome offshore fartøy (Ocean Infinity, u.d.b).

Planlagt grad av autonomi:

Graden av autonomi vil være tilsvarende automatisk.

Status:

De første skipene er under bygging, det første av disse er planlagt levert i 2021 (Ocean Infinity, 2021).

Største samarbeidspartnere:

VARD

Kort om prosjektet:

Ocean Infinity har startet rederiet Armada, og har som mål å bygge en flåte av autonome offshorefartøy (fig. 26). Disse kan brukes til en rekke offshore operasjoner. Hovedsegmentet flåten er designet for informasjonshenting.

Det er planlagt å bygge åtte 78m lange båter som skal kunne opereres både med og uten mannskap, det er også bestilt tretten 21m og 36m lange fartøy som skal operere autonomt (Ocean Infinity, 2021).

Fartøyene i 21m og 36m klassene er planlagt ferdig i 2021. Fartøyene i 78m klassen er planlagt levert i 2022. Fartøyene skal ha diesel-elektrisk hybrid fremdrift, og skal kunne redusere utslippene opptil 90% fra konvensjonelle fartøy. De mindre fartøyene vil få generatorsett levert av Volvo-Penta (Vadset, 2020). 78 meter klassen er planlagt klargjort for hybrid fremdrift med grønn ammoniakk (Metal Supply, 2020).



De mindre fartøyene er planlagt for å kunne operere uten et moderfartøy noe som vil bidra til både reduserte utslipp og kostnader (Ocean Infinity, u.d.b).

Teknisk informasjon om fartøyene:

Fartøyene i flåten skal bygges i tre ulike størrelser, 21m, 36m og 78m (Ocean Infinity, 2021). Fartøyene med en lengde på 78m er Vard design 9 60 og skal ha en bredde på 15m (Vard, 2020).

4.3 Asia:

4.3.1 Japan:

4.3.1.1 NYK Iris Leader

Prosjekt eier:

Nippon Yusen Kaisha Group (NYK)

Mål:

Første steget i NYK sitt langtidsmål om å sette autonome bemannede skip i bruk (The Maritime Executive, 2019).



Figur 27 «Iris Leader» (Vinnes, 2018)

Planlagt grad av autonomi:

Graden av autonomi var tilsvarende automatisk.

Status:

Dette prosjektet er fullført, men NYK fortsetter videre utvikling av Sherpa System for Real ship (SSR) (The Maritime Executive, 2019).

Største samarbeidspartnere:

Nippon Yusen Kaisha, Japan Marine Science Inc.

Kort om prosjektet:

Prosjektet gikk ut på at det japanskeide RO-RO skipet «Iris Leader» (fig. 27) gjennomført to seilas med automatisk styring i september 2019. Første delen var fra Xinscha i Kina til Nagoya i Japan, den andre delen av seilasen var mellom Nagoya og Yokohama. Seilingstiden under automatisk kontroll på den andre delen var cirka 6 timer. Systemet som styrtet skipet, heter Sherpa System for Real ship (SSR). Under forsøket overvåket NYK systemets evne til å samle inn informasjon om trafikksituasjonen, kalkulere kollisjonsrisikoer og bestemte den tryggeste ruten for deretter å navigerte skipet ut ifra dette (The Maritime Executive, 2019).

Teknisk informasjon om fartøyet:

RO-RO fartøyet ble bygget i 2015 og har en bruttotonnasje på 70826t, lengden er på 199,99m (MarineTraffic, u.d.b).

4.3.1.2 NYK Yoshio Maru

Prosjekt eier:

Nippon Yusen Kaisha Group
(NYK)

Mål:

Et videre steg i NYK sitt langtidsmål om å sette autonome bemannede og fjernstyrte skip i bruk (Chambers, 2020).

Planlagt grad av autonomi:

Forsøket ble utført med grad av autonomi tilsvarende automatisk.

Status:

Forskningsprosjektet ble fullført suksessfullt i januar 2020 (Chambers, 2020).

Største samarbeidspartnere:

Nippon Yusen Kaisha, Japan Marine Science Inc., Monohakobi Technology Institute, Keihin Dock Co., Ltd og Shin-Nippon Kaiyosha

Kort om prosjektet:

Forsøket gikk ut på at den japanske taubåten «Yoshio Maru» (fig.28) ble fjernstyrt under en 12 kilometer lang seilas i Tokyobukten. Skipet ble fjernstyrt fra operasjonssentret i Nishinomiya som ligger omtrent 400 km unna. Ruten ble planlagt i operasjonssenteret og sendt til ECDIS-stasjonen om bord via satellitt. Under manøvreringen ble skipet styrt av DP-systemet som ble kontrollert fra operasjonssentret på land. En del av forsøket var å legge inn et virtuelt hinder som fartøyet måtte unngå. Dette ble gjort ved at en ny ruteplan for vikemanøveren ble laget i operasjonssentret og sendt til taubåten. Der ble den lagt inn som den nye ruteplanen som DP-systemet skulle følge. Skipet fulgte ruteplanen for vikemanøveren frem til den var tilbake på opprinnelig kurslinje og fartøyet fulgte den opprinnelige ruteplanen videre. Forsøket ble gjennomført uten problemer og ble dømt en suksess.



NYK vil videre jobbe med å forbedre skip til land kommunikasjon da det ble oppdaget problemer med dette under forsøket. NYK har som mål å utføre forsøk med fjernstyrte fartøy i kysttrafikk i fremtiden (Chambers, 2020).

Et forsøk nummer to ble gjennomført i desember 2020. Dette forsøket hadde som hovedmål å bekrefte optimaliseringen av dataoverføringen på den tilgjengelige båndbredden. I tillegg ble det gjort forsøk rundt systemets evne til å respondere på systemfeil eller feil med kommunikasjonssystemet (The Maritime Executive, 2020c).

Teknisk informasjon om fartøyet:

Taubåten ble bygget i 2012 og har bruttotonnasje på 190t, lengden er på 32,8m (MarineTraffic, u.d.f).

4.3.1.3 ISHIN NEXT – MOL Smart Ship Project

Prosjekt eier

Mitsui O.S.K. Lines, Ltd. (MOL)

Mål:

Demonstrasjoner med skip for test av underliggende teknologi for autonome seilaser.

Planlagt grad av autonomi:

Fartøyene skal operere med en grad tilsvarende begrenset autonom.

Status:

Demonstrasjonene startet i 2020, med kontraktsperiode fra februar 2020 til februar 2021. Resultatene har ikke blitt offentliggjort.

Største samarbeidspartnere:

Furuno Electric Co. Ltd, Imoto Corporation, A.L.I. Technologies Inc, MOL Ferry Co., Ltd, MOL Marine Co., Ltd. Nippon Foundation.

Kort om prosjektet:

MOL gruppen har sammen med Mitsui E&S Shipbuilding og Furuno Electric drevet utvikling av autonome seilingssystemer, som nå skal demonstreres ved en hel seilas fra avgang kai, til ankomst kai. Der de to fartøyene «Sun Flower Shiretoko» (fig. 29) og «Mikage» (fig. 30) vil utrustes med omgivelsessensorer eid og utviklet av Furuno Electric, og manøvreringssystem for skipshåndtering og vikemanøvrer, og auto docking/undocking eid og utviklet av Mitsui E&S. Imoto corporation og MOL Ferry Co. Ltd. vil stille med skip og mannskap. A.L.I technologies inc utvikler fortøyningsystem, med blant annet droner som flyr kasteliner.



Figur 29 «Sun Flower Shiretoko»(advectionfog.net, 2018)



Figur 30 «Mikage» (Kenro, 2020)

MOL Marine vil også forberede, og utføre simulatortester av seilingsruter og skipshåndteringen i forkant av forsøkene (MOL, 2020).

Teknisk informasjon om fartøyene

«Sun Flower Shiretoko» er et japansk flagget 190 meter lang Roro/passasjer skip. Skipet er eid av MOL Ferry og ble bygd i 2001 (MOL Ferry Ltd, u.d.).

«Mikage» er et japansk flagget 95,5 meter langt containerskip. Fartøyet er eid av Imoto Corporation og ble bygd i 2015 (Imoto Lines, u.d.).

4.3.2 Kina

4.3.2.1 Jindouyun 0 Hao

Prosjekt eier:

Yunzhou Tech

Mål:

Målet var å utvikle det første autonome fraktesfartøyet i Kina (City of Zhuhai, 2019).

Planlagt grad av autonomi:

Fartøyets grad av autonomi er tilsvarende begrenset autonomt.

Status:

Den første seilasen ble gjennomført i desember 2019 (City of Zhuhai, 2019).

Største samarbeidspartnere:

Zhuhai Municipal Government, det kinesiske klasseselskap China Classification Society (CCS) og Wuhan University of Technology.

Kort om prosjektet:

«Jindouyun 0 Hao» (fig. 31) er det første kinesiskbygde autonome fartøyet. Byggingen startet i 2017. Den første testen av fartøyet gikk ut på å frakte to konteinere fra Dong'ao Island i bukten utenfor Hong Kong til en pier ved Hong Kong-Macao broen. Dette området har blitt definert som et testområde for autonome fartøy, og var det første i Asia (Safety4Sea, 2018). Testen var den første hvor et autonomt lasteskip fraktet last. Videre vil prosjektet utføre forsøk med andre fartøy for å teste anti-kollisjons systemet, og forsøk med autonom dokking (City of Zhuhai, 2019).

Teknisk informasjon om fartøyet:

Fartøyet har en lengde på 13m og en bredde på 4m (MarineTraffic, u.d.c).



4.3.2.2 OceanAlpha

Prosjekt eier

Yunzhou Tech, operer med navnet OceanAlpha internasjonalt.

Mål:

Videreutvikle autonom teknologi og levere verdensledende USVer (OceanAlpha, u.d.a).

Planlagt grad av autonomi:

Fartøyene har ulike grader av autonomi fra automatisk til fullautonom.

Status:

Produserer og leverer en rekke ferdigutviklede USV løsninger (OceanAlpha, u.d.a).

Største samarbeidspartnere:

Selskapet samarbeider med en rekke bedrifter og statlige organ (Yunzhou Tech, 2021).

Kort om prosjektet:

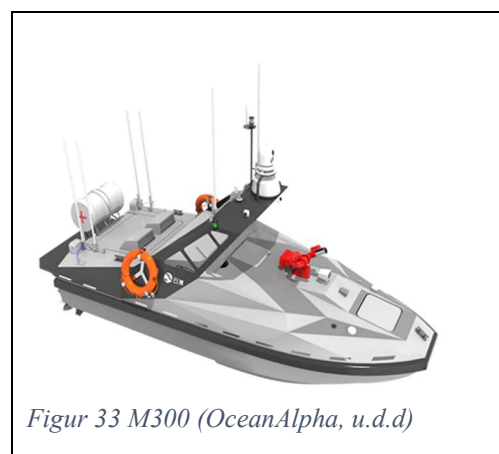
Selskapet ble grunnlagt i 2010 og produserer og utvikler en rekke USVer til forskjellige segmenter. I 2020 etablerte selskapet et utviklings og testsenter for USVer i Kina. Selskapet produserer fartøy til survey, kartlegging, overvåking, miljøovervåking, og SAR (OceanAlpha, u.d.a).

Overvåking/SAR

OceanAlpha produserer 2 fartøy som kan brukes til en rekke operasjoner innen overvåking og SAR (fig. 32 og 33). Fartøyene er designet for å være fleksible i oppdragsløsningen, de har avansert sensorteknologi til overvåking og navigering, i tillegg er fartøyene utstyrt med en fjernutøst



Figur 32 M75 (OceanAlpha, u.d.b)



Figur 33 M300 (OceanAlpha, u.d.d)

redningsflåte for personredning (OceanAlpha, u.d.b). Modellen M300 er i tillegg utstyrt for brannslukking (fig. 33) (OceanAlpha, u.d.d).

Miljøovervåkning

Innenfor dette segmentet tilbyr selskapet 10 ulike fartøy med kapasitet til å gjennomføre ulike miljøovervåkningsoppgaver. Noen av arbeidsoppgavene fartøyene er i stand til å utføre er måling av PH-verdi, mengden av oksygen, mengden av ulike stoffer i vannet som f.eks. olje og topografisk skanning. Fartøyene er mindre enn 2 meter og er designet med å gå på fart mellom 1 og 6 m/s. en av disse er modellen ME120 (figur 34) (OceanAlpha, u.d.e).



Figur 34 ME120 (OceanAlpha, u.d.e)

Survey

Selskapet produserer 2 modeller som er designet for oseanografiske undersøkelser og kartlegging. Den største modellen har en rekkevidde på 300nm ved 6kn. Fartøyene kan utstyres med en rekke forskjellige sensorer avhengig av oppdrag. En av disse er modellen M80 (figur 35) (OceanAlpha, u.d.c).



Figur 35 M80 (OceanAlpha, u.d.c)

4.4 Oceania

4.4.1 Australia

4.4.1.1 Bluebottle USV

Prosjekt eier:

Ocius

Mål:

Målet er å utvikle et autonomt fartøy drevet av sol, vind og bølgekraft som kan bli til sjøs i lange perioder. Fartøyet skal kunne brukes til å samle data eller som kommunikasjonsplattform (Bradley, 2020).



Planlagt grad av autonomi:

Graden av autonomi på fartøyet er tilsvarende fullautonom.

Status:

Flere fartøy bygget og testet. Fartøyene har tillatelse til å seile autonomt i Australias økonomiske sone (Bradley, 2020).

Største samarbeidspartnere:

Steber International

Kort om prosjektet:

Ocius utvikler flere klasser av autonome fartøy til ulike formål som å overvåke fiskeområder, oppdage smugleroperasjoner eller utføre havforskning (Bradley, 2020). Den mest utviklete klassen til Ocius er Bluebottle (fig. 36). Fartøy av denne klassen har fullført flere tester, som å gjennomføre et seilas på 96 nautiske mil under autonom kontroll, gjennomsnittsfarten ble på 3,4 knop. Det australske sjøfartsdirektoratet har gitt tillatelse til at de autonome fartøyene Bluebottle «Bob» og «Bruce» kan operere som kommersielle fartøy i den australske økonomiske sonen (Ausmarine, 2020). Bluebottle klassen blir drevet av sol, vind og bølgekraft og kan operere til sjøs i flere måneder. Ocius utvikler også en større versjon som er utstyrt med en dieselmotor (Ocius, u.d.b).

4.5 Oppsummering av prosjektene

For å kunne gi en helhetlig oversikt over de viktigste momentene for alle prosjektene er disse satt opp i en tabell (tabell 9). Den gir informasjon om fartøyenes status, segment, størrelse og graden av autonomi. Denne graden er gruppens tolkning av høyeste oppnåelige grad basert på informasjon om prosjektet, vurdert etter NFAS sine grader for autonomi. Der prosjektet inkluderer flere fartøy er hvert fartøy listet som et eget punkt. Unntakene er:

- OceanAlpha der fartøysmodellene selskapet leverer er relativt like og er derfor lagt inn under et punkt.
- Armada Fleet der kun størrelsen varierer.
- Den britiske marinens ubemannede mine fartøy.
- FFI sitt ubemannede prosjekt der «Odin» og «Frigg» er relativt like

NAVN	STATUS	SEGMENT	STØRRELSE	NFAS GRAD
Yara Birkeland	Delvis operativ	Frakt	80m	Autonom
Asko Sjødrone	Utvikles	Frakt	67m	Autonom
Ocean Space Drone	Operativ	Forskning	12m	N/A
MilliAmpère	Utvikles	Passasjer	8,5m	Autonom
Ny Sundbåt	Utvikles	Passasjer	-	Autonom
Bastø VI	Delvis operativ	Passasjer	143m	Begrenset autonom
ReVolt	Konsept	Frakt	60m	Autonom
Reach Remote	Utvikles	Survey (offshore)	25m	Automatisk
The Mariner	Operativ	Survey (kystnær)	6m	Automatisk
The Otter	Operativ	Survey (kystnær)	2m	Automatisk
The Sounder USV	Operativ	Survey (kystnær)	8m	Autonom
Odin	Delvis operativ	Militært	10,9m	Autonom
Svitzer Hermod	Avsluttet	Taubåt	28m	Automatisk
Recotug	Konsept	Taubåt	-	Automatisk
Joint Industry Project	Avsluttet	Offshore	26m	Begrenset autonom
CaptaiAI	Delvis operativ	Taubåt	15m	Automatisk
SVAN	Avsluttet	Passasjer	54m	Begrenset autonom

Sea-Kit X	Utvikles	Survey (kystnær)	12m	Automatisk
SEA-KIT Ω	Utvikles	Survey (offshore)	23m	Automatisk
SEA-KIT Σ	Utvikles	Støttefartøy	36m	Automatisk
RNMB Harrier	Delvis operativ	Militært	11m	Autonom
ULAQ serien	Delvis operativ	Militært	15m	Autonom
M/V Kamilla	Utvikles	Frakt	141m	N/A
Autoship – Eidsvaag Pioner	Utvikles	Frakt	75m	Begrenset autonom
Autoship – Zulu 4	Utvikles	Frakt	50m	Begrenset autonom
ASW ACTUV	Operativ	Militært	40m	N/A
Mayflower	Operativ	Forskning	15m	Autonom
Armada Fleet	Utvikles	Survey (offshore)	21m, 36m, 78m	Automatisk
NYK Iris Leader	Avsluttet	Frakt	200m	Automatisk
NYK Yoshio Maru	Avsluttet	Taubåt	33m	Automatisk
ISHIN NEXT - Sun Flower Shiretoko	Utvikles	Passasjer	190m	Begrenset autonom
ISHIN NEXT - Mikage	Utvikles	Frakt	95m	Begrenset autonom
Jindouyun 0 Hao	Delvis operativ	Frakt	13m	Begrenset autonom
OceanAlpha	Operativ	Survey (kystnær)	2-10m	N/A
BlueBottle	Operativ	Survey (offshore)	7m	Autonom

Tabell 9 Oversikt over de viktigste momentene for alle prosjekter. Kilde egen

5 Drøfting

5.1 Grad av autonomi

Det finnes en del forskjellige definisjoner på autonom og autonomi, hvis man ser til ordboken er det definert som selvstendighet/selvstyre (Språkrådet, u.d.); ser man til vår egen kropp er det autonome nervesystemet den delen av nervesystemet som kontrollerer de indre organene, funksjoner som bare i svært liten grad kan styres av bevisstheten (Jansen and Glover, 2019). I filosofien er ordet autonomi brukt om det som følger sin egen indre lovmessighet, uavhengig av påvirkning utenfra (Sagdahl, 2019); og i statsretten brukes autonom om områder som ikke har full selvstendighet, men som har selvstyre på enkelte felter (Gisle, 2019). Det som er felles for alle disse definisjonene er at det forekommer stort til absolutt selvstyre; derfor kan det stilles spørsmål ved bruken av ordet innen mange av prosjektene nevnt i denne oppgaven. Siden de fleste av prosjektene er utviklet med planer om menneskelig involvering i fartøyets operasjoner. Dette kan by på utfordringer knyttet til informasjonsutveksling og samarbeid siden alle blir omtalt som autonome selv om de ikke nødvendigvis er ubemannet eller selvstyrende.

Det er ut ifra denne problemstillingen det i dag utvikles en internasjonal felles terminologi og et gradsystem som lettere kan definere om et fartøy er autonomt eller om det faller inn under andre grader. Det er samtidig verdt å nevne at et skip eller prosjekt ikke nødvendigvis er designet og bygd kun for å operer innenfor en enkelt grad, men flere er ment å operere dynamisk innenfor flere grader på en enkel seilas (IMO, 2018).

Selv om en internasjonal terminologi og gradering for autonomi kun er under utvikling og implementering både hos IMO og ISO, er ulike grader av autonomi noe det er skrevet mye om. I teoridelen av oppgaven illustreres dette ved at man har valgt å nevne flere ulike tilnærminger fra flere aktører. Det å gradere autonomi i forskjellige nivåer er noe som Loyds Register introduserte som Autonomy Levels i sine veiledningsdokument for Cyber-Enabled Ships utgitt i 2016, dette sier noe om i hvor stor grad et skip vil kunne operere autonomt, under gitte omstendigheter (Lloyd's Register, u.d.a).

IMO har foreløpig fire ikke hierarkiske grader for autonomi, som blir brukt som ledetråd i deres diskusjoner. Det er lagt stor vekt på at mennesket er involvert i prosessen og det er ikke før i grad fire mennesket ikke er omtalt. De fire gradene er ennå ikke fastsatt og vil kunne endres i takt med utviklingen.

NFAS har beskrevet operasjonelle grader for autonomi der bemanningsfaktoren så langt det lar seg gjøre er blitt tatt ut av gradene. I de gradene mennesket er nevnt som eksempel, er det uavhengig av hvor det befinner seg, enten det er på land, på SCC, eller på skipets bro. Gradene er teknisk rettet med eksempler fra dagens teknologi som eksempelvis DP system, avansert automasjon, og bruk av kollisjonsunnavikelsesteknologi. På graden av fullautonom som NFAS har beskrevet vil man ikke ha noe SCC eller personell på skipets bro, selv om man vil kunne monitorere og avslutte den fullautonome operasjonen.

ABS sine grader for autonomi er i stor grad basert på interaksjonen mellom mennesket og system. Rollen mennesket har, er nevnt først i alle gradene. Deretter ser de på hvilken grad systemet støtter opp om mennesket og i hvilken grad systemet gjør oppgaver istedenfor mennesket. På graden av fullautonom har ABS beskrevet at mennesket fortsatt vil ha muligheten til å påvirke og overkjøre utførelser valgt av systemet.

DNV beskriver at grader av autonomi er respektive for hvor de benyttes, og skiller på navigasjonsfunksjonene og maskinstyringen ombord på et skip. Der det kommer frem at det i varierende grad er mulig for et system og overholde autonom funksjonalitet som dekker samtlige navigasjonsfunksjoner, derfor forutsettes en blanding av menneskelige og systemstyrte oppgaver i deres grader for autonomi. På graden av fullautonom har DNV beskrevet at mennesket normalt vil være uten mulighet til å påvirke systemet på en funksjonell måte, selv om man vil kunne monitorere og avslutte den fullautonome operasjonen.

CCNR ser at med stadig mer implementering av automasjon i innlandsnavigasjon er man nødt til også inkludere de spesifikke utfordringer knyttet til nettopp innlandsnavigering. Mannskapssammensetning, navigering i trangt farvann og begrensede omgivelser, passering av sluser samt utfordringer knyttet til vannstand og bro klaring er også temaer som må diskuteres. Derfor foreslås det å etablere et system med grader av autonomi for å kunne bruke i diskusjonene som pågår. På graden fullautonom har CCNR beskrevet at systemet vil utføre navigasjonsoppgaver uten menneskelig innblanding, selv om man vil kunne monitorere og avslutte den fullautonome operasjonen.

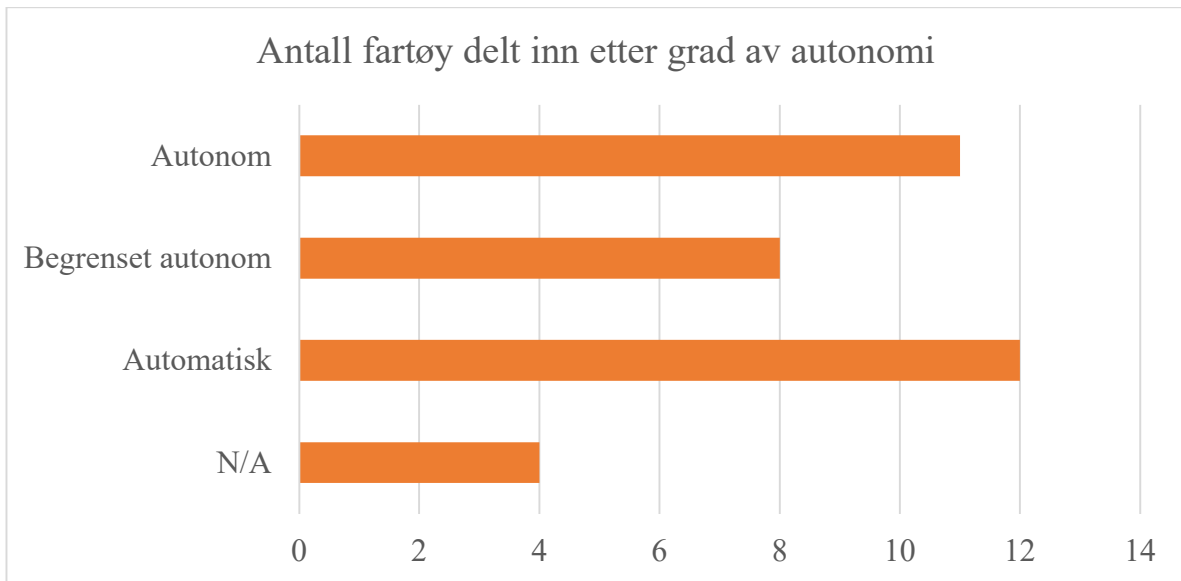
Thomas B. Sheridan og William L. Verplank har i et dokument fra 1978, gjort en gjennomgang av faktorene under interaksjon mellom menneske og maskin når det kommer til fjernstyring av undervannsfarkoster. I dokumentet beskrives grad av automatisering. Fra

grad en, der mennesket gjør hele arbeidet, til ti der systemet gjør hele arbeidet, som en beskrivelse for samspillet mellom mennesket og maskin sin beslutningstaking. ABS har blant annet brukt dette arbeidet som grunnlag for sine grader for autonomi (Sheridan and Verplank, 1978).

Lloyd's Register har i stor grad mennesket med i gradene sine, gradene går fra grad null som er dagens skip, opp til grad fem og seks som begge beskriver fullautonome skip. Grad fem er fullautonom hvor mennesket sjelden overstyrer systemet. Grad seks er graden av fullautonom hvor systemet styrer alt, selv om man vil kunne monitorere og avslutte den fullautonome operasjonen.

Etter å ha sett på flere av klaseselskapenes grader av autonomi kan man få et innblikk i hva de ulike legger til grunn for sine grader, og hvordan graden for fullautonome fartøy er beskrevet. Gruppen har valgt å bruke NFAS sine grader for autonomi for å danne et felles grunnlag i denne oppgaven. Etter å ha sett på hvert enkelt prosjekts mening om hvilken grad av autonomi de skal operere i, har gruppen deretter valgt å plassere disse i en tilsvarende NFAS grad. (beslutnings støttesystem, automatisk, begrenset autonomt og fullautonom). Dette gjorde det også lettere å se hvilke grader av autonomi hovedtyngden av prosjekter har planer om å operere med. Gruppen valgte NFAS sine operasjonelle grader av autonomi fordi de var oversiktlige og forklarende, samtidig som de var teknisk rettet med eksempler fra systemer gruppen kjenner til. Oppgaven ser ikke særlig på bemanningsfaktoren av prosjektene, det er verken sett på bemanningsgrad på SCC, eller nærmere på bemanningsgrad for de gradene det er mannskap ombord, derfor er de operasjonelle gradene til NFAS mest passende fordi de i størst grad ekskluderer faktoren, og i stor grad ser på skipet som et system.

For å se litt nærmere på gradene til de ulike prosjektene i denne oppgavens teoridel, er diagrammet under (fig. 37) basert på NFAS sine foreslåtte grader for autonome handelsskip. Gruppen gjorde et forsøk på å plassere hvert enkelt prosjekt innenfor en av gradene til NFAS, basert på hvordan prosjektets eier, beskrev prosjektets grad av autonomi. Dette er for å se hvor mange av prosjektene som er innen samme grad av autonomi.



Figur 37 Hvor mange prosjekter har hvilken grad av autonomi. Kilde: eget

Diagrammet (fig. 37) viser at de fleste prosjekter ligger på automatisk og begrenset autonom, men man kan også se at noen prosjekter også kan være i stand til å seile med grad av fullautonom. Autonomi krever mengder med automasjon, bransjen er på en naturlig vei mot mer avanserte autonome skip, men det kan ta lenger tid enn det deler av bransjen har som mål, status og veien videre for prosjektene ser man nærmere på i kapittel 5.6.

5.2 MASS Terminologi

Formålet med terminologi er å lette den fagspråklige kommunikasjonen, ved at alle er enige om hva det blir snakket om (Språkrådet, 2006). ISO har startet arbeidet med en internasjonal standard som skal omhandle terminologi relatert til MASS. Utvikling av en ny internasjonal standard er en omfattende prosess som går igjennom flere stadier, det er mange fagekspertter som skal ytre sin mening, og det skal være enighet underveis. Det er derfor naturlig at en slik prosess vil strekke seg over lengre tid. Men i den autonome delen av maritim bransje er det ikke bare utviklingen av internasjonal standard som pågår, parallelt følger også en teknologisk utvikling, som uavhengig av noen internasjonal standard eller felles terminologi, utvikler, tester og designer prosjekter. Det sies ikke her at man er nødt til å ha en internasjonal standard ferdig for å kunne fortsette utviklingen. Men man vil kunne dra nytte av og ha et felles sett med grunnbegreper for den autonome næringen. Det er en del som tyder på at vi i fremtiden vil ha en større og omfattende standardisert terminologi

utarbeidet av ISO. Før en felles terminologi og grader er på plass er man i stor grad nødt til å sette seg godt inn i «termer og definisjoner» knyttet til enkelt tekster, presentasjoner og artikler som omhandler maritim autonomi.

Før en slik felles terminologi er på plass kan det i enkelte tilfeller virke som om ordet autonom blir brukt til å fremme enkeltprosjekter uten at de egentlig utvikler autonome produkter; men på en annen side kan det være autonomi blir brukt i mangel på et bedre mer spesifikt ord, som allmenheten vil forstå.

5.3 Hvem er pådriver bak den autonome utviklingen?

Ved å ta utgangspunktet i prosjektene oppført i kapittel 4 skal dette delkapittelet forsøke å besvare hvilke aktører som er hovedpådriverne innen maritim autonom utvikling.

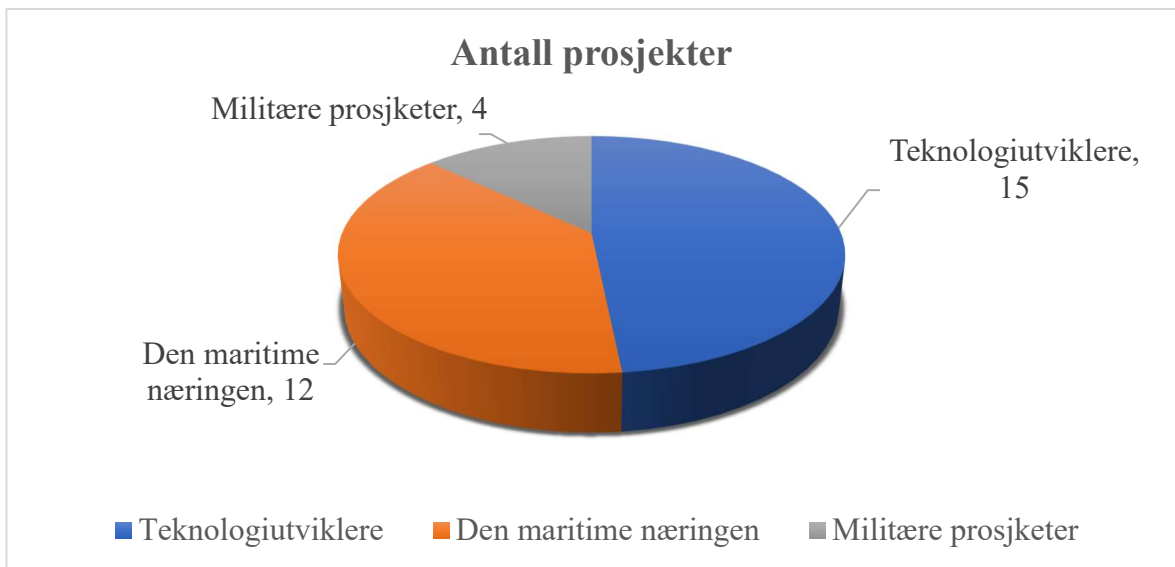
Oppgaven har valgt å dele pådriverne opp i tre hovedgrupper. Ved noen prosjekter er det den maritime næringen som er initiativtaker, ofte med et ønske om å utvikle et nytt kommersielt fartøy. Ved andre prosjekter er det en teknologiutvikler som er den største pådriveren. I tillegg er de militære prosjektene underlagt en egen kategori.

NYK «Iris Leader» og NYK «Yoshio Maru» er eksempler på prosjekter der rederiet er hovedpådriver. NYK som rederi har et langtidsmål om å sette autonome fartøy i kommersiell drift (The Maritime Executive, 2019). Rederiet samarbeider med flere teknologiselskap, men er likevel hovedpådriveren i de prosjektene de er involvert i. Reach Remote og Armada flåten er to andre prosjekter som drives av rederiene, begge prosjektene har allerede annonsert planer om å bygge en flåte av autonome fartøy (Førde, 2021; Ocean Infinity, 2021).

Eksempler på prosjekter som i hovedsak er drevet av teknologiutvikleren er Kongsberg Ocean Space Drone og CaptainAI. Disse prosjektene har som formål å gi selskapene en mulighet til å utvikle teknologi. Ocean Space Drone har som formål å være en plattform for videre utvikling av maritim autonom teknologi (Blich, 2017). CaptainAI er et prosjekt som fokuserer på programvare og de samarbeider med tre rederier for å ha tilgang til fartøy å teste ut programvaren på (Captain AI, u.d.b). OceanAlpha har utviklet en serie mindre

autonome fartøy til en rekke ulike bruksområder som kartlegging av havbunnen og SAR oppdrag (OceanAlpha, u.d.f).

For å anskueliggjøre om tyngden ligger hos teknologiselskapet eller den maritime næringen er det satt opp et diagram. For en rekke prosjekter var det tydelig hvem som er den største pådriveren. Der det var mindre tydelig ble det tatt en vurdering på hvilke av kategoriene var mest treffende basert på tilgjengelig informasjon. De militære prosjektene ble satt i en egen kategori da utvikleren i hovedsak også brukeren av fartøyet.



Figur 38 Inndeling av prosjektene i kategorier basert på hvilken aktør som er den største pådriveren.
Kilde: eget

Diagrammet (fig. 38) viser en tendens til at de fleste av prosjektene har teknologiutviklere som hovedpådriver. Det kan tenkes at selskapene ønsker å være i spissen for utviklingen slik at de kan etablere seg som ledende aktører. Det er likevel en stor andel av prosjektene som er drevet fram av rederier og andre selskap i den maritime næringen. Reach Subsea for eksempel har en ambisjon om å sette kostnadseffektive autonome fartøy med lavere utslipp i drift. Fartøyene de etterspør er ikke ferdig utviklete design. De valgte derfor å starte et samarbeid med Kongsberg Gruppen og Massterly -to teknologiutviklere- for å kunne nå sine ambisjoner (Reach Subsea, 2021).

5.4 Hvor foregår den autonome utviklingen?

Hvilke regioner som er mest aktive i utviklingen av autonome fartøy er også et relevant tema gruppen ønsket å se nærmere på. I kapittel 4 er prosjektene delt inn etter verdensdeler og land. Dermed blir det tydelig at et stort antall av prosjektene er lokalisert i Europa. For å vurdere hvor det geografiske senteret for autonom utvikling ligger kan det være relevant å ikke bare se på antall prosjekter. I tillegg bør det tas hensyn til bredden av segmenter og hvor langt utviklingen av prosjektene har kommet.

Prosjektene som er lokalisert i Europa dekker en stor bredde av segment i den maritime næringen. Det er både forskningsprosjekter som jobber med å utvikle den generelle teknologien rundt autonom drift, samtidig som en rekke prosjekter jobber mot å utvikle et eller flere fartøy til kommersiell drift.

Også i Asia er det store prosjekter med god spredning over ulike segment som driver med autonom utvikling. OceanAlpha har utviklet og selger en rekke autonome fartøy. Fasilitetene deres gjør at de er godt rustet til å kunne fortsette å være en viktig aktør innen autonom utvikling i Kina. Rederiet NYK har et sterkt ønske om å sette autonome fartøy i drift i løpet av få år og er en stor pådriver for den autonome utviklingen i Japan. Disse prosjektene viser at Asia, med Japan og Kina i spissen også er et av sentrene for autonom utvikling.

Mange av prosjektene under utvikling i Europa har et tilsvarende prosjekt med lignende mål et annet sted i verden. Armada flåten fra USA og Reach Remote fra Norge er to prosjekter som ønsker å utvikle en flåte med autonome surveyfartøy. Japanske NYK «Yoshio Maru» er et prosjekt som utvikler autonom teknologi til taubåter, på lik linje med CaptainAI og Recotug fra Europa. Når det gjelder utviklingen av fraktesfartøy har Europa «Yara Birkeland», M/V «Kamilla», Askø Sjødrone og Autoship prosjektet. I Asia er det NYK «Iris Leader» og MOL Smart Ship Project med «Sun Flower Shiretoko» og «Mikage» som dekker dette segmentet. Australske Ocian sin Bluebottle USV har likhetstrekk med Sea-Kit fra Storbritannia. Det norske selskapet Maritime Robotics har til nå utviklet to mindre autonome fartøy til bruk i kystnære områder; OceanAlpha fra Kina har modeller som dekker de samme og flere segmenter.

Denne oppgaven viser at det er i Europa det utvikles flest prosjekter, det er også her vi ser den største bredden i segmenter. Derfor kan det antas at det er Europa som er det foreløpige

senteret for autonom utvikling, men dette kan endres raskt da autonom skipsfart er ett relativt nytt satsingsområde i store deler av verden.

Kongsberg Gruppen er et selskap som skiller seg spesielt ut med å være involvert i mange prosjekter. Gjennom en rekke underselskap som Kongsberg Maritime og Massterly (samarbeidsprosjektet med Wilhelmsen), er de involvert i 11 av prosjektene beskrevet i denne oppgaven. Det er både norske og internasjonale prosjekter og disse dekker en stor bredde av segmenter i den maritime næringen. Prosjektene inkluderer blant annet følgende fartøystyper: taubåt, lasteskip, offshorefartøy, ferger og surveyfartøy. De fleste av disse prosjektene er fortsatt under utvikling. Kongsberg kan få en fordel ved å være med i flere ulike prosjekter fordi de vil kunne hente kunnskap fra flere av disse, noe som kan gi et bedre grunnlag til å utvikle et helhetlig system. Ved å ha en stor bredde i prosjektene kan man utvikle de bakenforliggende systemer fra flere forskjellige vinkler, noe som kan akselerere utviklingen. Noen av prosjektene utvikler dokking system, andre utvikler håndteringen av vikemanøver og noen fokuserer på infrastrukturen og kontrollsentere. Ved å sammenfatte resultatene av disse ulike prosjektene vil Kongsberg kunne ha et godt grunnlag til å utvikle et helhetlig system som kan anvendes på flere fartøystyper utover de som er nevnt i denne oppgaven (Kongsberg Maritime, u.d.).

På en annen side kan det tenkes at de selskapene som fokuserer kun på et prosjekt, eller kun på prosjekter innenfor et segment kan få et fortrinn ovenfor Kongsberg Gruppen innenfor det ene segmentet. Dette kan begrunnes med at selskap som jobber med utviklingen innfor et segment kan ha mer spesifikk erfaring knyttet til det segmentet, og har dermed muligheten til å ta bedre hensyn til eventuelle utfordringer.

Et område av utviklingen det har vært vanskelig å finne tilstrekkelig informasjon om er det militære. Den militære autonome utviklingen er underlagt mye hemmelighold og det har vært vanskelig å finne pågående prosjekter og informasjon rundt disse. Men oppgaven viser at det foregår en stor autonom utvikling innen det militære selv om den ikke har dekket alle militære prosjekter som pågår grunnet mye hemmelighold. Ved å se på Unmanned Warrior øvelsen som ble nevnt i prosjektet om «RNMB Harrier», ser vi at det foregår testing og utvikling av en rekke ubemannede militære løsninger (Royal Navy, u.d.).

Ved å se på US Navy sin «Sea Hunter» er det tydelig at det amerikanske forsvaret har forsket på og utviklet autonom teknologi. «Sea Hunter» gjennomførte et autonomt havgående seilas

i 2019, og det er rimelig å anta at utviklingen av fartøyet og teknologien har gjort framgang siden det tidspunktet. Det er få om noen sivile prosjekter som har gjennomført lignede seilas, noe som tyder på at enkelte av de militære prosjektene kan ligge lenger fram i utviklingen enn de sivile. Det kan også antas at det foregår lignende utvikling i andre land som hemmeligholdes.

5.5 Fartøystyper

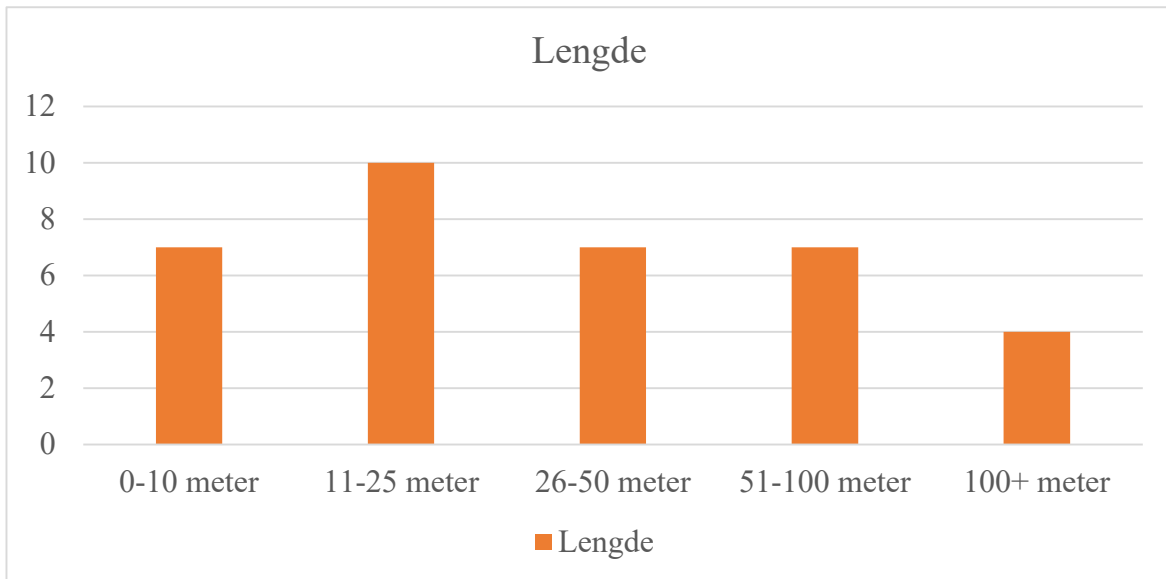
5.5.1 Nye eller eksisterende fartøy

Prosjektene benytter seg av en rekke ulike fartøy ut ifra hva som er målet til prosjektet. Flere av prosjektene benytter allerede eksisterende fartøy, mens andre prosjekter bygger nye fartøy. Selskapene som i hovedsak jobber med å utvikle teknologien bak autonomi benytter seg i større grad av eksisterende fartøy. Dette kan være i form av at man utstyret et kommersielt fartøy med autonom teknologi, eksempler på dette er NYK sine prosjekter, «Bastø VI», Autoship og CaptainAI. Alternativt kan et fartøy bygges om fra sitt opprinnelige bruksområde, dette ble gjort med Ocean Space Drone 1 og 2 som er tidligere livbåter Kongsberg bygget om til autonome testplattformer.

De prosjektene som jobber for å utvikle en helhetlig løsning der målet er at de skal kunne gå inn i kommersielt drift velger ofte å bygge nye fartøy fremfor å bygge om eksisterende fartøy. Eksempler på slike prosjekter er «Yara Birkeland» og ASKO sine sjødroner.

5.5.2 Størrelse

Ser man på størrelsen til fartøyene tatt med i denne oppgaven og setter dette opp i et diagram (fig. 39), kommer det frem at majoriteten av fartøyene er 50 meter eller mindre. De mindre fartøyene er designet for å operere langs kysten på kortere strekninger, mens de større fartøyene er tiltenkt langdistanse fraktesegmentet.



Figur 39 Inndeling av fartøyene etter størrelse. Kilde: egen

Av prosjektene nevnt i denne oppgaven er flertallet relativt små fartøy. Det kan være ulike grunner til dette. En fordel ved å bruke mindre fartøy vil være at de er rimeligere både i anskaffelse og i drift. En annen fordel kan være at mindre fartøy er lettere å operere i beskyttede og kystnære farvann. I noen tilfeller vil forskningsprosjekt og prototyp utvikling dra nytte av å ha letthåndterlige fartøy som det lett kan gjøres endringer på. En annen årsak kan være at man ønsker å utvikle autonome fartøy for operasjoner der et lite fartøy er mer effektivt; som The Otter er ett eksempel på. Modellene er designet for å utføre surveyarbeid i beskyttede farvann. Selskapet som tilbyr flest fartøymodeller i denne oppgaven er OceanAlpha: majoriteten av disse er under 2 meter i lengde og ingen av modellene har en større lengde enn 10 meter. Noen av modellene er designet for bruk i innsjøer og vannreservoar, mens andre har havneområder og kystnære farvann som sitt tiltenkte arbeidsområde.

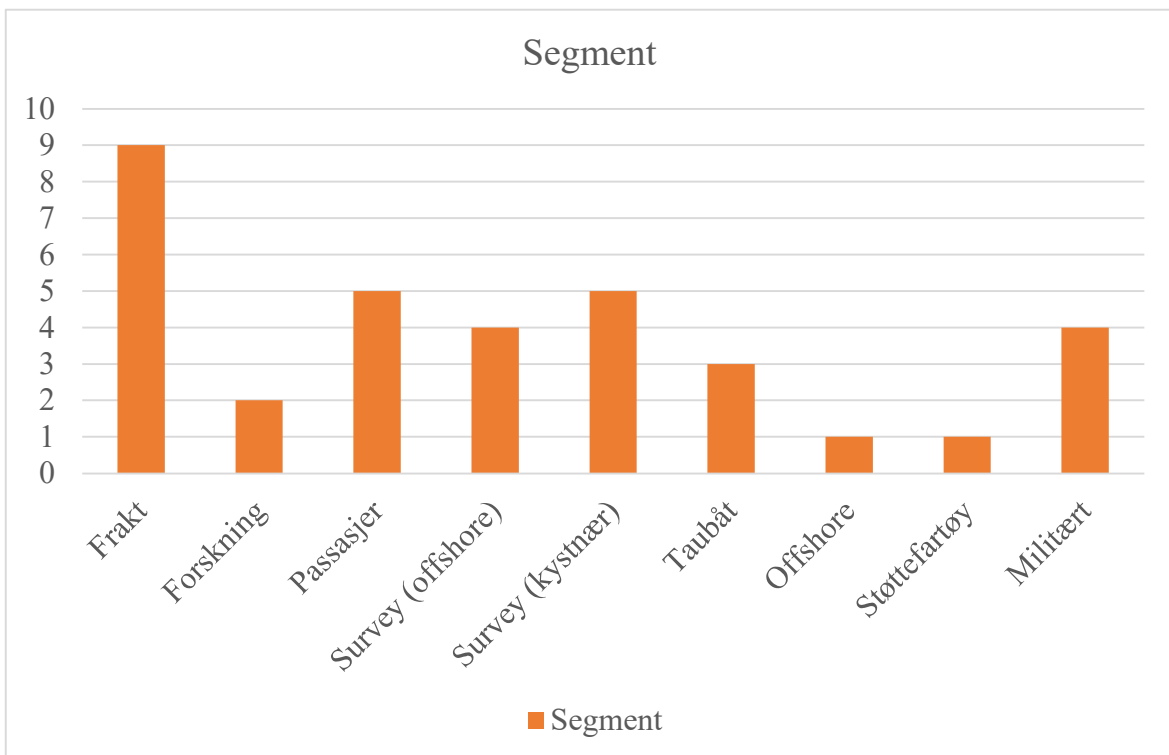
Dette er fordi autonome og spesielt mindre ubemannede skip kan gjøres mer energieffektive enn dagens fartøy av samme type, i tillegg til at de kan utføre enkelte arbeidsoppgaver på en mer effektiv måte som for eksempel survey av vannreservoar. Rolls Royce har beregnet at energibehovet for sjøfrakt kan reduseres med opptil 30% ved å fjerne hotellseksjonen, personlig sikkerhetsutstyr og det tilhørende energibehovet, i tillegg vil skipet få mer plass til gods. Ubemannede skip kan også redusere operasjonshastigheten uten at dette medfører økte mannskapsutgifter. Lavere hastighet vil ytterligere redusere energibehovet og vil også kunne gi et konkurransedyktig grunnlag for batteridrift på korte til mellomlange avstander (NFAS, u.d.a). Dette er prosjekter som ASKO sine sjødroner og «Yara Birkeland»

eksempler på. Disse prosjektene reduserer ikke bare utslipp i forhold til skip av samme størrelse og kapasitet, de vil også fjerne behovet for bruk av lastebiler på de rutene de er designet for, grunnet kostnadseffektiviteten og miljøbesparelsen de vil utgjøre.

Det finnes også prosjekter som velger å jobbe med større fartøy. Noen velger å utvikle nye fartøy, som for eksempel «Yara Birkeland». Andre velger å benytte seg av allerede eksisterende kommersielle fartøy, eksempelvis M/V «Kamilla». Fordelen med dette kan være at det gir et mer helhetlig grunnlag for fremtidig autonom utvikling enn ved å kun benytte små fartøy. I tillegg vil kostnaden kunne være lavere når man benytter seg av eksisterende fartøy. Å benytte fartøy som allerede er i kommersiell drift til utviklingen av autonom teknologi kan bidra til at det blir større tillit til den autonome utviklingen ettersom man benytter seg av allerede fullt bemannede fartøy. I tillegg kan man demonstrere at systemet evner å håndtere større fartøy.

5.5.3 Bruksområde

Det er en rekke ulike segment som dekkes av prosjektene i oppgaven. Det segmentet med flest fartøy er fraktesegment, etterfulgt av og passasjersegmentet. Diagrammet under (fig.40) viser inndelingen i segment basert på tabellen i kapittel 4.5 (tabell 9).



Figur 40 Inndeling av fartøy etter segmentet de operere i. Kilde: egen

Ser man på prosjektene i surveysegment i diagrammet (fig. 40) blir det tydelig at en rekke av disse er operative allerede. Ingen andre segment har tilsvarende mengde med operative fartøy, og det kan tolkes dritt hen at surveysegmentet er det segmentet der utviklingen har kommet lengst. I dette segmentet er det en fordel å begrense størrelsen av fartøyet til det minst nødvendige, da det gir en konkurransefordel ovenfor tradisjonelle bemannede fartøy som ofte er betraktelig mye større (NFAS, u.d.a). At fartøyene er forholdsvis mindre, kan være en grunn til at utviklingen i dette segmentet har gått raskere enn i en rekke andre. Det er flere selskaper som allerede har operative fartøy, eksempelvis Maritime Robotics med The Otter og The Mariner, Kongsberg med The Sounder og OceanAlpha med sine ulike modeller. Flere andre prosjekt er godt i gang og planlegger å starte kommersiell drift i løpet av de neste årene, eksempelvis Armada flåten og Reach Remote.

Det store flertallet av prosjektene nevnt i denne oppgaven drifter og utvikler fartøy som skal operere langs kysten og/eller utføre survey/offshore operasjoner. De få prosjektene som jobber med å utvikle havkryssende fartøy er NYK «Iris Leader», MOL Smart Ship Project og M/V «Kamilla». Det å skulle drifte ubemannede skip over lengre distanser er i utgangspunktet utfordrende og dyrt. Dette er fordi skipene må konstrueres for å kunne operere uten vedlikehold underveis. Dette vil igjen føre til et behov for redundans i fremdriftssystemene og andre kritiske komponenter, i tillegg vil det kreve renere drivstoff for å sikre stabil drift noe som igjen fører til økte kostnader (NFAS, u.d.a).

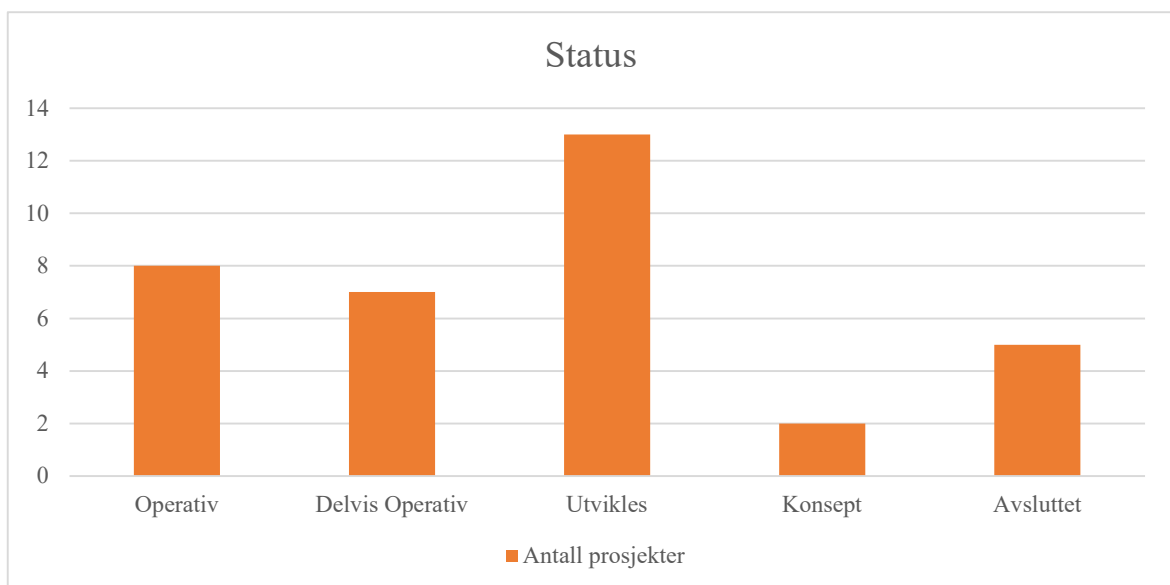
Det å flytte deler av godstransporten fra vei til sjø har lenge vært et mål i Norge, men et stort hinder for dette er måten sjøtransport er organisert på. Allerede i dag er det i mange tilfeller sjøtransport som er det billigste alternativet, det er også ofte det mest miljøvennlige alternativet, men dette forutsetter fulle skip av en viss størrelse. For at transporten skal bli så økonomisk som mulig er det i dag ønskelig med få anløp til større havner. Dette kan føre til at godset må fraktes en lengere distanse på land fra de større havnene, resultatet av dette kan være at veitransport blir foretrukket for hele transporten da dette gir mere fleksibilitet uten nødvendigvis en stor prisøkning (Tønseth, 2017).

En mulig løsning på denne utfordringen er mindre fartøy (feedere). Autonomi kan gjøre dette mulig da det til nå har vært lite økonomisk å operere mindre fraktebåter grunnet dyre manskapsutgifter. Ved å bruke mindre autonome fartøy langs kysten vil man kunne redusere kostnadene og øke fleksibiliteten, og dermed erstatte en del av transporten som i dag går over land. Som nevnt tidligere i oppgaven vil mindre autonome fartøy kunne være mer

energieffektive enn konvensjonelle større fartøy dermed vil det også kunne gi en miljøgevinst ved flytting av godstransport fra land til mindre autonome fartøy (Tønseth, 2017).

5.6 Status og veien videre

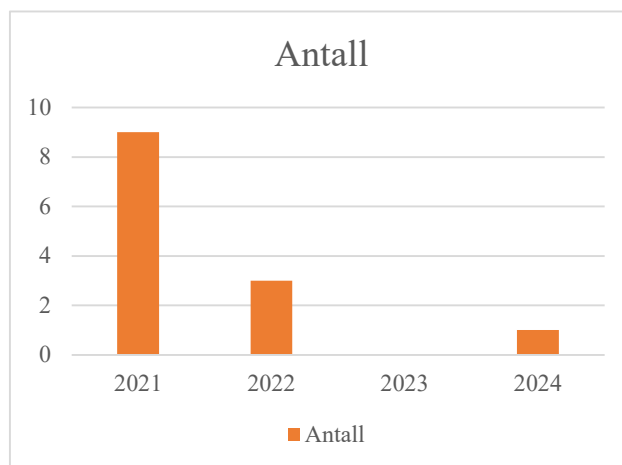
I kapittel 4 beskrives statusen til hvert prosjekt. Disse kan oppsummeres i 5 kategorier, operativ, delvis operativ, utvikles, konsept og avsluttet. Operativ beskriver fartøy som kan operere med målsatt grad av autonomi. Delvis operative fartøy er fartøy som er operative, men ikke med den graden av autonomi som prosjekter har som endelig mål. Fartøy kategoriseres som utvikles når de fremdeles er i bygge- eller testfasen. Konsept gjelder fartøy som er kun i planleggingsfasen. Prosjekter som er fullført og avsluttet er kategorisert som avsluttet, dette gjelder også der det er planlagt påfølgende prosjekter i fremtiden dersom disse ikke er tatt med i denne oppgaven. Diagrammet under (fig. 41) visualisere dette.



Figur 41 Inndeling av fartøyene etter status de har oppnådd. Kilde: egen

En rekke av prosjektene presentert i denne oppgaven har lagt fram en tidsplan for videre utvikling av prosjektet. Mange har et mål om å sette nye fartøy og prototyper i drift i nær framtid. For å kunne danne en bedre oversikt over når de neste stegene i utviklingen av autonomi skjer er det laget et diagram (fig. 42). Det viser hvor mange prosjekter som har planer om å fullføre prosjektet eller nå et nytt delmål for hvert år. Dette inkluderer kun prosjekter som har publisert en videre tidsplan. Prosjekter som er fullført, eller som ikke har gitt ut oppdatering etter å ha oppnådd sitt forrige mål er ikke tatt med.

Diagrammet (fig. 42) gir en tydelig indikasjon på at majoritet av prosjektene har planlagt å oppnå neste steget i utviklingen i løpet av 2021 og 2022. Flere av prosjektene har mål om å ha automatiske, begrenset autonome eller fullautonome fartøy operative i dette tidsrommet. «Yara Birkeland» skal være full autonom fra 2022, Reach Remote ønsker å ha to fartøy i drift innen 2022 og Armada flåten vil få fartøy levert i 2021.



Figur 42 Inndeling av prosjektene etter når neste steget er. Kilde: eget

Versjon to av «MiliAmpere» skal settes i bruk innen 2021 og den autonome Sundbåten skal være i drift innen 2022. Andre prosjekter har mål om å gjennomføre et viktig steg mot autonomi, som f.eks. Autoship prosjektet som vil gjennomføre utrustning av «Eidsvaag Pioner», mens «Mayflower» har ambisjoner om å krysse Atlanterhavet i 2021.

Det har vist seg at noen av prosjektene ikke har vært i stand til å holde det planlagte tidskjema. I 2018 var planen at «Yara Birkeland» skulle være klar til drift i 2019 (Markussen, 2018). Fartøyet ble ikke ferdigstilt før i 2020 og har blitt satt på pause som følge av koronapandemien (The Maritime Executive, 2020a). De første fartøyene i Armada flåten skulle være operative i starten av 2021, men det har så langt ikke blitt kunngjort noe om dette ble oppnådd. Autoship prosjektet har hatt forsinkelser på implementeringen av den autonome teknologien på begge fartøyene grunnet Covid-19 utbruddet (Autoship, 2021).

Etter 2022 vil det etter planen bli mulig å se resultatene fra noen disse prosjektene og i hvor stor grad de har klart å oppnå de målene som er satt. Sannsynligvis vil også videre mål bli annonsert. I tillegg kan resultater fra andre prosjekter som til nå ikke har publisert en offentlig plan bli kunngjort. Dersom de ulike prosjektene oppnår sine mål innenfor de satte tidsfristene, kan 2022 være det året hvor det er mulig å se autonome fartøy i bruk innenfor en rekke segment. Dersom oppnåelsen av målene viser seg vanskelig, kan dette føre til en tilbakegang i autonom utvikling, men dette er enda uvisst. Resultatene av de eksisterende prosjekter kan gjøre det mulig å vurdere den videre utviklingen og mulighetene for integrering av autonomi i andre segmenter.

6 Oppsummering

Denne oppgaven legger frem flere prosjekter innen en rekke ulike maritime segmenter, felles for de fleste av prosjektene er at de enten er i utviklingsfasen/testfasen eller brukes til forskning. Det denne oppgaven viser er at det er interesse rundt maritim autonomi både på myndighetsnivå og leverandør/forbruker nivå; den viser også at maritim autonomi foreløpig er i en startfase der alle delene av industrien enda er i utvikling.

Ved å ta utgangspunkt i de datoene som er satt for de ulike prosjektene nevnt i denne oppgaven kommer det tydelig frem at de neste årene vil kunne ha stor betydning for den maritime autonome utviklingen. Det er flere store prosjekter som har mål om å begynne driften av sine fartøy innen 2024, eksempler på slike prosjekter er Ocean Infinity sin Armada flåte (2021), «Yara Birkeland» (2022) og ASKO sine sjødroner (2024). Det er naturlig å anta at viljen til autonom utvikling vil kunne forsterkes om disse prosjektene lykkes i å nå sine mål.

I denne oppgaven er det en rekke segmenter representert med ett eller flere prosjekter, det segmentet som er representert med flest fartøy er survey; ved å se nærmere på disse prosjektene ser vi at fartøyene som utvikles er betydelig mindre enn det bemannede fartøy vanligvis er innen samme segment. Ut ifra den informasjonen som er tilgjengelig rundt disse prosjektene, ser vi at den reduserte størrelsen etter planen vil gi store energi og kostnadsbesparelser. Den reduserte størrelsen kan i noen tilfeller også gi selskapene økt mobilitet, fordi enkelte av de mindre fartøyene er designet for enkel transport, i enkelte tilfeller kan de fraktes i standardiserte containere. Disse kostnadsbesparelsene kan være grunnen til at dette segmentet er så utviklet som det er.

Den autonome utviklingen blir drevet frem av både teknologiutviklere og den maritime næringen som etterspør autonome fartøy. I oppgaven kommer det frem at det er en større andel av prosjektene hvor teknologiutviklerne er hovedpådriver. Disse har som mål å utvikle den bakenforliggende teknologien for å kunne tilby fremtidsrettede system. I tillegg har rederier og andre aktører fra den maritime næringen sett at det kan være tjenlig å utvide flåten sin med autonome fartøy. En av de største aktørene i utviklingen er Kongsberg Gruppen som er involvert i mange av prosjektene og dekker en stor bredde av segmentene.

Det finnes per i dag ikke en felles terminologi og gradering for MASS, noe som gjør det utfordrende å sammenligne utviklingen fra forskjellige leverandører og i forskjellige deler

av verden. Det er en rekke ulike versjoner av gradene for MASS som har blitt utviklet. Disse er laget av, og blir brukt av ulike aktører. Mangelen på en felles terminologi og et felles graderingssystem kan vanskeliggjøre prosessen med å lage et tydelig internasjonalt regelverk rundt autonomi. I tillegg vil felles terminologi og graderingssystem kunne gjøre utviklingen og samarbeidet på tvers av landegrenser lettere.

Etter gjennomgang av prosjektene nevnt i denne oppgaven kan man si at dagens status for den autonome utviklingen innen maritim næring, er at den er i en tidlig utviklingsfase der mye vil kunne skje i nær fremtid.

7 Figurliste

Figur 1 “Yara Birkeland” (Yara International, 2018).....	17
Figur 2 Asko “Sjødrone 1” (Asko Maritime AS, 2019).....	19
Figur 3 Ocean Space Drone 1 og 2 i Trondheim i mai 2017(Krokstrand, 2017).....	21
Figur 4 Autoferry i Trondheim (NTNU, u.d.).....	22
Figur 5 Animasjon av Sundbåten (K8 industridesign AS, u.d.)	23
Figur 6 «Bastø VI» (L. COP, 2017).....	24
Figur 7 Animert illustrasjon av konseptfartøyet «ReVolt» (DNV, u.d.)	25
Figur 8 Animasjon av Reach Remote (Reach Subsea, 2021)	26
Figur 9 Mariner med teknisk data (Maritime Robotics, u.d.c).....	27
Figur 10 Otter med teknisk data (Maritime Robotics, u.d.c)	28
Figur 11 Sounder USV (Kongsberg Maritime, u.d.).....	29
Figur 12 «Odin» Bilde: Forsvarets Forskningsinstitutt.....	30
Figur 13«Svitser Hermod», fartøyet som ble brukt til manøvrene (Rolls-Royce, 2017b) .	32
Figur 14 «SeaZip 3» under forsøkene i mars 2019 (SeaZip, u.d.).....	34
Figur 15 «RT Borkum».....	36
Figur 16 «Falco», fergen som ble utstyrt til autonom drift (Jason Jiang, 2018).....	38
Figur 17 «Maxlimer», et SEA-KIT X fartøy designet for kommersiell bruk (Edwards, 2020)	39
Figur 18 «RNMB Harrier» under testing i august 2020 (Ministry of Defence, 2020)	41
Figur 19 ULAQ prototypen under sjø testen (Ares Shipyard, u.d.).....	42
Figur 20 M/V "Kamilla" (SeaEnergy, 2020)	43
Figur 21 «Eidsvaag Pioner» (Eidsvaag AS, u. d.)	45
Figur 22 Søsterskipet til «Zulu 4», som vil være et av fartøyene i prosjektet (Blue Line Logistics, 2015).....	45
Figur 23 «Sea Hunter» (Walan, u.d.)	48
Figur 24 «Sea Hunter» på sea trials (DARPA, 2018).....	48
Figur 25 «Mayflower» i Plymouth (Barnes, 2021).....	50
Figur 26 Dataanimasjon av Armada flåten (Ocean Infinity, u.d.a).....	51
Figur 27 «Iris Leader» (Vinnest, 2018).....	53
Figur 28 «Yoshino Maru», taubåten som ble brukt under forsøket (Bridget Valley, 2020)54	
Figur 29 «Sun Flower Shiretoko»(advectionfog.net, 2018).....	56
Figur 30 «Mikage» (Kenro, 2020)	56
Figur 31 «Jindouyun 0 Hao» under testen i desember 2019(City of Zhuhai, 2019).....	58
Figur 32 M75 (OceanAlpha, u.d.b).....	59
Figur 33 M300 (OceanAlpha, u.d.d).....	59
Figur 34 ME120 (OceanAlpha, u.d.e).....	60
Figur 35 M80 (OceanAlpha, u.d.c)	60
Figur 36 Et av fartøyene i Bluebottle klassen (Ocius, u.d.a)	61
Figur 37 Hvor mange prosjekter har hvilken grad av autonomi. Kilde: eget	67
Figur 38 Inndeling av prosjektene i kategorier basert på hvilken aktør som er den største pådriveren. Kilde: eget.....	69
Figur 39 Inndeling av fartøyene etter størrelse. Kilde: egen.....	73
Figur 40 Inndeling av fartøy etter segmentet de operere i. Kilde: egen.....	74
Figur 41 Inndeling av fartøyene etter status de har oppnådd. Kilde: egen	76
Figur 42 Inndeling av prosjektene etter når neste steget er. Kilde: eget.....	77

8 Tabelliste

Tabell 1 IMOs grader av autonomi (IMO, u.d.) Tabell: egen.....	8
Tabell 2 ISOs generelle MASS terminologi (Maritime Safety Comitee, 2020) Tabell: egen	9
Tabell 3 NFAS sine grader av autonomi (Rødseth and Nordahl, 2017) Tabell: egen	10
Tabell 4 Sheridans grader av autonomi (AAWA, 2016) Tabell: egen.....	11
Tabell 5 ABS sine grader av autonomi (American Bureau of Shipping, 2020) Tabell: egen	11
Tabell 6 DNV sine grader av autonomi (DNV-GL, 2018) Tabell: egen	12
Tabell 7 CCNR sine grader av autonomi (CCNR, u.d.b) Tabell: egen.....	13
Tabell 8 Lloyd's Register sine grader av autonomi (Lloyd's Register, 2015) Tabell: egen	13
Tabell 9 Oversikt over de viktigste momentene for alle prosjekter. Kilde egen.....	63

9 Kildehenvisninger

AAWA (2016) *Remote and Autonomous Ships The next steps*. Available at: <https://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/ship-intel/aawa-whitepaper-210616.pdf> (Accessed: 5 May 2021).

advectionfog.net (2018) *Picture of SUN FLOWER SHIRETOKO | AIS Marine Traffic*. Available at: <https://www.marinetraffic.com/en/photos/picture/ships/2962133/9236717/shipid:664439> (Accessed: 4 May 2021).

American Bureau of Shipping (2020) *ABS Advisory on Autonomous Functionality*. Available at: <https://absinfo.eagle.org/acton/fs/blocks/showLandingPage/a/16130/p/p-01af/t/page/fm/0> (Accessed: 20 April 2021).

Ares Shipyard (2021) *Turkey's First Indigenous Armed USV 'ULAQ' Launched, The Maritime Executive*. Available at: <https://www.maritime-executive.com/features/turkey-s-first-indigenous-armed-usv-ulaq-launched> (Accessed: 20 April 2021).

Ares Shipyard (u.d.) *ULAQ bilde*. Available at: https://ares.global/images/uploads/d/ships/ausv-79/01_1614007302.jpg (Accessed: 22 March 2021).

Asko Maritime AS (2019) *ASKO Sjødrone 1, Mynewsdesk*. Available at: <https://presse.enova.no/images/asko-sjoedrone-1-1600478> (Accessed: 24 February 2021).

Asko Maritime AS (u.d.) *ASKO Maritime AS, ASKO*. Available at: <https://asko.no/kontakt-oss/vare-asko-selskap/asko-maritime-as/> (Accessed: 24 February 2021).

Atlas Elektronik UK (u.d.) *Arcims | ATLAS ELEKTRONIK UK*. Available at: <https://www.uk.atlas-elektronik.com/solutions/mine-warfare-systems/arcims.html> (Accessed: 20 May 2021).

Ausmarine (2020) *Australian-made USV approved for EEZ autonomous operations - Baird Maritime*. Available at: <https://www.bairdmaritime.com/ausmarine/ausmarine->

maritime-security/australian-made-usv-approved-for-eez-autonomous-operations/
(Accessed: 22 March 2021).

Autonomous Ships HQ (2017) 'ReVolt', *Autonomous Ships HQ*, 16 November. Available at: <https://www.autonomousshipshq.com/revolt/> (Accessed: 23 March 2021).

Autoship (2021) *AUTOSHIP Newsletter Autumn 2020*. Available at: https://www.autoship-project.eu/wp-content/uploads/2021/01/AUTOSHIP_newsletter03.pdf (Accessed: 21 April 2021).

Autoship (u.d.) 'The project » Autoship', *Autoship*. Available at: <https://www.autoship-project.eu/the-project/> (Accessed: 8 March 2021).

Barnes, T. (2021) *IBM - Image Gallery, IBM News Room*. Available at: <https://newsroom.ibm.com/index.php?s=> (Accessed: 24 February 2021).

Blich, V. (2017) *Autonome testfartøy fra Kongsberg inntar havnebassenget - Skipsrevyen.no*. Available at: <https://www.skipsrevyen.no/article/autonome-testfartoye-fra-kongsberg-inntar-havnebassenget/> (Accessed: 24 March 2021).

Blue Line Logistics (2015) *Blue Line Logistics - News*. Available at: <http://www.bluelinelogistics.eu/news> (Accessed: 9 March 2021).

Bradley, J. (2020) 'Meet Bob the Bluebottle, an unmanned surface vessel patrolling the seas', *Create*, 17 July. Available at: <https://createdigital.org.au/meet-bob-the-bluebottle-an-unmanned-surface-vessel-patrolling-the-seas/> (Accessed: 22 March 2021).

Bridget Valley (2020) *Yoshino Maru Ship photos | AIS Marine Traffic*. Available at: <https://www.marinetraffic.com/en/photos/of/ships/shipid:1224170/ships> (Accessed: 9 March 2021).

Captain AI (u. d.) *About – Captain AI*. Available at: <https://www.captainai.com/about/> (Accessed: 9 March 2021).

Captain AI (u.d.a) 'Blog', *Captain AI*. Available at: <https://www.captainai.com/blog/> (Accessed: 10 March 2021).

Captain AI (u.d.b) *Technology – Captain AI*. Available at: <https://www.captainai.com/technology/> (Accessed: 20 May 2021).

CCNR (u.d.a) *Central Commion for the Navigation of the Rhine*. Available at: https://www.ccr-zkr.org/files/communication/flyerCCNR2016_en.pdf (Accessed: 16 May 2021).

CCNR (u.d.b) *Definition of levels of automation in inland navigation*. Available at: https://www.ccr-zkr.org/files/documents/AutomatisationNav/NoteAutomatisation_en.pdf (Accessed: 4 May 2021).

Chambers, S. (2020) *NYK tugboat makes remote navigation landmark voyage across Tokyo Bay - Splash247*. Available at: <https://splash247.com/nyk-tugboat-makes-remote-navigation-landmark-voyage-across-the-bay-of-tokyo/> (Accessed: 8 March 2021).

City of Zhuhai (2019) *Small unmanned cargo ship first ever to deliver load*. Available at: http://www.cityofzhuhai.com/2019-12/17/c_432497.htm (Accessed: 24 March 2021).

DAILY SABAH (2020) *Turkey completes prototype of 1st unmanned marine craft*, *Daily Sabah*. Available at: <https://www.dailysabah.com/business/defense/turkey-completes-prototype-of-1st-unmanned-marine-craft> (Accessed: 22 March 2021).

DARPA (2018) *ACTUV "Sea Hunter" Prototype Transitions to Office of Naval Research for Further Development*. Available at: <https://www.darpa.mil/news-events/2018-01-30a> (Accessed: 24 February 2021).

DNV (u.d.) *The ReVolt - DNV*. Available at: <https://www.dnv.com/technology-innovation/revolt/index.html> (Accessed: 23 March 2021).

DNV-GL (2018) *Autonomous and remotely operated ships*. Available at: <http://rules.dnvgl.com/docs/pdf/dnvgl/cg/2018-09/dnvgl-cg-0264.pdf> (Accessed: 20 April 2021).

Edwards, R. (2020) *USVs for commercial sector | SEA-KIT, SEA KIT*. Available at: <https://www.sea-kit.com/commercial> (Accessed: 15 March 2021).

Egge, H. (2020) *Slik kan den nye fløttmannen bli, Trondheim 2030*. Available at: <https://trondheim2030.no/2020/05/07/slik-kan-den-nye-flottmannen-bli/> (Accessed: 24 April 2021).

Eidsvaag AS (u. d.) *MV Eidsvaag Pioner – Eidsvaag AS*. Available at: <https://eidsvaag.no/mv-eidsvaag-pioner/> (Accessed: 9 March 2021).

Førde, T. (2021) *Bli ubemannet: Det lille fartøyet skal erstatte et stort med 50 mennesker ombord*, *Tu.no*. Available at: <https://www.tu.no/artikler/blir-ubemannet-dette-lille-fartoyet-skal-erstatte-det-store/508694> (Accessed: 9 April 2021).

Forsvarets forskningsinstitutt (2018) *Norske forskere lærer førerløse båter sjøvett*, *Norsk*. Available at: <https://www.ffi.no/aktuelt/nyheter/norske-forskere-laerer-forerlose-bater-sjovett> (Accessed: 20 May 2021).

Forsvarets forskningsinstitutt (2020) *Forsvaret tester nytt norsk minesveip*, *Norsk*. Available at: <https://www.ffi.no/aktuelt/nyheter/forsvaret-tester-nytt-norsk-minesveip> (Accessed: 20 May 2021).

Forsvarets forskningsinstitutt (u.d.) *Dette er FFIs forskning på autonom minerydding*, *Norsk*. Available at: <https://www.ffi.no/forskning/prosjekter/autonom-minerydding> (Accessed: 20 May 2021).

Foxwell, D. (2021) *Reach Subsea to bring low-emissions USVs to market in 2022*, *Riviera*. Available at: <https://www.rivieramm.com/news-content-hub/news-content-hub/reach-subsea-to-bring-low-emission-usvs-to-market-in-2022-62842> (Accessed: 9 April 2021).

Fremtidens Industri (2019) *Kristiansund kan få verdens første autonome byferge*, *FI - Fremtidens Industri*. Available at: <https://fi-nor.no/kristiansund-kan-fa-verdens-forste-autonome-byferge/> (Accessed: 8 April 2021).

Fugro (2021) *Remote and autonomous vessels*. Available at: <https://www.fugro.com/about-fugro/our-expertise/remote-and-autonomous-solutions/remote-and-autonomous-vessels> (Accessed: 15 March 2021).

Gisle, J. (2019) 'autonom', *Store norske leksikon*. Available at: <http://snl.no/autonom> (Accessed: 6 May 2021).

Hakirevic, N. (2020) *Russia starts creating commercial fleet of autonomous vessels, Offshore Energy*. Available at: <https://www.offshore-energy.biz/russia-starts-creating-commercial-fleet-of-autonomous-vessels/> (Accessed: 3 May 2021).

Høgseth, M. H. (2018) *Kongsberg Gruppen kjøper Rolls-Royce Marine for 5,3 milliarder kroner*. Available at: <https://e24.no/i/RxMw9a> (Accessed: 16 May 2021).

IMO (2018) *IMO takes first steps to address autonomous ships*. Available at: <https://imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/08-MS-C-99-MASS-scoping.aspx> (Accessed: 20 April 2021).

IMO (u.d.) *Autonomous shipping*. Available at: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Autonomous-shipping.aspx> (Accessed: 20 April 2021).

Imoto Lines (u.d.) *井本商運株式会社 : 200TEU class*. Available at: <https://www.imotoline.co.jp/ship/200teu.html#mikage> (Accessed: 4 May 2021).

ISO (u.d.a) *ISO - Developing standards, ISO*. Available at: <https://www.iso.org/developing-standards.html> (Accessed: 4 May 2021).

ISO (u.d.b) *ISO Working Groups*. Available at: <https://committee.iso.org/sites/tc8/home/about/working-groups.html> (Accessed: 4 May 2021).

ISO (u.d.c) *ISO/AWI 23860, ISO*. Available at: <https://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/data/standard/07/71/77186.html> (Accessed: 4 May 2021).

Jacobsen, D. I. (2015) *Hvordan gjennomføre undersøkelser? Innføring i samfunnsvitenskapelig metode*. 3. utgave.

Jansen, J. and Glover, J. (2019) 'det autonome nervesystemet', *Store medisinske leksikon*. Available at: http://sml.snl.no/det_autonome_nervesystemet (Accessed: 6 May 2021).

Jason Jiang (2018) *Rolls-Royce demonstrates fully autonomous ferry, Splash247*. Available at: <https://splash247.com/rolls-royce-demonstrates-fully-autonomous-ferry/> (Accessed: 23 March 2021).

Johannessen, A., Tufte, P. A. and Christoffersen, L. (2010) *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode*. 4. utgave.

Johansson, L. (2020) *How Radar for Merchant Ships Developed, The Maritime Executive*. Available at: <https://www.maritime-executive.com/blog/how-radar-for-merchant-ships-developed> (Accessed: 24 February 2021).

Joint Industry Project Autonomous Shipping (2019) *First autonomous manoeuvring vessel trials held on North Sea, Autonomous Shipping*. Available at: <https://autonomousshipping.nl/2019/03/27/first-autonomous-manoevring-vessel-trials-held-on-north-sea/> (Accessed: 2 March 2021).

K8 industridesign AS (u.d.) *Autonomous Electric ferry concept for Kristiansund*. Available at: <https://k8.no/portfolio/autonomous-electric-ferry-concept-for-kristiansund/> (Accessed: 8 April 2021).

Kenro, O. (2020) *Picture of MIKAGE | AIS Marine Traffic*. Available at: <https://www.marinetraffic.com/en/photos/picture/ships/3986315/9815367/shipid:3621880> (Accessed: 4 May 2021).

Kjerstad, N. (2019) *Elektroniske og akustiske navigasjonssystemer*. 6. Fagbokforlaget.

Kongsberg (2018) *Technology for the ferries of the future*. Available at: <https://www.kongsberg.com/maritime/about-us/news-and-media/news-archive/2018/technology-for-the-ferries-of-the-future/> (Accessed: 18 March 2021).

Kongsberg (2020a) *First adaptive transit on Bastøfosen VI*. Available at: <https://www.kongsberg.com/maritime/about-us/news-and-media/news-archive/2020/first-adaptive-transit-on-bastofosen-vi/> (Accessed: 18 March 2021).

Kongsberg (2020b) *Kongsberg Maritime and Massterly to equip and operate two zero-emission autonomous vessels for ASKO*. Available at: <https://www.kongsberg.com/maritime/about-us/news-and-media/news-archive/2020/zero-emission-autonomous-vessels/> (Accessed: 24 February 2021).

Kongsberg (2021) *WORLD'S FIRST COMMERCIAL TUG TO BE FULLY REMOTELY CONTROLLED*. Available at: <https://www.kongsberg.com/maritime/about-us/news-and-media/news-archive/2021/kongsberg-maritime-and-abs-join-forces/> (Accessed: 23 March 2021).

Kongsberg (u.d.) *Autonomous ship project, key facts about YARA Birkeland*. Available at: <https://www.kongsberg.com/maritime/support/themes/autonomous-ship-project-key-facts-about-yara-birkeland/> (Accessed: 24 February 2021).

Kongsberg Maritime (2017) *KONGSBERG's New Research Vessel*. Available at: <https://www.kongsberg.com/maritime/about-us/news-and-media/news-archive/2017/kongsbergs-new-research-vessel/> (Accessed: 27 April 2021).

Kongsberg Maritime (2019) *New multipurpose Unmanned Surface Vehicle*. Available at: <https://www.kongsberg.com/maritime/about-us/news-and-media/news-archive/2019/new-multipurpose-sounder-usv-from-kongsberg-unwrapped-at-ocean-business-2019/> (Accessed: 27 April 2021).

Kongsberg Maritime (u.d.) *Kongsberg Autonomous shipping*. Available at: <https://www.kongsberg.com/maritime/support/themes/autonomous-shipping/> (Accessed: 27 April 2021).

Krokstrand, M. (2017) *Her er Kongsbergs to nyeste autonome båter - Tu.no*. Available at: <https://www.tu.no/artikler/her-er-kongsbergs-to-nyeste-autonome-bater/382484> (Accessed: 24 March 2021).

Kystverket (2016) *Kystverket - Åpner for test av autonome skip*. Available at: <https://www.kystverket.no/Nyheter/2016/september/apner-for-test-av-autonome-skip/> (Accessed: 24 March 2021).

L. COP, I. (2017) *BASTO VI (MMSI: 257847600) Ship Photos | AIS Marine Traffic*. Available at: <https://www.marinetraffic.com/en/photos/of/ships/shipid:4438689/ships> (Accessed: 18 March 2021).

Leidos (2019) *Sea Hunter Reaches New Milestone for Autonomy*. Available at: <https://investors.leidos.com/news-and-events/news-releases/press-release-details/2019/Sea-Hunter-Reaches-New-Milestone-for-Autonomy/default.aspx> (Accessed: 20 April 2021).

Lloyd's Register (2015) *Introduction and Type Approval of Components within Cyber Enabled Systems*. Available at: https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2018/sc3wp3/07._LR.pdf (Accessed: 5 May 2021).

Lloyd's Register (2016) *LR defines 'autonomy levels' for ship design and operation, Lloyd's Register*. Available at: <https://www.lr.org/en/latest-news/lr-defines-autonomy-levels-for-ship-design-and-operation/> (Accessed: 5 May 2021).

Lloyd's Register (u.d.a) *Cyber safe for marine, Lloyd's Register*. Available at: <https://www.lr.org/en/cyber-safe-for-marine/> (Accessed: 6 May 2021).

Lloyd's Register (u.d.b) *LR is a leader in professional services for engineering and technology, Lloyd's Register*. Available at: <https://www.lr.org/en/who-we-are/> (Accessed: 20 May 2021).

Malewar, A. (2021) 'Mayflower autonomous ship set to make its maiden voyage across Atlantic', *Inceptive Mind*, 2 May. Available at: <https://www.inceptivemind.com/mayflower-400-autonomous-ship-set-make-maiden-voyage-across-atlantic/18801/> (Accessed: 9 May 2021).

MarineTraffic (u.d.a) *BASTO VI (Ro-Ro/Passenger Ship) Registered in Norway - Vessel details, Current position and Voyage information - IMO 9769219, MMSI 257847600, Call Sign LDOV, MarineTraffic.com*. Available at: <https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:4438689/mmsi:257847600/imo:9769219/vessel:BASTO VI> (Accessed: 24 April 2021).

MarineTraffic (u.d.b) *IRIS LEADER (Vehicles Carrier) Registered in Panama - Vessel details, Current position and Voyage information - IMO 9748019, MMSI 374217000, Call Sign 3FLB7, MarineTraffic.com*. Available at: <https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:3699841/mmsi:374217000/imo:9748019/vessel:IRIS LEADER> (Accessed: 25 April 2021).

MarineTraffic (u.d.c) *JINDOUYUN 0 HAO (Port Tender) Registered in China - Vessel details, Current position and Voyage information - IMO 0, MMSI 413223090, Call Sign,*

MarineTraffic.com. Available at:

[https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:6069127/mmsi:413223090/imo:0/vessel:JINDOUYUN 0 HAO](https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:6069127/mmsi:413223090/imo:0/vessel:JINDOUYUN%20HAO) (Accessed: 20 April 2021).

MarineTraffic (u.d.d) *RT BORKUM (Inland, Tug, Freighter) Registered in Netherlands - Vessel details, Current position and Voyage information - IMO 0, MMSI 244130412, Call Sign PE4743, MarineTraffic.com*. Available at:

[https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:5048901/mmsi:244130412/imo:0/vessel:RT BORKUM](https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:5048901/mmsi:244130412/imo:0/vessel:RT%20BORKUM) (Accessed: 24 April 2021).

MarineTraffic (u.d.e) *SEAZIP 3 (Offshore Supply Ship) Registered in Netherlands - Vessel details, Current position and Voyage information - IMO 9758686, MMSI 244830667, Call Sign PCTH, MarineTraffic.com*. Available at:

[https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:3372516/mmsi:244830667/imo:9758686/vessel:SEAZIP 3](https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:3372516/mmsi:244830667/imo:9758686/vessel:SEAZIP%203) (Accessed: 24 April 2021).

MarineTraffic (u.d.f) *YOSHINO MARU (Tug) Registered in Japan - Vessel details, Current position and Voyage information - IMO 9660970, MMSI 431003749, Call Sign JD3379, MarineTraffic.com*. Available at:

[https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:1224170/mmsi:431003749/imo:9660970/vessel:YOSHINO MARU](https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:1224170/mmsi:431003749/imo:9660970/vessel:YOSHINO%20MARU) (Accessed: 25 April 2021).

MarineTraffic (u.d.g) *ZULU 04 (Inland, Unknown) Registered in Belgium - Vessel details, Current position and Voyage information - IMO 0, MMSI 205574990, Call Sign, MarineTraffic.com*. Available at:

[https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:5787105/mmsi:205574990/imo:0/vessel:ZULU 04](https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:5787105/mmsi:205574990/imo:0/vessel:ZULU%2004) (Accessed: 20 April 2021).

Maritime Robotics (2017) *Fugro Alumaster converted to USV, Maritime Robotics*.

Available at: <https://www.maritimerobotics.com/post/fugro-alumaster-converted-to-usv> (Accessed: 29 April 2021).

Maritime Robotics (2019) *Kristiansund Autonomous Ferry Project, Maritime Robotics*.

Available at: <https://www.maritimerobotics.com/post/kristiansund-autonomous-ferry-project> (Accessed: 8 April 2021).

Maritime Robotics (u.d.a) *Maritime Robotics - Mariner, Maritime Robotics*. Available at:

<https://www.maritimerobotics.com/mariner> (Accessed: 22 April 2021).

Maritime Robotics (u.d.b) *Maritime Robotics - Otter, Maritime Robotics*. Available at:

<https://www.maritimerobotics.com/otter> (Accessed: 22 April 2021).

Maritime Robotics (u.d.c) *Maritime Robotics - Press, Maritime Robotics*. Available at:

<https://www.maritimerobotics.com/press> (Accessed: 22 April 2021).

Maritime Safety Comitee (2020) *REGULATORY SCOPING EXERCISE FOR THE USE OF MARITIME AUTONOMOUS SURFACE SHIPS (MASS)*. Available at:

<https://2fhgax2rne4txqqfe37rlsaj-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2020/09/msc-102-5-18.pdf> (Accessed: 20 April 2021).

Markussen, H. M. (2018) *Yaras prestisjeskip forsinket - Skipsrevyen.no*. Available at:

<https://www.skipsrevyen.no/article/yaras-prestisjeskip-forsinket/> (Accessed: 9 May 2021).

Massterly (2020) *News, Making autonomy a reality*. Available at: <https://www.massterly.com/news> (Accessed: 9 May 2021).

Mayflower Autonomous Ship (u.d.a) *Mayflower Autonomous Ship*. Available at: <https://mas400.com/> (Accessed: 24 February 2021).

Mayflower Autonomous Ship (u.d.b) *Mayflower Autonomous Ship Story*. Available at: <https://mas400.com/story> (Accessed: 24 February 2021).

Mayflower Autonomous Ship (u.d.c) *Mayflower Autonomous Ship Tech*. Available at: <https://mas400.com/technology> (Accessed: 24 February 2021).

Metal Supply (2020) *Vard skal bygge åtte fartøy, Metal Supply NO*. Available at: https://www.metalsupply.no/article/view/751783/ward_skal_bygge_atte_fartoy (Accessed: 10 March 2021).

Ministry of Defence (2020) *RNMB Harrier*. Available at: <https://www.defenceimagery.mod.uk/fotoweb/Preview.fwx?archiveType=ImageFolder&archiveId=5046&f=EFCC51FEE65DA414D18085DA188CAB45524FFC4F7A63A403C47E17A8BEF1E554B796D6EA4FD91784A04B36049843E1FB56B129047A099FD2D25A96AF157CFA798537505518A64E1D7223C7BEF938E9802350D35AD81AD47449121340787EA7F8E5236EA0FCCA7428F4FE8E1127DFB0DB0B58D6F54AAA6C1EF7AAFE EAA4059381256ED87FFF6D065BACD53E4A05F61AE36A2B03F8CE93CD1F57509CE4F9379A284A1AB684F982FBDECB997C3615F7AAF8AF9140A73DFC3501466AFC456491FD32666CB904713C6ED9F9D752DDC4393D1> (Accessed: 20 May 2021).

MIT (u.d.) *Thomas B. Sheridan | MIT AeroAstro*. Available at: <https://aeroastro.mit.edu/faculty-research/faculty-list/thomas-b-sheridan> (Accessed: 20 May 2021).

MOL (2020) *Initiative to Realize Autonomous Sailing Ready to Start Demonstration Voyages - Concluding Contract in R&D Grant Program Related to Unmanned Vessels with the Nippon Foundation -, Mitsui O.S.K. Lines*. Available at: <https://www.mol.co.jp/en/pr/2020/20034.html?fbclid=IwAR3BmIAyQISW2IHhj-1yxdtuWgFSjKQMaOGVCJKvOyYqJashVe0aq1eg9as> (Accessed: 4 May 2021).

MOL Ferry Ltd (u.d.) *MOL Ferry Co., Ltd. | Introduction of Night Ferry*. Available at: <https://www.sunflower.co.jp/en/facilities/midnight/inboard-map/> (Accessed: 4 May 2021).

NAVAL DYNAMICS (u.d.) *AUTONOMY | Ship Design | Naval Dynamics AS | Norge*. Available at: <https://www.navaldynamics.com/kopi-av-res-1> (Accessed: 24 February 2021).

NFAS (u.d.a) *Hvorfor autonomt, NFAS*. Available at: <https://nfas.autonomous-ship.org/hvorfor-autonomt/?lang=no> (Accessed: 27 April 2021).

NFAS (u.d.b) *Om oss, NFAS*. Available at: <https://nfas.autonomous-ship.org/om-oss/?lang=no> (Accessed: 13 May 2021).

NTNU (u.d.) *Autoferry - NTNU*. Available at: <https://www.ntnu.edu/autoferry> (Accessed: 24 February 2021).

Ocean Infinity (2021) *Capability in Focus: Inspection, Repair and Maintenance, Ocean Infinity*. Available at: <https://oceaninfinity.com/2021/01/capability-in-focus-inspection-repair-and-maintenance/> (Accessed: 10 March 2021).

Ocean Infinity (u.d.a) *Armada (1280×720)*. Available at: <https://oceaninfinity.com/wp-content/uploads/2020/02/shot3-1-1280x720.png> (Accessed: 10 March 2021).

Ocean Infinity (u.d.b) *Marine Robotics, Ocean Infinity*. Available at: <https://oceaninfinity.com/marine-robotics/> (Accessed: 10 March 2021).

OceanAlpha (u.d.a) ‘About OceanAlpha - World’s Leading Unmanned Surface Vehicle Supplier’, *OceanAlpha*. Available at: <https://www.oceanalpha.com/company-profile/> (Accessed: 4 May 2021).

OceanAlpha (u.d.b) *M75 | Unmanned Surface Vehicle | OceanAlpha*. Available at: <https://www.oceanalpha.com/product-item/m75/> (Accessed: 4 May 2021).

OceanAlpha (u.d.c) ‘M80 | Unmanned Surface Vehicle | OceanAlpha’, *OceanAlpha*. Available at: <https://www.oceanalpha.com/product-item/m80/> (Accessed: 4 May 2021).

OceanAlpha (u.d.d) ‘M300 | Unmanned Surface Vehicle | OceanAlpha’, *OceanAlpha*. Available at: <https://www.oceanalpha.com/product-item/l30/> (Accessed: 4 May 2021).

OceanAlpha (u.d.e) ‘ME120 | Unmanned Surface Vehicle | OceanAlpha’, *OceanAlpha*. Available at: <https://www.oceanalpha.com/product-item/me120/> (Accessed: 4 May 2021).

OceanAlpha (u.d.f) ‘OceanAlpa USV Portfolio’, *OceanAlpha*. Available at: <https://www.oceanalpha.com/product-category/size/> (Accessed: 20 May 2021).

Ocius (u.d.a) *Bruce – Google Disk*. Available at: <https://drive.google.com/drive/folders/1PWbXYrfdcrW0ZJgPWVvm4ge2X7UoNjFz> (Accessed: 22 March 2021).

Ocius (u.d.b) *Uncrewed Surface Vessel | OCIUS*. Available at: <https://ocius.com.au/usv/#technical> (Accessed: 22 March 2021).

PortNews (2020) *Russian autonomous ships to be backed by response crews ready to intervene :: Журнал №5 (2020) :: ПортНьюс*. Available at: <https://portnews.ru/magazine/a134/> (Accessed: 3 May 2021).

Reach Subsea (2021) *Future proofing subsea, Reach Subsea*. Available at: <https://reachsubsea.no/future-proofing-subsea-services-through-remote-and-autonomous-operations/> (Accessed: 9 April 2021).

Rødseth, Ø. J. and Nordahl, H. (2017) ‘Definitions for Autonomous Merchant Ships’, p. 22.

Rolls-Royce (2017a) *Press releases*. Available at: <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases.aspx> (Accessed: 9 May 2021).

Rolls-Royce (2017b) *Svitzer Hermod*. Available at: <https://www.flickr.com/photos/rolls-royceplc/35420456535/> (Accessed: 9 May 2021).

Rolls-Royce (2018a) *Rolls-Royce and Finferries demonstrate world's first Fully Autonomous Ferry – Rolls-Royce*. Available at: <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/2018/03-12-2018-rr-and-finferries-demonstrate-worlds-first-fully-autonomous-ferry.aspx> (Accessed: 23 March 2021).

Rolls-Royce (2018b) *SVAN-presentation.pdf*. Available at: <https://breakingwaves.fi/wp-content/uploads/2019/06/SVAN-presentation.pdf> (Accessed: 23 March 2021).

Royal Navy (2020) *Future mine hunting system comes to Clyde | Royal Navy*. Available at: <https://www.royalnavy.mod.uk/news-and-latest-activity/news/2020/august/21/20200821-future-mine-hunting-system-comes-to-clyde> (Accessed: 20 May 2021).

Royal Navy (u.d.) *Unmanned Warrior | Royal Navy*. Available at: <https://www.royalnavy.mod.uk/news-and-latest-activity/operations/united-kingdom/unmanned-warrior> (Accessed: 20 May 2021).

Safety4Sea (2018) 'China builds Asia's first autonomous ship test area', *SAFETY4SEA*, 12 February. Available at: <https://safety4sea.com/china-builds-asias-first-autonomous-ship-test-area/> (Accessed: 24 March 2021).

Sagdahl, M. S. (2019) 'autonomi – filosofi', *Store norske leksikon*. Available at: http://snl.no/autonomi_-_filosofi (Accessed: 6 May 2021).

SeaEnergy (2020) 'Letter of intent on implementation and operation of autonomous ship navigation system', *SeaEnergy*, 8 December. Available at: <https://seaenergy.ru/en/bez-rubriki/soglashenie-o-namereniyah-vnedreniya-i-ekspluatatsii-sistem-avtonomnogo-sudovozhdeniya/> (Accessed: 3 May 2021).

SEA-KIT (u.d.a) *Uncrewed Surface Vessel Design Build | SEA-KIT | Tollesbury, SEA KIT*. Available at: <https://www.sea-kit.com> (Accessed: 15 March 2021).

SEA-KIT (u.d.b) *USVs for commercial sector | SEA-KIT*. Available at: <https://www.sea-kit.com/commercial> (Accessed: 15 March 2021).

SeaZip (u.d.) *CTV SeaZip 3 part of the first autonomous manoeuvring vessels trials held on North Sea - Seazip Offshore Service BV*. Available at: <https://www.seazip.com/news/ctv-seazip-3-part-of-the-first-autonomous-manoevring-vessels-trials-held-on-north-sea/> (Accessed: 8 March 2021).

Sheridan, T. B. and Verplank, W. L. (1978) 'Human and Computer of Undersea Teleoperators', p. 186.

Språkrådet (2006) 'Språknytt'. Available at: <https://www.sprakradet.no/globalassets/vi-og-vart/publikasjoner/spraknytt/2006/snytt062.pdf> (Accessed: 13 May 2021).

Språkrådet (u.d.) *Bokmålsordboka | Nynorskordboka*. Available at: https://ordbok.uib.no/perl/ordbok.cgi?OPP=autonomi&ant_bokmaal=5&ant_nynorsk=5&okmaal=+&ordbok=begge (Accessed: 6 May 2021).

Stensvold, T. (2016) *Slik fungerer Norges nye ubemannede minejegere, Tu.no*. Available at: <https://www.tu.no/artikler/slik-fungerer-norges-nye-ubemannede-minejegere/350457> (Accessed: 20 May 2021).

Stensvold, T. (2020) *Asko bygger autonome og elektriske sjødroner i India, Tu.no*. Available at: <https://www.tu.no/artikler/asko-bygger-autonome-og-elektriske-sjodroner-i-india/497807> (Accessed: 20 April 2021).

Tandberg, E. and Jarslett, Y. (2020) 'drone', *Store norske leksikon*. Available at: <http://snl.no/drone> (Accessed: 27 April 2021).

Tasa (u.d.) *History - Tasa*. Available at: <https://www.tasa.com.pe/acerca-de-tasa-historia-en.html> (Accessed: 27 April 2021).

Telia (2019) *NTNUs båt kjører førerløst på Telias 5G-nett, Mynewsdesk*. Available at: <https://presse.telia.no/pressreleases/ntnus-baat-kjoerer-foererloest-paa-telias-5g-nett-2928895> (Accessed: 29 April 2021).

The Editors of Encyclopaedia Britannica (2020) *Mayflower | History, Voyage, & Facts | Britannica*. Available at: <https://www.britannica.com/topic/Mayflower-ship> (Accessed: 24 February 2021).

The Explorer (u.d.) *Enabling sustainable logistics with autonomous ships*. Available at: <https://www.theexplorer.no/solutions/enabling-sustainable-logistics-with-autonomous-ships/> (Accessed: 28 April 2021).

The Maritime Executive (2019) *NYK Conducts Live Autonomous Navigation Test with PCTC, The Maritime Executive*. Available at: <https://www.maritime-executive.com/article/nyk-conducts-live-autonomous-navigation-test-with-pctc> (Accessed: 8 March 2021).

The Maritime Executive (2020a) *Construction of Yara Birkeland Paused, The Maritime Executive*. Available at: <https://www.maritime-executive.com/article/construction-of-yara-birkeland-paused> (Accessed: 9 May 2021).

The Maritime Executive (2020b) *Kotug, Rotortug, and Captain AI Demonstrate Fully Autonomous Sailing, The Maritime Executive*. Available at: <https://www.maritime-executive.com/corporate/kotug-rotortug-and-captain-ai-demonstrate-fully-autonomous-sailing> (Accessed: 10 March 2021).

The Maritime Executive (2020c) *Second Test of Remotely Operated Tugboat Conducted in Japan, The Maritime Executive*. Available at: <https://www.maritime-executive.com/article/second-test-of-remotely-operated-tugboat-conducted-in-japan> (Accessed: 9 March 2021).

The Maritime Executive (2020d) *Turkish Shipbuilder Develops New Armed, Unmanned Surface Vessel, The Maritime Executive*. Available at: <https://www.maritime-executive.com/article/turkish-shipbuilder-develops-new-armed-unmanned-surface-vessel> (Accessed: 22 March 2021).

Tønseth, S. (2017) *Førerløse skip kan erstatte mange vogntog, SINTEF*. Available at: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2017/forerlose-skip-kan-erstatte-mange-vogntog/> (Accessed: 28 April 2021).

Vadset, K. W. (2020) *Volvo Penta to power armada of autonomous vessels*, *Maritimt Magasin*. Available at: <https://maritimt.com/en/magasin/volvo-penta-power-armada-autonomous-vessels> (Accessed: 10 March 2021).

Vard (2020) *VARD secures contract for the design and construction of eight marine robotic vessels for Ocean Infinity*, *VARD*. Available at: <https://www.vard.com/news/vard-secures-contract-for-the-design-and-construction-of-eight-marine-robotic-vessels-for-ocean-infinity> (Accessed: 20 April 2021).

Vavasseur, X. (2021) ‘Video: Turkey’s Armed USV “ULAQ” starts sea trials’, *Naval News*, 13 February. Available at: <https://www.navalnews.com/naval-news/2021/02/video-turkeys-armed-usv-ulaq-starts-sea-trials/> (Accessed: 22 March 2021).

Veitch, E. A. (2021) *News - Autoferry - NTNU*. Available at: <https://www.ntnu.edu/autoferry/news> (Accessed: 24 February 2021).

Vinnes, G. (2018) *Iris Leader Ship photos | AIS Marine Traffic*. Available at: <https://www.marinetraffic.com/en/photos/of/ships/shipid:3699841/ships> (Accessed: 9 March 2021).

Walan, Dr. A. M. G. (u.d.) *Anti-Submarine Warfare (ASW) Continuous Trail Unmanned Vessel (ACTUV)*. Available at: <https://www.darpa.mil/program/anti-submarine-warfare-continuous-trail-unmanned-vessel> (Accessed: 24 February 2021).

Yan, R. *et al.* (2010) ‘Development and missions of unmanned surface vehicle’, *Journal of Marine Science and Application*, 9(4), pp. 451–457. doi: 10.1007/s11804-010-1033-2.

Yara International (2018) *Image library | Yara International, Yara None*. Available at: <https://www.yara.com/news-and-media/media-library/image-library/> (Accessed: 24 February 2021).

Yunzhou Tech (2021) *智能化船艇为安防智慧执法提速——2021云洲安防无人船艇行业交流恳谈会成功举办_云洲智能无人船*. Available at: <http://www.yunzhou-tech.com/News/detail/id/624.html> (Accessed: 4 May 2021).

Zeabuz (u.d.) *miliamepere, ZEABUZ*. Available at: <https://zeabuz.com/miliampere/> (Accessed: 20 April 2021).

