

10012

10016

10027

TN 303212 Hovedprosjekt

Effektivisering av sjøkartlegging og kvalitet på
batymetriske data

Mai 2019

NTNU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for havromsoperasjoner og byggteknikk

Bacheloroppgave

2019



10012
10016
10027

TN 303212 Hovedprosjekt

Effektivisering av sjøkartlegging og kvalitet på
batymetriske data

Bacheloroppgave
Mai 2019

NTNU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for havromsoperasjoner og byggteknikk



Kunnskap for en bedre verden



NTNU

Kunnskap for en bedre verden

Bacheloroppgave

TN 303212 Hovedprosjekt

**Effektivisering av sjøkartlegging og kvalitet på
batymetriske data**

10012, 10016 og 10027

Totalt antall sider inkludert forsiden: 79

Innlevert Ålesund, 26.05.2019

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. **Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.**

<i>Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:</i>		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none">• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å <u>betrakte som fusk</u> og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høyskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert i Ephorus, se Retningslinjer for elektronisk innlevering og publisering av studiepoenggivende studentoppgaver	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at høgskolen vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter NTNUs studieforskrift.	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider	<input checked="" type="checkbox"/>

Publiseringsavtale

Studiepoeng: 15

Veileder: Norvald Kjerstad

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten ([Åndsverkloven §2](#)).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage med forfatter(ne)s godkjenning.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller båndlagt vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved NTNU i Ålesund en vederlagsfri rett til å gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

ja nei

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?

ja nei

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

ja nei

Er oppgaven unntatt offentlighet?

ja nei

(inneholder taushetsbelagt informasjon. [Jfr. Offl. §13/Fvl. §13](#))

Dato: 26.05.2019

Hovedoppgave i Nautikk, våren 2019

For Kandidat nr: 10012, 10016 og 10027

Autonomi i sjøkartlegging og kvalitet på batymetriske data

Flere fartøy ferdes ofte i farvann hvor det finnes svært lite autoriserte sjøkart. Dette kan eksempelvis være utenfor hovedledene på norskekysten eller ved Svalbard, hvor store deler av kartgrunnlaget baserer seg på gamle og utdaterte målemetoder. Eksempel på fartøy som opererer utenfor hovedledene er en stadig større flåte av servicefartøy til havbruksnæringen. De må derfor ofte samle sine egne dybde data etter hvert som de seiler, eventuelt utveksle data med andre seilende. Langs Norskekysten for øvrig stilles det stadig større krav til oppløsning på batymetri, noe som stiller strenge krav til bl.a. instrumentering. I denne oppgaven vil vi undersøke og utrede blant annet:

- Analysere dekningsgraden av autoriserte (tilgjengelige) sjøkart basert på multi- og enkeltstråle ekkolodd vs. tilgjengelige Olex-data (crowdsourcing) på utvalgte områder på norskekysten. I dette ligger også en beskrivelse av skipstrafikken i områdene.
- Beskrive tilgjengelig autonom teknologi som kan behjelpe oppmåling av sjøbunn. Herunder beskrive metode for operasjon og posisjonering, samt analysere ytelsen på disse opp mot kravene som stilles fra IHO / Sjøkartverket til autoriserte data og ytelsen på systemer som benyttes i dag.
- Identifisere et område i nærheten av Ålesund hvor det er tilgjengelige autoriserte multistråle data hvor det planlegges og gjennomføres en oppmåling med et «uautorisert» system. Måle data skal sammenlignes med autoriserte data, samt at det skal gjøres en juridisk vurdering av innsamling og spredning av dybde data opp mot graderingsregimet for slike data.
- Beskrive Sjøkartverkets metode for kystnær sjømåling, og om mulig bli med et målelag for å studere dette.

Besvarelsen skal redigeres mest mulig som en forskningsrapport med sammendrag, konklusjon, referanseliste, kildekritikk, etc. Ved utarbeidelsen av teksten skal det legges vekt på å gjøre den så kort og oversiktlig, presis og etterrettelig som mulig. Oppgavens omfang skal reflektere en arbeidsbelastning på ca. 12 studiepoeng for hver av studentene.

Endelig besvarelse skal leveres i 3 eksemplarer til NTNU i Ålesund sitt sekretariat senest 1. juni 2019, og det skal legges opp til individuelle presentasjoner i plenum omkring 1. juni 2019.

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

Ålesund, november 2018

Norvald Kjerstad
Faglærer / veileder

Forord

Bacheloroppgaven er skrevet av tre studenter fra studiet Nautikk ved NTNU i Ålesund, oppgaven er den avsluttende delen av et treårig studieløp. Gruppen består av studenter med bakgrunn fra sjøen som deler en felles interesse for ny teknologi og nyteknung av arbeidet en utfører til sjøs.

Bakgrunnen for oppgaven var interessen gruppen har for autonomi og sjøkartlegging. Gruppen har valgt å se på hvilke muligheter en har for å modernisere og effektivisere sjøkartleggingsarbeidet i Norge. Gruppen har sett på hvordan aktører innen sjøkartlegging arbeider i dag og hvordan en i fremtiden kan effektivisere og modernisere arbeidet. Videre har gruppen undersøkt regelverket som ligger til grunn vedrørende krav til nøyaktighet og utstyr samt publisering av data.

I arbeidet med å undersøke problemstillinger knyttet til oppgaven har gruppen hatt tett kontakt med statlige og private aktører som driver med sjøkartlegging. Gruppen ønsker i den sammenheng å takke alle involverte personer som har stilt opp med informasjon gjennom bedriftsbesøk og dialog over e-post. Gruppen vil rette en stor takk til Sjødivisjonen i Kartverket hvor mannskapet på Hydrograf ved toktleder Glenn Mann har stilt opp for å gi en innføring i arbeidet de utfører. Gruppen vil videre takke Hermann Iversen og Evert Flier i Sjødivisjonen Kartverket som har besvart viktige spørsmål rundt problemstillinger en står ovenfor når det gjelder regelverk og crowdsourcing.

Videre vil gruppen rette en stor takk til Olex AS hvor Ole Benjamin Hestvik har stilt opp og vært til god hjelp med å besvare spørsmål rundt systemet til Olex. Takk også til Nearshore Survey AS ved Halvor Mohn, Wise Survey AS ved Rolf Arne Ueland og Kongsberg ved Atle Gran som har vært behjelpelig med deling av informasjon og erfaringer.

Til slutt ønsker gruppen å rette en stor takk til veileder Norvald Kjerstad som har stilt opp med gode faglige innspill samt gitt gruppen gode problemstillinger og bidratt med kontaktinformasjon til nøkkelpersoner i næringen.

Sammendrag

Det ferdes årlig flere tusen fartøy langs norskekysten og en av forutsetningene for at fartøyer kan seile sikkert er gode sjøkart med nøyaktige dybde data. Situasjonen i dag er at store deler av dagens kartgrunnlag strekker seg tilbake til starten av 1900-tallet og er oppmålt med utdaterte metoder. Ettersom trafikken langs kysten er stadig økende, med et trafikkbilde som i større grad ferdes utenfor hovedledene, kan man si at behovet for nøyaktige sjøkart er økende. Dette står i kontrast til kartverkets prioritering av kartlegging av hovedledene langs kysten og sideleder er ofte ikke kartlagt med moderne metoder. Dersom man setter dette i sammenheng med utgivelsen av nye sjøkart, estimeres det at det vil ta opp mot 130 år å samle inn og publisere data med dagens tempo. Ut fra dette kan man utvilsomt se et behov for å effektivisere kartleggingsprosessen i Norge.

Gruppen har i denne oppgaven sett på hvilke muligheter som eksisterer for å effektivisere og avlaste kartverkets arbeid. Gruppen har tatt syn på å beskrive utfordringer knyttet til regelverk, krav til nøyaktighet og autorisering i tillegg til plattformer og metoder som kan være aktuelle. I tillegg har gruppen i arbeidet med oppgaven hatt tett kontakt med kartverket og andre relevante aktører. Dette har ført til at oppgaven kan anses for å ha en bred faglig forankring innenfor sitt segment.

For å kunne belyse flere muligheter har gruppen valgt å beskrive tre ulike alternative metoder. Oppgaven omhandler følgende muligheten for innsamling av dybde data ved hjelp av crowdsourcing, autorisering av private aktører samt bruk av autonome plattformer til innsamling av dybde data. Gruppen har i arbeidet med oppgaven avdekket at det allerede i dag vurderes å ta i bruk noen av metodene gruppen har beskrevet. Som eksempel kan det her nevnes at det har blitt et stort internasjonalt fokus på mulighetene innenfor crowdsourcing for eksempel gjennom bruk av offentlige databaser med slike data. Samtidig har det også blitt mer aktuelt for private selskaper å søke autorisering av kartverket de siste årene. Dette fordi markedet for slike selskaper er i vekst på grunn av økende etterspørsel etter nøyaktige batymetriske data.

Terminologi

AIS: Automatic Identification System – Elektronisk identifikasjonssystem for skip.

AIS SMS tjeneste: En egen meldingstjeneste integrert i AIS for å sende tekstbasert informasjon direkte til en annen AIS-stasjon.

ASV: Autonomous Surface Vehicle- Autonomt overflate fartøy

AToN: Aids To Navigation, et hvilket som helst merke, bøye, stake eller annet som har som formål å bistå sikker navigasjon.

Autonom plattform: Ubemannede plattformer som operer autonomt, det vil si at de tar sine egne beslutninger med minimal input fra mennesker.

Autorisering: Oppmåling og godkjenning av målefartøy og selskaps organisering gjort av kartverket for å kontrollere at private aktører tilfredstiller deres krav.

Batymetri: Måling av bunnens dybde under vannoverflaten

Blackspots: Sorte hull i et oppmålt område som oppstår når man ikke har data for dette punktet.

CAD: Programvare som fremviser visuell informasjon om batymetriske data.

CATZOC: Category Zones of Confidence. Definerer nøyaktigheten på data fremvist i sjøkart.

eNODE: Akustisk kommunikasjonslink mellom en kontrollstasjon og en undervannsfarkost levert av Kongsberg Maritime.

CPOS: Posisjonstjeneste levert av kartverket for GNSS korreksjoner. Hovedsakelig rettet mot anleggsbransjen.

Crowdsourcing: En form for dugnad hvor et stort antall personer eller enheter samarbeider om et felles mål eller oppgave.

CSB: Crowdsourced Bathymetry. Batymetrisk data oppsamlet av et større antall fartøy, på frivillig basis.

CSBWG: Crowdsourced Bathymetry Working Group. IHO's prosjektgruppe for arbeid med Crowdsourcete batymetriske data.

DCDB: Data Center for Digital Bathymetry. Digitalt mottakssenter for mottak av Crowdsourcete batymetriske data.

DGPS: Differensiell GPS: Posisjonssensor som korrigeres i sanntid via korreksjonssignaler mottatt fra radiolink.

Drone: En enhet som kan fjernkontrolleres, som enten flyr, flyter eller dykker.

ENC kart: Godkjente digitale sjøkart utgitt av en hydrografisk organisasjon godkjent av IHO.

Etterprosessering: Arbeidet som utføres på innsamlet data, dette inkluderer fjerning av støy og redusering av antall oppmålte punkter før informasjonen integreres i et kart.

Farled: Sjøens veinett, deles ofte inn i hoved og side/bi leder.

FFI: Forsvarets forskningsinstitutt.

Flerstråle: Norsk oversettelse av multibeam, ofte ordlagt i samme setning som ekkolodd.

Forarbeid til lovverk: Informasjonssamling knyttet til utarbeidelsen av nytt lovverk.

GEBCO: General Bathymetric Chart of the Oceans. En nullprofitt organisasjon med formål om å utlevere de mest autoritative allmenne offentlige karter for verdenshavene.

GIS: GIS data behandler loddsquddenes posisjonering i CAD bildet.

GNSS: Global Navigation Satellite System; Samlebetegnelse for ulike satellittbaserte navigasjonssystemer.

Havavsetninger: Løs masse som befinner seg på havbunnen, består dels av sand, grus og leire; dels av biologisk dannet materiale som skjeletter og skall fra dyr og planter.

HIPAP USBL: High Precision Acoustic Positioning system Ultra Short Baseline. Akustisk posisjonsreferanse system.

HISAS: High resolution Interferometric Synthetic Aperture Sonar. Egenutviklet sonar som kan produsere høyoppløslige bilder av havbunnen og gi detaljert batymetrisk data.

HYBAS: Hydrografisk Database for Sjømålingsdata; Statlig forvaltet database av dybde data med høy nøyaktighet.

Hydroakustikk: Læren om lydbølgers forplantning i vann.

Hydrograf: Betegnelsen på en person som jobber innenfor hydrografi, læren vannets egenskaper.

IBACO: International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean. Digital database med formål å samle all tilgjengelig batymetrisk informasjon om havområdene nord for 64° N og gjøre denne tilgjengelig for de som driver forskning i Arktis, eller av andre grunner trenger detaljert informasjon om den arktiske havbunnen.

IGS: International GNSS Service, internasjonal organisasjon bestående av universiteter og forskningsinstitusjoner med mål om å bidra til å oppnå høyest mulig presisjon på allment tilgjengelige GNSS tjenester.

IHO: International Hydrographic Organization

IMCA: International Marine Contractors Association, bransjeorganisasjon for selskaper tilknyttet offshore industrien.

Innaskjærs: Samlebetegnelse på områder langs kysten som på grunn av kystens geografi er beskyttet mot harde værforhold.

Katamaran: Flytende farkost med to skrog bundet sammen av en plattform mellom skrogene.

LAT: Lowest Astronomical Tide, laveste mulige tidevann uten innvirkning av meteorologiske forhold.

LIDAR: Light Detection and Ranging, laser basert radar.

Loddskudd: Betegnelse på ett punkt hvor dybden er definert nøyaktig av ett ekkolodd eller annen målemetode.

Lydhastighet: Lydens hastighet i et medium. Lydens hastighet i vann er som hovedregel 1500 m/s.

MAGIN: Marine Grunnkart prosjektet – Statlig samarbeidsprosjekt mellom kartverket, NGU og havforskningsinstituttet med mål om kartlegging av havbunnens topografi og beskaffenhet.

Multipath: Feilkilde ofte assosiert med GNSS systemer, hvor signalene reflekteres i et objekt før det når frem til GNSS antennen.

MRU: Motion Reference Unit; Bevegelsessensor.

NS 9415: Norsk standard for flytende oppdrettsanlegg, med krav til utforming, dimensjonering, utførelse, installasjon og drift.

Olex: Norsk selskap som leverer programvare for innsamling av egne dybdeedata. Programvaren bærer samme navn som selskapet.

Operasjonsdomene: Et felt eller område for operasjon, som for eksempel havoverflaten eller i luftrommet.

Oppløsning: Definisjon på detaljnøyaktighet på dybdeedata i sjøkart, definert som avstanden mellom de enkelte loddskuddene som vises i kartet.

PGS: Petroleum Geo- Service; ett selskap med hovedkontor i Norge som leverer seismiske data av havområder over hele verden, hovedsakelig til olje og gass industrien.

RMS: Root Mean Square; Kvadratisk gjennomsnitt, statistisk middelvei av et tallsett med variabel utstrekning.

RTK: Real Time Kinematic; Fasebaserte høypresisjons GNSS korreksjoner mottatt fra referansestasjoner.

PPP: Precise Point Positioning; Høypresisjons flerfrekvent GNSS basert på korreksjoner for efemeride og ionosfære feil, samt faseforskjell mellom frekvenser.

S-44: IHOs S-44 standard for hydrographic surveys.

S-100: IHOs S-100 standard for universale hydrografiske datasett.

Salinitet: Betegnelse på sjøvannets saltinnhold

SBAS: Satellite Based Augmentation System – Satellitt baserte korreksjonssignaler for GNSS sensorer.

Siktedjupet: Beskriver sikten i vannet, gjerne målt ved at det senkes en «secci disk» ned i vannet. Dybden når platen begynner å forsvinne ut av sikt blir målt på tauet man senker platen ned med.

Sjødivisjonen: Avdeling i kartverket med ansvar for å utarbeide og vedlikeholde sjøkart i norske farvann.

SOLAS: Safety of Life at Sea, IMOs konvensjon som omhandler sikkerhet for personell og skip til sjøs.

Territorialfarvann: Farvannet innenfor territorialgrensen til en kyststat. Strekker seg 12 nautiske mil ut i havet fra grunnlinjen.

TimeZero: Programvare for innsamling av egne batymetriske data. Programvaren er levert i et samarbeid mellom MaxSea og Furuno Electric.

Transducer: Enheten som omgjør elektriske energi pulser til akustisk energi og motsatt vei igjen i et ekkolodd.

VCS: Vehicle Control System. Kontrollstasjonen for Maritime Robotics sine droner.

XYZ: Ett loddskudds definerte aksesystem som gir en tredimensjonal geografisk posisjon.

Innhold

Sammendrag	V
Terminologi	VI
1 Innledning	1
1.1 Problemstilling	2
1.2 Avgrensning av tema	2
1.3 Metode og kildekritikk	2
2 Teori	4
2.1 Hydroakustikk	4
2.2 Posisjonering	7
2.3 Fartøyets bevegelse	8
2.4 LIDAR	9
2.5 Vertikal referanse	10
3 Sjøkartlegging i Norge	11
3.1 Dekningsgrad av Norskekysten og Svalbard	11
3.2 Teknisk kravspesifikasjon for sjømåling	15
3.3 Lovverk om innsamling av dybde data	19
3.4 Kartverkets metode for kystnær måling	22
3.5 Autorisering av private aktører	25
3.6 Wise survey	26
3.7 Nearshore survey As	29
4 Crowdsourcing av batymetri	32
4.1 Crowdsourcing	32
4.2 OLEX	37
4.3 Feltarbeid med Olex og TimeZero	43
5 Alternative metoder for oppmåling	47
5.1 Autonome plattformer	47
6 Drøfting	56
6.1 Kartverkets utfordringer	56
6.2 Autorisering av private aktører	57
6.3 Crowdsourcing	58
6.4 Bruk av autonome plattformer	60
7 Konklusjon	63
8 Referanser	65

1 Innledning

Flere og flere fartøy ferdes årlig i dårlig kartlagte områder med upålitelige dybde data. På tross av teknologiutviklingen innen hydroakustikk, særlig etter andre verdenskrig, baserer en overveldende stor andel av norske sjøkart seg på dybde data som er samlet inn ved hjelp av blylodd eller andre unøyaktige metoder. Selv om hovedledene langs norskekysten stort sett er kartlagt ved hjelp av moderne metoder, gjenstår det fortsatt ett stort stykke arbeid med å samle inn tilstrekkelig med batymetriske data i mindre trafikkerte leder på kysten, og i områdene rundt Svalbard. Teknologiutviklingen innen hydroakustikk har også drevet frem stadig strengere krav til nøyaktighet på batymetriske data, og Kartverket estimerer at det vil ta flere tiår før man kan ha dekket norskekysten og Svalbard med moderne oppmålingsmetoder.

Innsamling av batymetriske data og utarbeidelse av sjøkart har siden 1936 vært ivaretatt av Sjøkartverket, i dag Kartverkets sjødivisjon. Sjødivisjonen har dog begrensede ressurser i form av fartøyer som kan utføre sjømåling i henhold til Kartverkets og IHOs strenge krav til nøyaktighet. Det kan derfor anses for å være behov for å undersøke hvilke muligheter som eksisterer til innsamling av batymetri både i dag og i nær fremtid, med hensyn på å avhjelpe Kartverkets arbeid. Sentralt innenfor en slik undersøkelse vil være hvilke alternative løsninger som kan anses for å gi et mest mulig presist produkt, og fortsatt tilfredsstillende krav til nøyaktighet og øvrige regelverk knyttet til batymetriske data.

Innsamling av batymetri for bruk i sjøkart kan foregå på flere måter. Den senere tids utvikling innen droner og autonome farkoster, crowdsourcing av data og autorisering av kommersielle aktører er her viktige punkter som gruppen har valgt å undersøke nærmere. Vesentlig for sjøkartlegging er de høye kravene som settes til avansert måleutstyr og sensorer uavhengig av valgt plattform. Dette fordi slikt utstyr vil kunne variere stort mellom produsenter og plattformer, spesielt innenfor crowdsourcing ved hjelp av sivile aktører. Det vil derfor være relevant å undersøke hvorvidt oppmåling med slike systemer er gjennomførbart innenfor Kartverkets og IHOs krav i dag.

1.1 Problemstilling

I arbeidet med denne oppgaven har gruppen valgt å fokusere på hvordan Kartverkets kapasitet hva gjelder innsamling av batymetri kan økes. Etersom Kartverket selv estimerer at fullstendig dekning av norskekysten og Svalbard vil ta flere tiår er dette en problemstilling som vil fortsette å være relevant i lang tid. Gruppen har tatt sikte på å beskrive utfordringer og fordeler knyttet til bruk av crowdsourcede data, samt mulighetene for å kunne ta i bruk ubemannede plattformer og autorisering av kommersielle aktører til innsamling av batymetri. Vesentlige spørsmål knyttet til disse mulige metodene er blant annet hvorvidt de kan tilfredsstillende økende krav til nøyaktighet, hvorvidt lovverket i dag tillater bruk av data fra slike systemer i offisielle sjøkart, samt en generell vurdering av det kommersielle markedspotensialet.

1.2 Avgrensning av tema

For å begrense oppgaven mest mulig, har gruppen valgt å fokusere på systemer, selskaper og plattformer som allerede har et stort brukersegment i det norske markedet. Av denne grunn har gruppen valgt å fokusere utelukkende på OLEX hva gjelder crowdsourcing av batymetri. Innenfor ubemannede farkoster har gruppen valgt å nærmere beskrive kun ett system per operasjonsdomene, da hensikten med oppgaven er å beskrive hvilke muligheter som finnes i dag, ikke en markedsanalyse innenfor dette segmentet. Hva gjelder kommersielle aktører har gruppen valgt å sammenligne dagens autoriserte aktører med uautoriserte selskaper og i samarbeid med disse og Kartverket utarbeide en forståelse for markedspotensialet og muligheter innenfor segmentet.

1.3 Metode og kildekritikk

Gruppen har under utarbeidelsen av oppgaven tatt sikte på å innhente mest mulig informasjon fra eksterne kilder. Etersom det er lite offisiell faglitteratur innenfor de emnene som er omtalt i oppgaven, har den dominerende metoden for informasjonsinnhenting vært gjennom personlig korrespondanse. Rent praktisk vil dette si at informasjonen gruppen har hentet inn har kommet frem gjennom elektronisk korrespondanse og personlige intervjuer av nøkkelpersoner innenfor sine respektive fagfelt og selskaper. I tillegg har det i gruppens arbeid vært et stort fokus på innhenting av offisielle fag og prosjektrapporter som har kunnet brukes som referanser i oppgaven.

Gruppen har følgelig korrespondert med et stort antall personer i et vidt spekter av selskaper og aktører. Bakdelen med en slik tilnærming er at man risikerer å stå igjen med uttalelser fra enkeltpersoner med dårlig integritet, begrenset innsikt eller lite fagmessig tyngde. Som et vern mot dette har gruppen i all korrespondanse basert seg på kryssreferering hvor et sett med standard spørsmål har vært rettet til samtlige selskaper uavhengig av deres segment, i tillegg til spesifikke spørsmål innenfor relevant fagfelt. På denne måten har gruppen sikret at informasjonen man har samlet inn er mest mulig objektiv og helhetlig, og man har større mulighet til å belyse forskjellige nyanser og synspunkter innenfor de enkelte emnene. I tillegg har involverte aktører fått muligheten til å ettergå gruppens arbeid for å sikre korrekt sitering og faktagrunnlag.

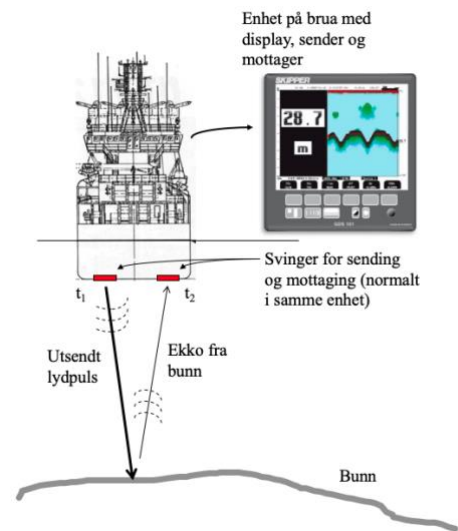
Oppgavens hovedformål er å beskrive muligheter innenfor tre ulike segmenter, henholdsvis crowdsourcing, autonomi og autorisering. Gruppen har derfor ansett det som viktig å gjennomføre personlige intervjuer med nøkkelpersoner i selskapene som er beskrevet i oppgaven. Følgelig har gruppen vært på bedriftsbesøk og utført intervjuer ved Kartverkets fartøy Hydrograf i Ålesund, samt Olex AS og Maritime Robotics i Trondheim. Innholdet i intervjuene er gjengitt i oppgaven og man har i beskrivelsen av enkeltsystemer lagt vekt på å sikre objektivitet i beskrivelsen av enkeltsystemer og plattformer.

2 Teori

Sjøkartlegging har vært assosiert med store teknologiske fremskritt det siste århundret. Fra sjømålinger utført med enkle blylodd eller patentlodd, til avanserte hydroakustiske systemer som multistråleekkolodd og sonar. Denne utviklingen har samtidig drevet frem stadig strengere krav til nøyaktighet på autoriserte batymetriske data. Dette har ført til at fartøyer som samler inn batymetri i dag må utstyres med flere forskjellige sensorer som hver for seg leverer uavhengige sensor data som sikrer et mest mulig presist sluttprodukt. For å sikre et best mulig teoretisk grunnlag for videre diskusjon i oppgaven har gruppen viet dette kapittelet til å beskrive grunnleggende prinsipper og utfordringer innenfor sjøkartlegging. I tillegg vil man fremlegge en generell beskrivelse av instrumentering og sensorer som kreves for å tilfredsstille dagens krav til nøyaktighet. Det kan her nevnes at Norvald Kjerstad gjennom sin bok Elektroniske og Akustiske Navigasjonssystemer (2017) har utarbeidet en meget god lærebok for nautiske studier, med et eget kapittel viet til hydroakustiske systemer. Dette har dermed vært gruppens hovedressurs i de påfølgende underkapitler.

2.1 Hydroakustikk

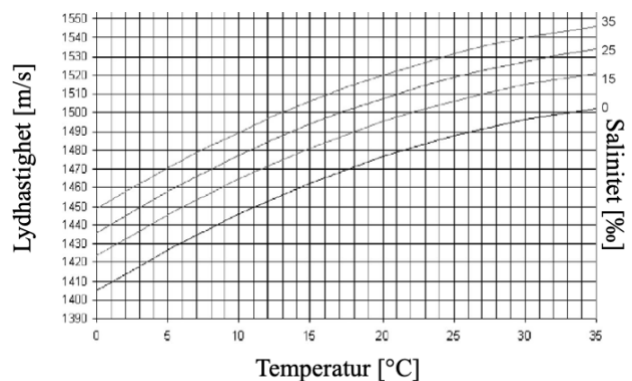
Moderne sjøkartlegging foregår i hovedsak ved hjelp av hydroakustikk. Dette betyr i enkelthet at fartøyet sender ut en lydbølge som reflekteres i havbunnen, og man kan dermed finne dybden ved å måle tiden fra en lydbølge sendes ut og returnerer. Dette foregår fysisk ved at man setter en flate mot vannet i svingninger, og trykket mot flaten vil da pulsere som en cosinus bølge (Kjerstad, 2019). I slike pulsbaserte systemer blir flaten mot vannet som regel kalt en svinger (eng: Transducer), og dens oppgave er å generere en lydbølge som sendes ut, reflekteres og mottas i mottakeren, som oftest er i samme enhet som svingeren (Figur 1). Dette er det grunnleggende arbeidsprinsippet for både ekkolodd og sonar.



Figur 1. Det hydroakustiske prinsippet. Hydroakustiske prinsippet fungerer ved at lydbølger produsert av en svinger sendes ned igjennom havet. Ved havbunnen reflekteres de opp igjen til fartøyet. Tiden måles og ekkoloddet regner ut distansen (Kjerstad, 2019).

Selv om grunnprinsippet for hydroakustikk virker enkelt, er det flere utfordringer man må være klar over. Ettersom lydølger er assosiert med sfærisk spredning, er de utsatt for tap som øker med avstanden til svingeren. I tillegg vil lydølgen utsettes for absorpsjon, gjennom at en del av energien blir gjort om til varme, og «absorberes» av vannmassene. Dette gir at lydølgenes styrke vil reduseres når avstanden til svingeren øker. Absorpsjon beskrives av en absorpsjonskoeffisient som er gitt av og øker med frekvensen. Dette gir at ved å redusere frekvensen vil man redusere absorpsjon. Dersom et system forsøkes brukt på for store dybder, vil følgelig lydølgenes styrke reduseres så mye at lydekket fra bunn ikke vil ha nok energi til å nå tilbake til mottakeren. Slike tilfeller kan enklere beskrives som at bunnen er «utenfor systemets rekkevidde».

En annen utfordring er lydets hastighet i mediet. Som hovedregel kan vi si at lydshastigheten i vann er omkring 1500 m/s. Denne varierer dog med vannets temperatur, salinitet, og trykk. Ettersom det kan være ulike sjikt i vannsøylen med forskjellig temperatur osv. vil lydshastigheten kunne endres betraktelig flere ganger fra en lydølge er utsendt til den mottas. Dette vil kunne gi store avvik på dybdemålinger, og er en vanlig problemstilling innen kartlegging. Det finnes tilnærmede tabeller for forholdet mellom lydshastighet, temperatur og salinitet (Figur 2), men for sjøkartlegging sin del anses dette for å være for unøyaktig. Dette fordi lydshastigheten vil variere stort etter hvilket av de påvirkende leddene som er dominerende i det gjeldende området. For eksempel vil lydshastigheten variere lite på det åpne hav, mens den vil være uforutsigbar på kysten, da det kan være stor innblanding av vann fra elvesystemer som vil gi utslag på saliniteten (Kjerstad, 2019).

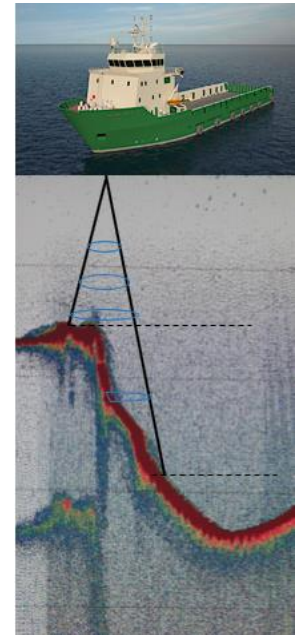


Figur 2. Lydshastighetstabell hvor lydshastigheten er vist som en funksjon av temperatur og salinitet. (Kjerstad, 2019)

Dersom man ønsker mest mulig presise dybde målinger må man derfor lage en lydshastighetsprofil. Med dette menes at man fremstiller lydshastigheten som en funksjon av dybden i et område. Dette kan gjøres ved hjelp av en CTD (Conductivity, Temperature, Depth) eller SVP (Sound Velocity Probe) sonde, som senkes gradvis ned til bunnen og måler

vannets egenskaper i det aktuelle området. Denne profilen kan så avleses på datamaskin og anvendes som korreksjon på de innsamlede dybde data.

På generell basis vil det være flere utfordringer knyttet til kystnær kartlegging enn kartlegging i åpnere farvann. Dette er i hovedsak på grunn av større uforutsigbarhet knyttet til bunntopografien, det biologiske mangfoldet langs kysten, samt, som tidligere nevnt lydshastigheten. Dette kan eksemplifiseres ved akustiske skygger som følge av store fiskestimer, tette tareskoger og bratte skråninger som kan «lure» ekkoloddet til å tro at bunnen er nærmere enn den faktisk er. Dette fordi tareskog og fiskestimer kan være så tette at lydbølgene ikke kan trenge gjennom, og dette representeres da feilaktig som bunn (Maan, 2019). Hva gjelder skråninger, kan man her oppleve at ekko fra strålens ytterkant eller sidelover reflekteres før ekko i senter av strålen. I slike tilfeller vil ekkoet fra ytterkanten kunne oppfattes som 'det sanne' ekkoet, og den registrerte dybden blir følgelig feil (Figur 3).



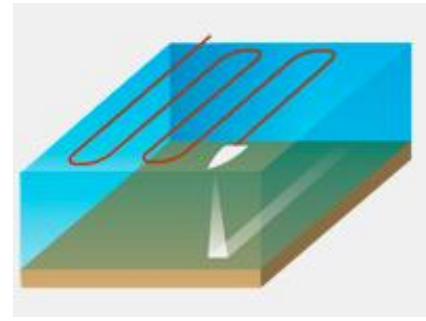
Figur 3. Figur av enkeltstråle i bratt terreng. Illustrasjonen viser hvordan enkeltstråle kan treffe både høyt og lavt i bratt terreng, dette kan gi oss en falsk dybde.

2.1.1 Ekkolodd

De hydroakustiske prinsippene beskrevet over kan anvendes i flere typer systemer, blant annet ekkolodd. Ekkolodd er et instrument som brukes til å måle dybden under et gitt fartøy, og kan følgelig brukes til både kartlegging, navigering og indentifisering av fiskestimer. Innen sjøkartlegging førte fremveksten av ekkoloddet til en betydelig økning i nøyaktighet på innsamlet batymetri, først gjennom bruk av enkeltstråleekkolodd, men disse er i dag stort sett erstattet av mer avanserte multistråleekkolodd.

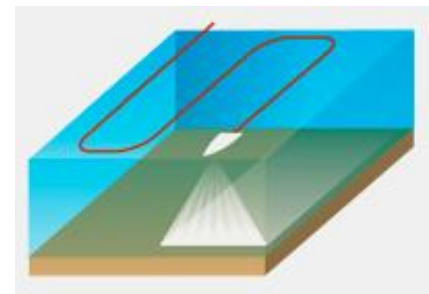
Enkeltstråleekkolodd var de første ekkoloddene som ble tatt i bruk til innsamling av batymetri. Slike instrumenter består av en svinger og mottager lokalisert i samme enhet, synkronisert mot en felles tidsreferanse som sender ut lydbølger i en enkelt stråle rett under fartøyet. Rent praktisk foregår oppmåling med slike systemer ved at man seiler langs et forhåndsbestemt linjenett og lodder dybden langs kurslinjene (Figur 4). Linjeavstanden varierer med områdets dybde og man benytter større avstander på større dybder. Dette er

nærmere beskrevet i IHOs S-44 standard. Ettersom systemet kun bruker en enkelt stråle vil man ved større linjeavstander kunne oppleve at forhøyninger i bunnen som vrak eller lignende faller mellom målelinjene, og følgelig ikke blir registrert. Dette gir at enkeltstråleekkolodd vil kunne gi manglende dekning ved oppmåling av store områder, denne usikkerheten kan dog reduseres noe ved å benytte flere enkeltstrålelodd fra samme fartøy.



Figur 4. Figur av enkeltstråle oppmåling (Wassp.com, 2019).

Innsamling av batymetri foregår i dag stort sett ved bruk av multistråleekkolodd. Dette er avanserte systemer som benytter et stort antall lydstråler, arrangert i en vifteform. Dette gjør at systemet har mulighet til å dekke mye større arealer enn et enkeltstråleekkolodd og gi full dekning mellom linjesettene (Figur 5). Elimineringen av usikkerheten knyttet til linjeavstand vil følgelig gi mer pålitelige sjøkart. Slike systemer krever dog mye mer avansert instrumentering og stor datakraft (Kjerstad, 2019). Særlig spiller fartøyets navigasjonssystem en viktig rolle, da strålenes treffpunkter vil lagres som posisjoner i x, y og z planet. Dette gir at det er behov for å kompensere for fartøyets bevegelser, heading og kurs. I tillegg er det nødvendig med en særdeles nøyaktig fartøysposisjon for å eliminere usikkerhet knyttet til de individuelle loddskuddene. Ettersom multistråleekkolodd er den dominerende metoden knyttet til innsamling av batymetri i dag, er det slike systemer gruppen har valgt å fokusere på videre i oppgaven.



Figur 5. Figur av multistråle oppmåling. (Wassp.com, 2019).

2.2 Posisjonering

Survey ved bruk av multistråleekkolodd stiller større krav til fartøyets navigasjonssystem. Dette bygger på at hver av ekkoloddets loddskudd presenteres i x, y og z planene og muliggjør bygging av 3D modell av bunnen i et område. Av disse tre er det kun z aksene (dybden) som gis av ekkoloddet, mens x og y gis av fartøyets posisjon kompensert for roll, pitch og heading. Følgelig kan man se at innsamlet batymetri kan forringes av feil i fartøyets oppgitte posisjon og at det vil være viktig å kunne definere denne så presist så mulig.

Til dette formålet kan et stort antall kombinasjoner av satellittsystemer og korreksjonssignaler benyttes. Ettersom det i dag finnes flere uavhengige GNSS systemer, vil man kunne oppnå god dekning og ha tilstrekkelig med satellitter over horisonten til enhver tid ved bruk av en GNSS mottager. Dette er en mottager som kan motta signaler fra alle operative GNSS satellitter (GPS, Glonass, Galileo, osv.). Ettersom antallet satellitter, og dermed også til dels nøyaktigheten vil variere, vil det være nødvendig å ta i bruk en eller annen form for korreksjonssignal, som for eksempel DGPS (via radiolink) eller SBAS (satellittbaserte korreksjoner) som vil muliggjøre nøyaktighet ned mot kravet til autoriserte dybde data. Videre kan også fasebaserte og flerfrekvente mottagere brukes for å negligere unøyaktighet som følge av bane og klokke samt ionosfære feil, og gi ytterligere posisjonsnøyaktighet (PPP/RTK).

2.3 Fartøyets bevegelse

Et fartøy vil svært sjeldent ligge helt stille i vannet. Når man da vet at multistrålekartlegging definerer de individuelle loddskuddene som punkt i x y og z planene, kan man enkelt se at fartøyets bevegelse vil spille en stor rolle i fastsettelsen av loddskuddets koordinater. Dette fordi ekkoloddets 'vifte' ikke nødvendigvis vil være rettet perpendikulært med bunnen på grunn av fartøyets bevegelse som følge av pitch, roll og heave. Dette er derimot bevegelser som kan måles av en stillingssensor, og dataene fra ekkoloddet kan dermed korrigeres slik at man kan fremstille en mest mulig nøyaktig modell av bunnen.

Det finnes flere ulike systemer som kan måle slike bevegelser. Slike systemer baserer seg gjerne på en kombinasjon av et akselerometer og en ratogyro, og kalles Motion Reference Unit/ Vertical Reference Unit (MRU/VRU). Dersom disse systemene settes opp nært skipets rotasjonssenter, og andre sensorers plassering i forhold til MRU/VRU defineres presist, kan data fra disse sensorene korrigeres ved hjelp av MRU/VRU. Alternativt kan man også benytte satellittbaserte systemer, da man gjennom bruk av flere fasebaserte GNSS mottagere kan definere fartøyets bevegelse og heading inkludert posisjon og høyde over geoiden. Slike systemer vil derimot være utsatt for de vanlige problemstillingene knyttet til satellittbasert posisjonsreferanse, som for eksempel dårlig geometri, multipath og ionosfærefeil for å nevne noen.

2.4 LIDAR

LIDAR er forkortelsen for Light Detection and Ranging. LIDAR bruker lys i form av en laser stråle til å måle avstanden til et objekt. Systemet er i stand til å lage avanserte 3D modeller av jordens topografi, byers infrastruktur og bygninger. LIDAR fungerer i prinsipp på lik måte som en radar, men i stedet for mikrobølgepulser bruker LIDAR laserpulser. Sensorene måler tiden det tar for en laserpuls å reflekteres av en overflate for så å returnere til sensoren for å finne avstand til objektet. Lysets hastighet er 300 000 km/s noe som gjør at systemene må kunne arbeide svært raskt. I tillegg kan en gjennomsnittlig LIDAR sensor avfyre opp mot 150 000 laserpulser i sekundet. Anvendelsen av LIDAR er svært allsidig til alt fra måling av dybde data til militære våpensystemer. De siste årene har man også sett en stor økning i bruken av LIDAR til autonome droner og biler for å sikre navigering og brukes til å oppdage fysiske hindringer.

LIDAR består gjerne av ett roterende hode med en laser og en sensor, hodet roterer 360 grader i et jevnt tempo for at sensoren skal kunne oppfatte alle pulsene som sendes ut. Nøyaktigheten til systemet avhenger av laserens styrke og bølgelengde. Laseren klassifiseres i henhold til bølgelengden den opererer på og man oppgir denne bølgelengden i nanometer (nm). Laserne som ikke brukes til forskning opererer gjerne med en bølgelengde på under 1000 nm da styrken er ideell for å unngå øyeskader. Ønsker man lengre rekkevidde øker man bølgelengden. Det er da normalt med lasere med bølgelengde på opptil 1550 nm. I batymetri brukes det derimot lasere med mindre bølgelengde, gjerne ned mot 500 nm. Dette er fordi laserpulser med kortere bølgelengde penetrerer vannet med mindre demping og forstyrrelser enn de med lang bølgelengde (lidar-uk, 2019). For å oppnå høyere datatetthet øker man gjerne hyppigheten av pulser i sekundet. Her må man påse at sensoren klarer å motta antall laserpulser i sekundet og at datamaskinen som skal takle mengden rådata som sensoren sender samt sørge for nøyaktig posisjonering av hvert punkt.

Det å bruke LIDAR til innhenting av batymetriske data er i dag ikke særlig utbredt for oppmåling i Norge. I andre land har man derimot gjort forsøk med stor suksess for oppmåling av kystsoner med LIDAR sensorer. LIDAR sensorene har noen begrensninger, et system i øverste prisklasse med en kraftig plattform vil kunne drive høypresisjonsmåling ned til ca. 50 meter, mens et lettere system montert på en autonom plattform/drone vil kun kunne drive høypresisjons måling ned til 25-30 meter. Videre vil det være stor variasjon i

klarhet på havet man måler i og vegetasjon på havbunnen. Begge er faktorer som påvirker målingene. En stor fordel med å drive målinger fra luften med batymetriske sensorer er at målingene tas under mye større hastighet og man får dekket et større område svært effektivt.

2.5 Vertikal referanse

Kartlegging av dybder bygger på prinsippet om å måle avstanden fra en sensor, for eksempel et ekkolodd, til bunnen. I tillegg vil fremstillingen av loddskuddene i kart fordre at det er godt definert hva dybden er målt i forhold til. Dette vil kunne variere noe, da individuelle land anvender sine egne vertikale referansedatum for nautiske kart. Dette er i Norge definert til å være sjøkartnull, hvilket som regel sammenfaller med LAT.

Ettersom oppmåling av bunnen ikke nødvendigvis vil foregå ved LAT må man derfor benytte korreksjoner. Dette fordi vannstandens høyde vil variere gjennom døgnet på grunn tidevannet og påvirkning fra meteorologiske forhold. For å finne nøyaktig vannstand i det området oppmålingen foregår skal det benyttes vannstandsdata fra Kartverket, som har utplassert et stort antall vannstandsmålere langs hele norskekysten. Det er dermed mulig å ta bort tidevannets innvirkning på loddskuddene ved å korrigere for område og tidspunkt i forhold til vannstanden ved vannstandsmåleren.

3 Sjøkartlegging i Norge

Sjøkartleggingsarbeid organiseres internasjonalt gjennom International Hydrographic Organization (IHO). Dette er et FN organ som koordinerer mellom nasjonale hydrografiske organisasjoner og er ansvarlig for å utarbeide mest mulig uniforme standarder for kartlegging og utarbeidelse av sjøkart. I tillegg jobber IHO aktivt for utvikling av ny teknologi som kan bistå i arbeid knyttet til og utnyttelse av hydrografiske data. På bakgrunn av dette er det også IHO som utarbeider standarder og kravspesifikasjoner for utstyr og plattformer tilknyttet fremvoksende alternativ teknologi (IHO, 2018).

Innsamling av batymetri og utarbeidelse av sjøkart ivaretas i Norge av sjødivisjonen i Statens kartverk. Sjødivisjonen i Kartverket er ansvarlig for å oppdatere og utarbeide sjøkart i Norge, rundt Svalbard og norske områder i Antarktis. Divisjonen er den eneste autoriserte produsenten av offisielle sjøkart i Norge og har flere oppgaver utenom kartografisk arbeid. De er også ansvarlige for å distribuere og utføre tidevann og havstrømsmåling, skildring av farvann og samle inn og tilgjengeliggjøre offisiell maritim informasjon slik at fartøy kan seile effektivt og sikkert (Sjødivisjonen, 2018).



Figur 6. Kartverkets logo (Kartverket, 2019).



Figur 7. IHOs logo (IHO, 2019).

3.1 Dekningsgrad av Norskekysten og Svalbard

Sjødivisjonen disponerer egne fartøyer for å kunne utføre de oppgaver de er pålagt. Til tross for dette er sjødivisjonen bare en del av Kartverket, med et begrenset budsjett. Kombinasjonen av relativt få ressurser i form av fartøyer og utfordringer med å holde følge med teknologiutviklingen, har ført til at det er store områder langs kysten og Svalbard hvor det ikke finnes data innsamlet ved hjelp av tilstrekkelig moderne utstyr (multistråleekkolodd). Dette gir følgelig at de dataene som finnes for disse områdene ikke oppfyller Kartverket og IHOs krav til nøyaktighet. Det anslås av Kartverket at kun 36% av dybder under 20 meter innenfor territorialfarvannet er oppmålt med multistråleteknologi

(Figur 8 og 9)(Eskevik, 2019). Det gjenstår med andre ord et stort stykke arbeid for å oppnå tilstrekkelig dekning og Kartverkets anslag viser at oppmåling av norskekysten vil ta i underkant av 70 år og 50 år for Svalbard (Eskevik, 2019).

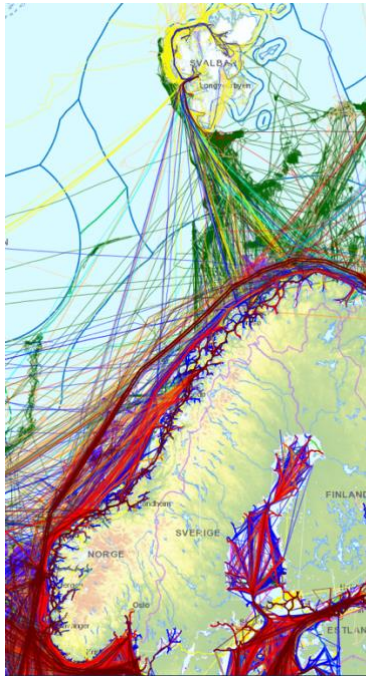
Samtidig er behovet for gode sjøkart økende. Kystverkets prognoser legger til grunn at samlet trafikkøkning på kysten og Svalbard vil utgjøre en økning på 41% frem mot 2040 (Kystverket, 2018). Dersom man ser stedvis mangel av gode dybde data i sammenheng med trafikkøkningen kan man se at etterspørselen for gode kart vil øke og komme fra et vidt spekter av aktører. Dette fordi kommersiell skipsfart, akvakultur, cruisetrafikk og en økende småbåtflåte m.fl. har til felles at de behøver pålitelige og oppdaterte sjøkart for å kunne seile trygt. I tillegg er styresmaktens strategi for den maritime næringen bærekraftig vekst og verdiskapning der hensynet til miljø og vern av sårbare områder vektlegges (Menon Economics, 2016). Ettersom en ønsket satsning på den maritime næringen vil trenge et best mulig kunnskapsgrunnlag vil mangel på nøyaktige dybde data kunne være til hinder for en optimal ressursforvaltning i kystsonen (Menon Economics, 2016).



Figur 8. Dekningsgraden av multistråledata. Figuren over viser dekningsgraden for multistråledata merket med grønt langs norskekysten (norgeskart.no, 2019).



Figur 9. Dekningsgraden av multistråledata. Figuren over viser dekningsgraden for multistråledata merket med grønt rundt Svalbard (norgeskart.no, 2019).



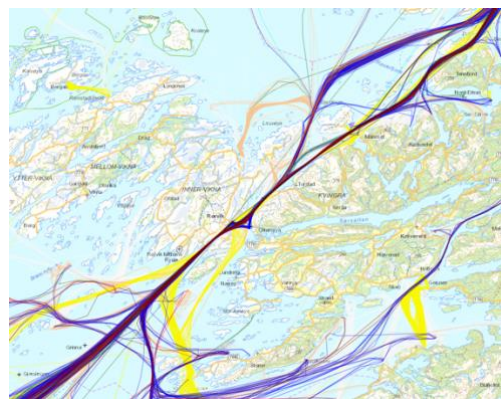
Figur 10. AIS klasse A trafikk i norsk farvann juni 2018 (havbase.no, 2019).

Figur 8 og 9 viser dekningsgrad på multistråledata i Norge og på Svalbard. Gjennom å sammenligne med AIS data (Figur 10) kan man av figuren se at store deler av de mest trafikkerte farvannene er målt opp med multistråledata, men at det mangler tilsvarende data for mindre trafikkerte sideleder og fjordarmer. Tilgangen på sjøkart med nøyaktige dybdedata vil være vesentlig for fartøyer innenfor kystfraktsegmentet og cruisetrafikk, to trafikktyper som vil vokse betydelig frem mot 2040 (Kystverket, 2018).

Dette er videre eksemplifisert under gjennom sammenligningen av deknningen til de respektive områdene rundt Ålesund og Rørvik, jamfør AIS data for disse områdene (Figur 11, 12, 13 og 14). Begge områdene kan assosieres med et stort og variert trafikkbilde da de er eneste farbare leder for større fartøyer som ønsker å gå innaskjærs. Behovet for tilstrekkelig nøyaktige kartdata er essensielt for å sikre trygg seilas uavhengig av fartøystype. Ettersom kysten er assosiert med store variasjoner i dybder og bunntype (Iversen, 2019), kan man dermed si at bedre dybdedata i sjøkartene vil bidra til å sikre ferdselen til samtlige fartøy som ferdes langs kysten.



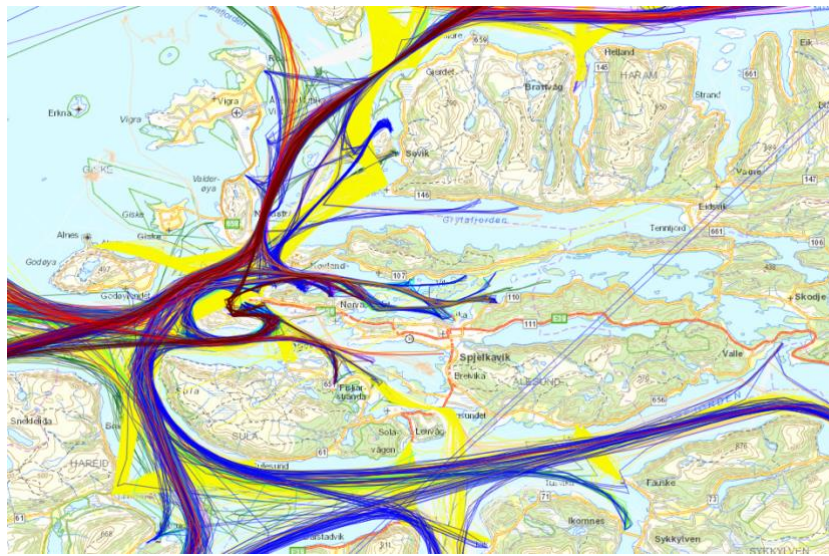
Figur 11. Multistråledata i området rundt Rørvik. Figuren viser at det er et svært lite område som inneholder multistråledata i og utenfor leden i området rundt Rørvik (norgeskart.no, 2019).



Figur 12. AIS data i området rundt Rørvik i juni 2018. Figuren viser mengden trafikk i området med mangel på moderne oppmåling (havbase.no, 2019).

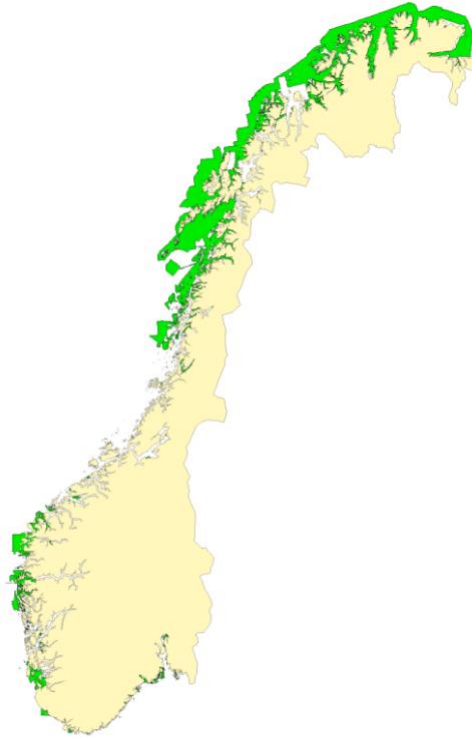


Figur 13. Multi-stråledata i området rundt Ålesund. Figuren illustrerer dekningen av multi-stråledata i Ålesund markert med grønt (norgeskart.no, 2019).



Figur 14. AIS data for området rundt Ålesund i perioden juni 2018. Figuren viser mengden trafikk i leden rundt Ålesund (havbase.no, 2019).

En annen problemstilling er inkorporering av nøyaktige dybdedata i sjøkartene. Kartverket utarbeidet i 2019 en rapport som analyserte andelen av multi-stråledata gitt ut i norske sjøkart sammenlignet med datagrunnlaget Kartverket besitter. Gjennom bruk av GIS-analyse kom man frem til at for arealet grunnere enn 20m var kun 23% av ENC kartene basert på flerstrålemålinger (Figur 15), samtidig som 63% av alle flerstrålemålinger under 20m dybde er gitt ut i kart (Eskevik, 2019). Årsaken til at utgivelseshastigheten for sjøkart er så lav er til dels på grunn av tidsbruken assosiert med manuell etterprosessering/filtrering av data, tillegging av kartinformasjon fra kystverket (lykter, AtoN, rapporteringslinjer, osv.), samt oppdatering og vedlikehold av alle andre karttema (Eskevik, 2019). Rapporten beskriver dermed et stort effektiviseringspotensial for utgivelse av sjøkart da det anslås at oppnåelse av fullstendig utgivelse av flerstrålemålinger for arealet av dybder under 20m i verste fall vil ta 132 år (Eskevik, 2019).



Figur 15. Områder på norskekysten hvor innsamlede multistråledata har blitt utgitt i sjøkart (GIS analyse, 2019).

3.2 Teknisk kravspesifikasjon for sjømåling

Alle dybde data som skal publiseres i sjøkart eller nautiske publikasjoner skal tilfredsstillere Kartverket og IHOs krav. Disse er gitt gjennom Kartverkets «teknisk krav spesifisering for sjømåling» og IHOs S-44 standard. I tillegg stilles det generelle krav til den enkelte organisasjon som skal utføre sjømåling, med tanke på ansvar, styring og kompetanse. Det er i tillegg den enkelte organisasjons plikt å sikre at alle krav stilt av Kartverket og IHO er oppfylt, samt kunne dokumentere dette. Man kan si at enhver organisasjon som skal utføre sjømåling vil måtte forholde seg til et stort regelverk og gruppen beskriver i dette delkapittelet hovedkravene knyttet til nøyaktighet på batymetriske data som satt av Kartverket og IHO (Kartverket, 2015).

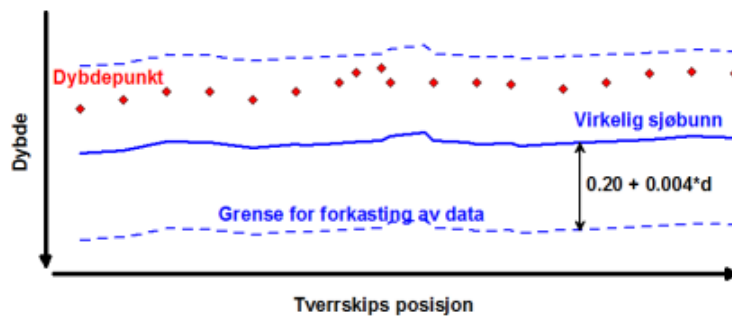
Sjømålingsområder deles rent organisatorisk sett inn i sjømålingskategorier. Dette er kategorier med ulike krav til nøyaktighet. Kravene som er satt til generell sjømåling vil være gjeldende som generelle minstekrav for alle sjømålingskategorier, men flere underkategorier har høyere krav til nøyaktighet, som for eksempel detaljert måling, havnemåling og

kaimåling for å nevne noen. Kravene til de forskjellige sjømålingskategoriene er vist ved Tabell 1.

Tabell 1. Oversikt over sjømålingskategorier (Kartverket, 2015).

	Generell sjømåling	Detaljert sjømåling	Havnemåling og hoved- og bileder innenfor navigasjonskritisk dybdeområde	Kaimåling og spesialmåling																																										
Objektdeteksjon (sidekant kube) Gjelder kun i navigasjonskritisk dybdeintervall	$1.0\text{ m} + 0.025 * \text{dybde}$	$0.5\text{ m} + 0.025 * \text{dybde}$	$0.5\text{ m} + 0.025 * \text{dybde}$	0.25 m ned til 12.5 m $0.02 * \text{dybde}$ for dypere områder																																										
DGG-cellestørrelse	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Dybde område [m]</th> <th>Cellestørrelse [m] sidekant</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0-40</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>40-100</td><td>4.0</td></tr> <tr><td>100-500</td><td>15.0</td></tr> <tr><td>500-dypere</td><td>50.0</td></tr> </tbody> </table>	Dybde område [m]	Cellestørrelse [m] sidekant	0-40	1.0	40-100	4.0	100-500	15.0	500-dypere	50.0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Dybde område [m]</th> <th>Cellestørrelse [m] sidekant</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0-10</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>10-20</td><td>0.75</td></tr> <tr><td>20-40</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>40-100</td><td>2.5</td></tr> <tr><td>100-200</td><td>4.5</td></tr> <tr><td>200-300</td><td>6.5</td></tr> <tr><td>300-400</td><td>8.5</td></tr> <tr><td>400-500</td><td>11.0</td></tr> <tr><td>500-600</td><td>13.0</td></tr> <tr><td>600-700</td><td>15.0</td></tr> <tr><td>700-800</td><td>17.0</td></tr> </tbody> </table>	Dybde område [m]	Cellestørrelse [m] sidekant	0-10	0.5	10-20	0.75	20-40	1.0	40-100	2.5	100-200	4.5	200-300	6.5	300-400	8.5	400-500	11.0	500-600	13.0	600-700	15.0	700-800	17.0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Dybde område [m]</th> <th>Cellestørrelse [m] sidekant</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0-10</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>10-20</td><td>0.75</td></tr> <tr><td>20-40</td><td>1.0</td></tr> </tbody> </table>	Dybde område [m]	Cellestørrelse [m] sidekant	0-10	0.5	10-20	0.75	20-40	1.0	0.25 m
Dybde område [m]	Cellestørrelse [m] sidekant																																													
0-40	1.0																																													
40-100	4.0																																													
100-500	15.0																																													
500-dypere	50.0																																													
Dybde område [m]	Cellestørrelse [m] sidekant																																													
0-10	0.5																																													
10-20	0.75																																													
20-40	1.0																																													
40-100	2.5																																													
100-200	4.5																																													
200-300	6.5																																													
300-400	8.5																																													
400-500	11.0																																													
500-600	13.0																																													
600-700	15.0																																													
700-800	17.0																																													
Dybde område [m]	Cellestørrelse [m] sidekant																																													
0-10	0.5																																													
10-20	0.75																																													
20-40	1.0																																													
Fullstendighet																																														
Maks god tatt antall tomme eller mangelfulle celler som henger sammen	3 1 skrenter på dyp større enn 40 m tillates hull på maks 10% av dybden	3 ned til 40 m dyp 5 for større dyp	2	Ingen tomme celler godtas																																										
Maks prosentandel tomme eller mangelfulle celler	0.5 %	0.1 %	0.1 %	0%																																										
THU Torrfall	10 m	2 m	2 m	2 m																																										
THU Kystkontur																																														
- Molo	20 m	5 m	5 m	2 m generelt 0.5 m for kaifront																																										
- Kai																																														
- Pir																																														

Farkoster som utfører en oppmåling må anses for å være et avansert system som består av flere forskjellige sensorer. Det stilles derfor ulike krav til minimumsnøyaktighet på de forskjellige sensorene. Som hovedregel kan man si at den overordnede nøyaktigheten på dybde dataene skal være innenfor pluss/minus ($0.2\text{m} + 0.004 * \text{dybde}$) fra sann dybdeverdi. I tillegg skal vertikal og horisontal presisjon være innenfor henholdsvis ($0.5\text{m} + 0.016 * \text{dybde}$) og ($0.15\text{m} + 0.004 * \text{dybde}$). Ettersom sensorene samspiller med hverandre for å lage et mest mulig presist produkt, er det da meget viktig at systemet kalibreres på forhånd og testes i et godt oppmålt kontrollområde (referanseflate) som angis av Kartverket. Innhentede test data prosesseres og sammenlignes med referansedata for området, resultatet må da være innenfor kravene som stipuleres i teknisk kravspesifikasjon. Figur 16 illustrerer grense for forkastning av loddskudd som er oppmålt i et område hvor dybden er godt kjent (referanseflate) (Kartverket, 2015).



Figur 16. Illustrasjon av grense for forkastning av data (Kartverkets, 2015).

3.2.1 Referanseramme og innmåling

Fartøyet skal ha en etablert og definert referanseramme gjeldende for alle sensorer. Denne rammen skal bestå av et skrofast koordinatsystem som alle sensorer skal måles inn i forhold til. Dette innebærer at sensorens plassering skal defineres som x y og z koordinater innenfor rammen, samt at det for enkelte sensorer kan være nødvendig å definere sensorens orientering i forhold til referansesystemet for å oppnå tilstrekkelig nøyaktighet. Det stilles strenge krav til innmålingenes nøyaktighet for å sikre at måleusikkerheten i sluttproduktet ikke forringes av sensorplasseringen. Videre skal innmåling av samtlige sensorer være dokumentert i en innmålingsrapport som er fullstendig nok til å kunne kontrolleres av en tredjepart (Kartverket, 2015).

3.2.2 GNSS

Fartøyet skal ha ett GNSS posisjoneringssystem som skal kunne opprettholde en horisontal posisjonsnøyaktighet på ≤ 0.2 meter innenfor 2 standardavvik (95% av tiden). Dersom sensoren benyttes til høydemåling skal den i tillegg opprettholde en vertikal nøyaktighet på ≤ 0.08 meter (95%). Disse kravene gjelder endelig posisjon, og gjelder ikke nødvendigvis for sanntidsnøyaktighet. Alle GNSS observasjoner skal logges kontinuerlig over minimum 2 timer, og lagres som rådata for videre etterprosessering. Rent fysisk settes det som minimumskrav at GNSS sensoren skal være flerfrekvent med GPS L1 og L2 som minimumskrav, samt IGS registrert antenne (Kartverket, 2015).

3.2.3 Ekkolodd

Det settes krav til at alle data skal samles inn med multistråleekkolodd, annen instrumentering som interferometrisk sonar godtas ikke. Ekkoloddet skal oppfylle minimumskravene som er stipulert i Tabell 2.

Tabell 2. Kartverkets kravspesifikasjon for ekkolodd (Kartverkets, 2015).

Nøyaktighet på ekkoloddet	0.05 m + 0.002*dybde (95% nøyaktighet)
Maksimum åpningsvinkel for de enkelte strålene	1.5° × 1.5° eller 1.0° (tverrskips) × 2.0° (langskips)
Fasedeteksjon	Påkrevet. Fravikes kun i stråleretning hvor dette ikke er fysisk mulig
Korreksjon for båtens bevegelse	Alle dybde data skal være korrigert for hiv, rull, stamp og kurs
Fokusering av strålen i nærfeltet	Påkrevet på mottak
Lydfartsmåling	Lydfart målt ved svinger og målt lydprofil skal anvendes. Lydbaneberegninger skal anvendes for alle dybde data

3.2.4 Bevegelsessensor

Fartøyets system skal være i stand til å måle og logge fartøyets bevegelse ved hjelp av en MRU eller lignende. Minimumskrav gjeldende for bevegelsessensor er vist i Tabell 3.

Tabell 3. Kartverkets kravspesifikasjon for bevegelsessensor (Kartverkets, 2015).

Kurs (bør være GNSS-basert)	0.1° RMS
Rull og stamp	0.02° RMS
Hiv	0.05 m eller 5 % av amplitude
Datarate fra sensor	100 Hz
Vertikal hastighet (gjelder bare for FM-ekkolodd)	Tilstrekkelig presisjon og datarate til dopplerkorreksjon av dybdemålingene

3.2.4 Dypgående og tidevann

Fartøyets dypgående skal være kjent innenfor en feilmargin på 0.05 meter (95%). Dersom fartøyet er utsatt for hastighetsindusert variasjon i dypgående skal det i tillegg være utstyrt med et system som kan korrigere for dette innenfor den tidligere nevnte nøyaktighet. Vertikal nøyaktighet forringes også som konsekvens av tidevannet. Alle innsamlede data skal derfor korrigeres med vannstandsdata fra Kartverkets egne målere slik at vannstanden i området er kjent innenfor 0.05 meters nøyaktighet (95%). Her må også nevnes at det er Kartverket selv som avgjør behovet for vannstandsmåling (Kartverket, 2015).

3.2.5 Lydprofil og absorpsjonskoeffisient

Det skal måles lydprofiler i hele dybdespekteret, og disse skal umiddelbart lastes inn og anvendes som korreksjon på ekkoloddet. Lydprofilene skal måles med en CTD sonde eller en karbonfiber stang basert ekkomåling for lyd hastighet. Det stilles også krav til lydprofilens alder og avstand fra aktuelle loddskudd. Det skal også benyttes en representativ profil for måleområdet generelt. Dersom profilen avviker mer enn 3 m/s fra profilen ved svinger skal

det måles ny lydprofil. Hva gjelder selve lydprofilen, skal den ha en minimumsnøyaktighet på 0.05% m/s RMS og for trykkmåleren 0.05% RMS av maksimal dybde for måleren. I tillegg skal det ved innsamling av bunnrefleksjonsdata beregnes profiler for absorpsjonskoeffisienten som skal anvendes mot ekkoloddet på samme måte som lydprofiler.

3.3 Lovverk om innsamling av dybdedata

Dybde og bunnforhold på norskekysten har tradisjonelt sett vært ansett for å være sikkerhetskritisk informasjon og dermed gradert. Dette fordi kunnskapen om dybdeforhold på norskekysten var og er ansett for å kunne utgjøre en fordel for en eventuell militær motstander. Ettersom norsk kunnskap om kystens dybdeforhold og beskaffenhet var ansett for å være en strategisk fordel ved krigstilfelle, var informasjon om batymetri underlagt et relativt strengt regelverk hjemlet i den nå opphevede «Lov om forsvarshemmeligheter» av 1914.

«§ 3. Med bøter¹ eller med hefte eller fængsel² indtil 1 aar – om strengere straf ikke er anvendelig paa handlingen³ – straffes:

3. den, som uten samtykke av Kongen eller vedkommende regjeringsdepartement optar, mangfoldiggjør eller offentliggjør karter eller kartskisser over rikets havner, fjorder eller indløp eller over nogen del av Norges sjøterritorium eller der foretar maalinge eller andre lodninger end saadanne, som er nødvendige for sikker navigering i den almindelige seilled;» (Lovdata, 2019).

«Lov om Forsvarshemmeligheter» av 1914 ble opphevet i 2015. Styresmaktene hadde da sett på muligheten for å innlemme de gamle bestemmelsene knyttet til dybdedata i Sikkerhetsloven. Det ble dog ansett for å være behov for å finne en bedre balanse mellom det nasjonale behovet for hemmelighold og det sivile samfunnets behov for informasjon (Regjeringen, 2015). Innholdet i «Lov om forsvarshemmeligheters» §3 ble dermed videreført i den midlertidige «lov om beskyttelse av og kontroll med informasjon av hensyn til rikets sikkerhet» som ble opphevet i 2017 og erstattet av dagens lovverk.

Dagens lovverk tar utgangspunkt i, «Lov om informasjon om bestemt angitte områder, skjermingsverdige objekter og bunnforhold». Loven tredde i kraft i 2017 og kan grovt sett anses som en oppmykning av lovverket da «forbudet kun omfatter områder og objekter hvor informasjonen om dem kan ha skadefølger for rikets sikkerhet, selvstendighet eller andre

vitale nasjonale sikkerhetsinteresser om denne informasjonen blir kjent for uvedkommende. Det samme vil gjelde for informasjon om bunnforhold» (Regjeringen, 2016). Man kan med andre ord si at det er forbud mot innsamling av informasjon i nærmere angitte områder dersom informasjonen kan anses som skjermingsverdig/sikkerhetskritisk informasjon etter Sikkerhetsloven. Dette er i loven angitt til å være et generelt forbud knyttet til bestemt angitte bunnforhold innenfor territorialfarvannet. Begrunnelsen for å skjerme denne informasjonen er i forarbeidene til loven beskrevet som følger:

«Å ha kontroll over detaljert informasjon om bunnforhold kan være av avgjørende betydning i en eventuell krisesituasjon som involverer fremmede makter. Slik kontroll kan både gi norske styrker et viktig informasjonsovertak, samtidig som det vil kunne redusere risikoen for at informasjonen blir brukt imot norske interesser, eksempelvis ved at fremmede ubåter kan operere med høy presisjon i norske farvann og bruke bunnforhold aktivt for å unngå å bli oppdaget. Det er foreløpig ikke fastsatt forskrift tilknyttet dette forbudet. Det pågår imidlertid et arbeid med å fastsette slik forskrift og utvikle et velfungerende forvaltningsregime» (Regjeringen, 2016).

Som gitt av lovens navn omfatter den ikke bare bunnforhold, men skjermingsverdige områder generelt, herunder militære områder. Reguleringen av informasjon om bunnforhold er gitt av lovens §4-5 og lyder som følger:

«§ 4. Opptak og bruk av informasjon om bestemt angitte bunnforhold

Det er forbudt å gjøre opptak av eller på annen måte bruke informasjon om bestemt angitte bunnforhold innenfor territorialfarvannet dersom det i noen grad kan ha skadefølger for rikets selvstendighet og sikkerhet og andre vitale nasjonale sikkerhetsinteresser om informasjonen blir kjent for uvedkommende.

Departementet kan gi tillatelse til å gjøre opptak av eller på annen måte bruke informasjon som nevnt i første ledd.

Departementet gir forskrift om opptak og bruk av informasjon om bestemt angitte bunnforhold, herunder hvilken informasjon som rammes av forbudet i første ledd.

§ 5. Taushetsplikt om og utlevering av innsamlet informasjon om bunnforhold

Departementet kan i det enkelte tilfelle bestemme at informasjon om bunnforhold som er sikkerhetsgradert etter sikkerhetsloven, kan avgraderes og underlegges taushetsplikt.

Departementet kan bestemme at informasjon underlagt taushetsplikt etter første ledd, kan utleveres. Det kan stilles vilkår for utlevering, herunder om hva informasjonen kan brukes til, hvem som kan få tilgang til informasjonen, hvordan informasjonen skal behandles og at informasjonen skal slettes eller leveres tilbake etter endt bruk» (Lovdata, 2019).

Dagens lov kan anses som et rammeverk for å kunne nedfelle detaljerte bestemmelser i forskrifter (Regjeringen, 2016). Dette har tidligere vært gjort gjennom forsvarets navigasjonsplan, og Kartverket har blitt instruert av forsvarsdepartementet til å forholde seg til denne frem til ny forskrift er på plass (Iversen, 2019). Bestemmelsene som er gjeldende frem til ny forskrift trer i kraft er da at skillet mellom graderte og ugraderte data for sjøkartmateriale vedrørende oppløsning/nøyaktighet og datatype ligger i området: «50 m punktavstand for punktdata, og Dybde kurver for 2(3), 5, 10, 20, 30, 40, 50 og 100 m. Utover 100 m dyp, 50 m ekvidistanse. Dybdekurvene kan genereres fra grunnlagsdata (rådata) uavhengig av punkttetthet i disse» (Kystverket, 2014).

Utkast til ny forskrift utarbeidet av Kartverket og forsvaret ble levert til godkjenning av forsvarsdepartement i 2018. Det er mange hensyn som har måttet innarbeides i forskriften og utarbeidelsen og godkjennelsen har vært en meget tidkrevende prosess som enda ikke har resultert i en godkjent forskrift (Iversen, 2019). «Departementet er for tiden i dialog med andre berørte departementer, herunder kommunal- og moderniseringsdepartementet, justis- og beredskapsdepartementet og samferdselsdepartementet med sikte på å ferdigstille høringsutkastet. Forslaget vil deretter bli sendt på en bred alminnelig høring. Per i dag er det usikkert når forskriften vil tre i kraft» (Friisk, 2019).

Hoveddrammene for skillet mellom ugraderte og graderte data i ny forskrift er forventet å gi at batymetriske data for dybder ned til 30 meter er ugraderte og kan frigis (Iversen, 2019). For større dybder vil datasett med oppløsning dårligere enn 50x50 meter være ugraderte, inntil 25x25 meter vil være begrenset og tettere oppløsning vil være konfidensielle data (Iversen, 2019). Forskriften vil som stipulert i loven måtte ta høyde for at man kan søke om frigivelse av data mot at disse underlegges taushetsplikt. Dette er i lovens forarbeider nærmere definert som å være rettet mot data som allerede er lagret i HYBAS:

«Departementet har også mottatt ulike innspill tilknyttet forslaget om å kunne avgradere og underlegge informasjon taushetsplikt. Forslaget er rettet mot informasjon som allerede er innhentet og lagret i HYBAS. Hvilken informasjon som vil kunne avgraderes og underlegges

taushetsplikt, vil måtte bero på en konkret vurdering ut ifra blant annet områdets omfang og dyp, kvalitet og oppløsning, og hvor området faktisk er. Det er ikke mulig å angi på forhånd hvilke områder dette er aktuelt for, slik noen høringsinstanser ønsker» (Regjeringen, 2016).

Det er allerede i dag mulig å søke om tillatelse til å utføre innsamling, samt frigivning av dybde data via Kartverket. Kartverket videreformidler slike søknader til forsvaret som tar stilling til hvorvidt de spesifiserte dataene kan avgraderes. «Som hovedregel gir Forsvaret samtykke til frigivelse dersom dataene skal brukes til samfunnsviktige formål eller er viktige for næringsutvikling. Dette gjelder særlig dersom dataene er begrenset til et mindre sjøområde. Forsvaret kan sette vilkår i forbindelse med samtykket» (Friisk, 2019).

3.4 Kartverkets metode for kystnær måling

Kartverket disponerer ressurser for egen sjøkartlegging. Denne virksomheten organiseres under Sjødivisjonen og produserer flertallet av alle dybde data som brukes i norske sjøkart. Ettersom Kartverket dermed er den største leverandøren av dybde data i Norge, har det vært av stor interesse for gruppen å beskrive deres metode for kystnær oppmåling, samt organisering og hvilket utstyr som brukes. Dette har gruppen også fått mulighet til, gjennom skipsbesøk på Kartverkets fartøy «*Hydrograf*» (Figur 17) og intervju av toktleder Glenn Maan. Informasjonen i dette delkapittelet er derfor hentet utelukkende fra dette besøket med mindre annen kilde er spesifisert.



Figur 17. Kartverkets fartøy MS Hydrograf (Kartverket, 2018).

Kartverkets ressurser består i første rekke av Sjødivisjonens fartøyer. Dette inkluderer to mindre målebåter for grunnere farvann, «*Lomvi*» og «*Havelle*», samt moderfartøyet «*Hydrograf*». «*Lomvi*» og «*Havelle*» (Figur 18, 19 og 20) er begge utrustet identisk, og bruker multistråleekkoloddet EM2040 (Kongsberg) kombinert med Seapath (Kongsberg) og

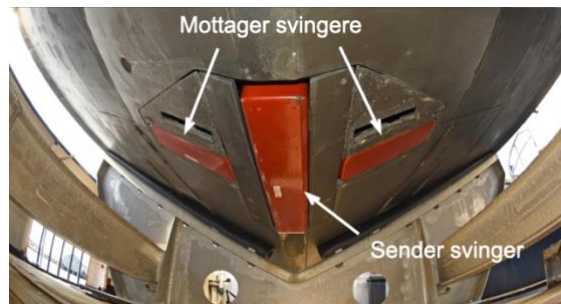
MRU som attitydesensorer. I tillegg brukes flerfrekvens GNSS mottager med CPOS korreksjoner fra Kartverket for posisjonering ned mot centimeternivå. Disse fartøyene er med andre ord meget godt utrustet hva gjelder potensiell systemnøyaktighet, og oppfyller alle Kartverkets egne krav til nøyaktighet og innmåling. Videre er fartøyene også isforsterket og utstyrt med et OLEX system som muliggjør tryggere navigering i områder hvor det ikke finnes offisielle batymetriske data, for eksempel områder rundt Svalbard.



Figur 18. Et av kystverkets to mindre målefartøy (Kartverket, 2018).



Figur 19. Sensorer montert på taket til målefartøyet.



Figur 20. Målefartøyets svingere montert under fartøyet (Kjerstad, 2019).

Til sammenligning brukes fartøyet «*Hydrograf*» til kartlegging i dypere og åpnere farvann. Hydrograf er dermed også utstyrt med nødvendig utstyr for å oppfylle kravene som settes til nøyaktighet og innmåling. «*Hydrograf*» er dog et mye eldre og større fartøy enn «*Lomvi*» og «*Havelle*» og dermed dyrere i drift. «*Hydrograf*» brukes derfor mer som moderskip og losji - og prosesseringsplattform for dybde data som er innsamlet av de mindre fartøyene. Rent praktisk foregår sjømålingene ved at toktleder på «*Hydrograf*» får tildelt et oppdrag fra sjødivisjonens kontor i Stavanger. Oppdragene varierer i størrelse og natur, alt etter hva som er ansett som en prioritet av Kartverket. Måleoppdraget planlegges så av hydrografene på «*Hydrograf*» og utføres ved hjelp av de mindre målebåtene. Disse er bemannet av tre

personer, en båtfører, en hydrograf og en tredje person som kan benyttes til å måle lydprofil, måle dybde med håndlodd og stå som baugvakt. Båtene er ute på måleoppdrag opp mot 12 timer hver dag og vaktordningen ved større måleoppdrag muliggjør også bruk av begge målebåtene samtidig.



Figur 21. Hydrografens arbeidsplass på broen om bord på Hydrograf.



Figur 22. Vakthavende offisers arbeidsplass på broen om bord på Hydrograf. Her kan offiseren overvåke seilassen med navigasjonsinstrumentene nede på bropulten og den batymetriske innsamlingen på skjermene over.

Innsamlede rådata leveres til prosessering om bord «Hydrograf» via minnepenn. Her blir dataene lastet opp på skipets servere og vannstandsdata tillegges dataene for å øke nøyaktighet. I tillegg kan dataene få korreksjoner i ettertid på blant annet posisjonering. Dataene renses også for støykilder som boblestøy og lignende og man kan også manuelt fjerne utliggere som ikke sammenfaller med målelinjene. Dette er en relativt tidkrevende prosess sammenlignet med selve oppmålingen og varierer med oppdragets størrelse, men man kan generelt si denne prosesseringen tar like lang tid som å samle inn dataene (Iversen, 2019).

Som tidligere nevnt er batymetriske data for norskekysten å anse som gradert informasjon etter Sikkerhetsloven. Etterprosesserte data må derfor videreleveres til Kartverkets kontor via kurer. Den videre prosessen innebærer da å tilpasse dataene slik at de kan inkluderes i sjøkartene uten å bryte bestemmelsene rundt publisering av batymetri. Rent praktisk gjøres dette ved at dataene manuelt «filtreres» slik at avstanden mellom de individuelle målepunktene er minimum 50x50 meter og dermed innenfor kravet til oppløsning. Disse

dataene kan overføres til kartdatabasen og inkluderes i sjøkartene, mens data med høyere oppløsning legges i HYBAS. Denne prosessen gjøres manuelt og er dermed meget tidkrevende. Tidsperspektivet fra dybdata mottas hos Kartverket til de kan finnes i sjøkart er flere år, det er dermed her det største effektiviseringspotensialet finnes.

3.5 Autorisering av private aktører

Vi ser i dag en utvikling hvor oppgaver som tidligere har vært ivaretatt av det offentlige legges ut på anbud. Dette kan også være aktuelt innenfor innsamling av batymetriske data. Det finnes i dag flere private aktører som foretar oppmålinger på oppdrag fra kunder og man kan da skille mellom de som er autoriserte og uautoriserte. Per dags dato er det kun to selskaper som er autorisert for sjømåling i Norge, henholdsvis GeoSubSea og Wise Survey (Kartverket, 2018). Hovedforskjellen mellom disse og de som er uautorisert er at autoriserte aktører godkjennes av Kartverket gjennom å dokumentere at de kan levere data innenfor teknisk kravspesifikasjon. Samtidig settes det også strenge krav til organisasjonsstruktur, kvalitetssikring, tekniske løsninger og dokumentasjon som gjør at prosessen med å bli autorisert kan oppleves som komplisert og kostbar (Ueland, 2019).

En felles problemstilling for både autoriserte og uautoriserte aktører er lovverket. Lov om dybdeforhold gjør i utgangspunktet innsamling av batymetri uten tillatelse straffbart. For å kunne måle opp et spesifikt område må derfor både uautoriserte og autoriserte aktører søke på vegne av sin kunde om tillatelse fra forsvaret til å utføre oppmåling. Ettersom resulterende dybdata vil være gradert konfidensielt vil man videre måtte søke forsvaret om avgradering for å kunne utgi denne informasjonen til sin kunde (Ueland, 2019). Forskjellen for autoriserte aktører vil være at Kartverket åpner for at leverandører som ønsker det skal kunne få leverandørklarering, slik at de skal kunne levere graderte data til dem eller andre som er underlagt sikkerhetsloven (Iversen, 2019). På den måten kan kommersielle aktører levere dybdata til bruk i sjøkart.

Kartverket kjøper derimot ikke kartleggingstjenester av private aktører i dag (Ueland, 2019). Dette har ført til at markedet for private aktører innenfor kartlegging er forholdsvis lite. Dette fordi aktuelle kunder stort sett er andre private aktører som ønsker detaljert informasjon om bunnen i områder som er aktuelle for dem. Dette kan for eksempel være oppmåling langs kaier, moloer og i nærheten av nåværende og fremtidige havbruksanlegg (Maan, 2019). Disse kundene stiller som regel ikke krav til autorisering av leverandør og kan være noe av

grunnen til at det i dag bare er to selskaper som har valgt å bli autorisert av Kartverket (Mohn, 2019).

Autorisering kan på den andre siden ha blitt mer aktuelt. Gjennom MAGIN prosjektet har Kartverket i samarbeid med NGU og Havforskningsinstituttet samlet inn svært detaljerte data om havbunnens topografi, beskaffenhet og sammensetning. Disse dataene er grunnlaget for utarbeidelsen av en ny type kart, kalt marine grunnkart. Marine grunnkart vil være meget viktige i forvaltningen av kommunenes sjøområder og de vil også være av interesse innenfor fiske, friluftsliv og forskning (NGU, 2016). Ettersom leveranse av slike data forutsetter at man er autorisert av Kartverket vil MAGIN prosjektet kunne være et insentiv til private aktører om å søke om autorisering. Dette spesielt da det vil være opp til hver enkelt kommune å organisere kartlegging av sine områder gjennom anbudsprosesser, noe som vil åpne opp et nytt marked for autoriserte aktører.

3.5.1 Sammenligning av autorisert og uautorisert bedrift

Det er gruppens syn at autorisering av private aktører kan være aktuelt for å avhjelpe artverkets arbeid. Samtidig er det sannsynlig at flere aktører vil ønske å bli autorisert for å kunne levere data til MAGIN prosjektet og at autoriserte aktører i nær fremtid vil kunne utgjøre en betydelig ressurs hva gjelder sjøkartlegging. På bakgrunn av dette har gruppen i dette underkapittelet valgt å sammenligne en autorisert bedrift og en uautorisert bedrift for å kunne beskrive eventuelle forskjeller i instrumentering, organisering og krav til nøyaktighet. Informasjonen som fremstilles i dette kapittelet er innhentet og godkjent gjennom direkte kontakt med de berørte bedriftene.

3.6 Wise survey

Wise Survey er et kartleggingsfirma med base i Sandnes og ble etablert i 2018 av Automasjon og Data AS. Wise Survey påtar seg oppdrag som omhandler nærlands- og innaskjærs kartlegging med multistråle-ekkolodd, sediment-ekkolodd og sidesøkende sonar. Personellet hos Wise Survey har lang erfaring innen hydrografisk kartlegging, navigasjon, posisjonering og konsulenttjenester (Wise Survey, 2018).

3.6.1 Autorisering

Wise Survey er en av to aktører som er godkjent av Kartverket til å sjømåle og behandle hydrografiske data til navigasjonsformål. Bakgrunnen for å bli en godkjent aktør var for å

ha muligheten til å utføre målinger som kan brukes av Kartverket i offisielle sjøkart. Markedet for uautoriserte aktører er svært begrenset mener Wise Survey. Når ny sikkerhetslov kommer på plass blir det straffbart å utføre gradert høyoppløsnings sjømåling i Norsk territorialfarvann uten tillatelse. Wise Survey beskriver prosessen for å bli autorisert som komplisert og kostbar. Det blir stilt høye krav til organisering, kvalitet, tekniske løsninger og dokumentasjon av nøyaktighet.

3.6.2 Målefarkost

Wise Survey benytter en spesialbygget arbeidsbåt, «Bintang», med fastmontert sjømålingsutstyr. Båten Wise Survey benytter er en 8,5m aluminiums båt (Figur 23). Båten er utstyrt med en Volvo D4 225 hk motor som gir fartøyet en marsjfart på 18 knop. Båten er klassifisert for operasjoner inntil 20 nautiske mil fra kysten, klassenotasjonen er IMCA klasse D.



Figur 23. Fartøyet S/L «Bintang» brukes av Wise Survey til sjømåling (Wise Survey, 2018).

3.6.3 Sjømåling utstyr

Fartøyet er utrustet med ett multistråle ekkolodd av typen EM2040 med 0,7grader x 0,7grader TX/RX transdusere. Dette systemet operer i 200- 400 KHz område. Systemet dekker dybder fra 0,5-500/600 meter i sjøvann, dekningsvinkelen er opptil 140 grader, dette gir dekningsbredde på opptil 5,5 ganger vanddybden. Ekkoloddet måler 256-400 stråler per ping, dette gir en nøyaktighet på 5-10cm i vertikalplanet men er avhengig av dybden.

3.6.4 Posisjoneringsutstyr

Utstyret Wise Survey benytter for posisjonering er et Seapath 330 RTK GNSS system. Dette systemet benytter GPS og GLONASS satellitter, systemet mottar CPOS korreksjonsdata fra Kartverket. Tjenesten overføres via trippel redundant mobil kommunikasjonsløsning. GNSS observasjoner blir logget, dette muliggjør etterprosessering ved bruk av PPP ved behov. Nøyaktigheten for systemet med RTK eller PPP ligger på 2-5cm horisontalt og 5-10 cm vertikalt.

For å korrigere dybdemålingene med fartøyets bevegelse benyttes det MRU. Om bord på Bintang benyttes det en MRU5, dette er en del av Seapath 330 systemet. Data fra MRU5 benyttes i ekkoloddsystemet i sanntid.

3.6.5 Lydprofil og vannstandsmåling

For å beregne lyd hastigheten og få en lydprofil benytter Wise Survey en SAIV SD204 CTD sensor. Lydprofilen blir lastet inn i ekkoloddet og korrigerer så dybdemålingene for avstand og stråleavbøyning. Lokal lyd hastighetsvariasjoner ved transduser måles kontinuerlig med en Valeport miniSVP sensor.

For å korrigere dybdemålingene sammenligner Wise Survey lagrede GNSS høydemålinger korrigert med geoidmodell mot vannstandsobservasjoner fra kartverkets nettverk av tidevannsstasjoner.

3.6.6 Etterprosessering

Wise Survey benytter en rekke etterprosesserings verktøy. Hovedsakelig blir verktøyet fra Eiva brukt. Andre verktøy som blir benyttet er fra Kongsberg, Geocap samt diverse egenutviklet programvare. For å overvåke, planlegge, visualisere og kvalitetskontrollere dybde data benyttes Olex. For å finjustere data før sluttleveranse benyttes CAD og GIS verktøy.

Tid benyttet til etterprosessering av dybde data avhenger av formålet dataen skal benyttes til, dybde hvor en foretar målingene, datakvalitet og sjøbunnstopografi. Det typiske for Wise Survey er å benytte 1-3 ganger innsamlingstid på dypere områder. På grunne områder med tørrfall kan etterprosesseringshastigheten bli inntil 10 ganger innsamlingstid for dataene.

3.6.7 Effektivisering

Utfordringen innen sjømålinger er arbeidet i grunne områder hvor en har lite dekning pr stripe samt mye data og et farlig farvann å ferdes i. Det som kan forbedres i disse områdene er bruken av ASV, fotogrammetri eller bruken av vann penetrerende laser som kan måle land/sjø overgangen ned til rundt 5 meter dybde. Det er og potensial for forbedring og utvikling av bedre metoder og algoritmer for å effektivisere etterprosesserings arbeidet med store datamengder på grunt vann. Man kan for eksempel se for seg bruk av kunstig intelligens i fremtiden.

3.7 Nearshore survey AS

Nearshore Survey AS er et uautorisert kartleggingsfirma lokalisert på Nedre Åstveit nord for Bergen. Selskapet ble etablert i 2013 av Halvor Mohn som har 11 års fartstid fra Kystvakten. Halvor Mohn hadde i perioden 1998-2006 kartlegging som bi-geskjeft gjennom firmaet Sjøservice. Fra 2007 og frem til i dag har han drevet sjømåling på fulltid, først gjennom Argus Survey AS og siden 2013 i regi av Nearshore, da Argus gikk tilbake til å være en ren utstyrspoduserent. Halvor Mohns tidligere firma Sjøservice utførte hovedundersøkelsen for Havsul prosjektet i 2005. Hans nåværende firma Nearshore Survey AS påtar seg en rekke kartleggingsprosjekter som omhandler alt fra å kartlegge sjøkabel traseer, havner, farleder, elver og vassdrag for NVE. Fellesbetegnelsen for disse områdene er at det foregår kystnært, ofte på svært grunt vann og er dermed krevende områder å kartlegge. All informasjon i dette delkapittelet er innhentet via personlige meddelelser til gruppen fra Halvor Mohn.

3.7.1 Målefarkost

Nearshore Survey AS er i besittelse av fire målefarkoster. Det er en 19m arbeidsbåt i stål som benyttes i kystnære områder. En 10m sammenleggbare katamaran (ConCat, Figur 24), denne kan lastes på lastebil eller i en container. En Askeladden 2505 som fraktes på henger, denne farkosten benyttes i havner og kraftmagasin. Den fjerde farkosten en vannscooter, denne benyttes i elver. En typisk klient av Nearshore som benytter denne farkosten er Norges vassdrags- og energidirektorat hvor dataene blir satt sammen med laserdata fra fly i samarbeid med Terratec AS. Vannscooteren er liten og er en del av et portabelt sett som kan sendes med fly om nødvendig.



Figur 24. Nearshore Survey AS bruker den sammenleggbare katamaranen ConCat til oppmåling (Bergen Kommune, 2015).

3.7.2 Sjømåling

Nearshore Survey benytter flere systemer for oppmåling av sjøbunnen. På vannscooteren blir det benyttet en ATEC 400 (Norbit WBMS). På de andre plattformene benyttes ekkolodd fra Kongsberg Maritime (EM3002, EM2040, EM2040C og EM1002.)

Ved benyttelse av systemene nevnt ovenfor logger en data langs parallelle linjer med overlapp. Kravet til datatetthet og dybde bestemmer hastigheten på fartøyet. Ved innsamling av data nært land vinkles strålen/viften maksimalt opp til siden slik at rekkevidden økes og en kan kartlegge så grunt som mulig.

3.7.3 Posisjoneringsutstyr

Til posisjonering benyttes Seapath 380, TrimbleBX982, Trimble 852 og Topcon Legacy-E. For å oppnå en nøyaktig posisjon benyttes det korreksjonssignaler fra CPOS og Fugro Marinestar, begge systemene gir høy posisjonsnøyaktighet typisk for CPOS 8-36mm, Fugro Marinestar oppgir en nøyaktighet på 80mm og lavere. Posisjonsnøyaktigheten er gitt av flere parameter og kan variere etter forholdene (Kartverket, 2019) (Fugro, u.d.). For å korrigere for fartøyets bevegelser benyttes det en MRU-5 samt Ixsea Octans (FOG)

3.7.4 Etterprosessering

Nearshore Survey benytter i likhet med andre aktører flere etterprosesserings verktøy avhengig av hvilke produkt som skal genereres og leveres. Nearshore Survey benytter Olex, Eiva, Surfer og Global Mapper for å bearbeide innsamlet data. Som hovedregel beregner Nearshore Survey å benytte like mye tid til etterprosesserings arbeidet som innsamlingsarbeidet.

3.7.5 Krav

Systemene om bord på fartøyene skal yte i henhold til produsentens spesifikasjoner når korrekt installert, konfigurert og operert. For å verifisere at systemene er innenfor spesifikasjonene utfører Nearshore jevnlig kontroll mot kjente flater/objekter på testområde NCE P20.

De kravene Nearshore Survey forholder seg til er spesifikasjoner satt av klienter og vil dermed variere. Ved levering av tjenester tilknyttet havbruk benyttes NS9415, ved oppdrag knyttet til farleder forholder en seg til Kartverkets spesifikasjoner. Ved oppdrag hvor

spesifikasjoner ikke er satt vil en forholde seg så nært relevante standarder/spesifikasjoner som mulig.

3.7.6 utfordringer

Det er flere utfordringer med å kartlegge ved bruk av de plattformene Nearshore Survey benytter. utfordringer som vanskeliggjør og begrenser systemene er fartøybevegelse, dypgående, luftbobler, egenstøy, rekkevidde, strålebredde, antall stråler og posisjonskvalitet. I tillegg til de utfordringer nevnt ovenfor kommer lokale forhold hvor en kartlegger, dette er da bunntype/reflektivitet, lydshastighetsvariasjon og terreng.

3.7.7 Autorisering/marked

For å ha mulighet til å samle inn data som benyttes i offisielle sjøkart må aktøren som samler inn batymetri være godkjent av Kartverket. Dette er en prosess Nearshore har arbeidet med en stund og har planer om å gjennomføre 1. år. kommende året. Det har tidligere ikke vært aktuelt da det i tidligere prosjekter ikke har vært vilje eller økonomi til å dekke merkostnaden det medfører å ha data som er godkjent til offisielt bruk. Hvis det skulle blitt stilt krav om at bare autoriserte aktører kan kartlegge ville mange prosjekter ha blitt for dyre og dermed skrinlagt. Eksempel på slike prosjekter kan være marinarkeologiske undersøkelser i forkant av tiltak, trasèundersøkelser i forbindelse med legging av sjøledninger for vann/avløp, kommunikasjonskabler og strømkabler mm. Innenfor disse kategorier er ofte evnen til å gjengi detaljer langt viktigere enn absolutt posisjon/dybde.

4 Crowdsourcing av batymetri

Crowdsourcing av batymetri er en metode som kan effektivisere sjøkartleggingsarbeidet. Gruppen skal i dette kapitlet undersøke hvordan crowdsourcing av batymetri kan benyttes for å effektivisere og modernisere sjøkartlegging. Gruppen skal også ta for seg type systemer, kvalitet på data samt utfordringer rundt innsamling og bruken av batymetri. Det finnes flere forskjellige systemer for crowdsourcing av data og for å begrense oppgaven har gruppen valgt å beskrive det mest utbredte systemet for crowdsourcing i Norge, Olex. Gruppen har vært på bedriftsbesøk hos Olex AS i Trondheim og har valgt å beskrive hvordan systemet fungerer, utfordringer rundt systemet og hvordan man kan benytte Olex i arbeidet med innsamling av crowdsourced batymetri.

4.1 Crowdsourcing

Det ferdes i dag flere tusen fartøy langs norskekysten, dette er fartøy som potensielt kan være med på å oppdatere og samle inn informasjon om havbunnen slik at en kan øke forståelsen for havbunnen langs kysten (Kystverket, 2018). Crowdsourced batymetri er batymetriske data som er innsamlet av fartøy som ikke har kommersielle interesser innenfor sjøkartlegging. Slike fartøy samler inn data til eget bruk, og kan dele sine innsamlede data med databaser og andre fartøy hvis ønskelig. Dette kan gjøres på forskjellige måter med forskjellige metoder (IHO CSBWG, 2018). Gruppen skal ta for seg problemstillinger rundt crowdsourced batymetri samt betydningen av det å ha et velfungerende system for deling og innsamling av denne typen data. Gruppen har valgt å se på hvordan Olex samler inn, deler og prosesserer batymetri som et eksempel på hvordan CSB data kan være med å effektivisere sjøkartlegging i Norge.

IHO er den internasjonale organisasjonen som setter standarder og krav for hvordan innsamling av batymetri brukt i offisielle sjøkart blir gjennomført. IHO har i den sammenheng tatt opp problemstillingen rundt lite dekning av batymetriske data og sett på en løsning ved bruk av CSB data. Det er satt ned en intern arbeidsgruppe i IHO kalt crowdsourced bathymetry working group (CSBWG) som ser på hvordan en kan dra nytte av CSB data. Arbeidsgruppen har i den sammenheng utarbeidet en veiledning (Guidance on Crowdsourced Bathymetry) for innsamling av CSB data. Dokumentet er utarbeidet for sjøfarende hvor en oppfordrer og beskriver muligheten for innsamling og deling av batymetri. Veiledningen beskriver hvordan et eventuelt system for deling kan fungere samt

forslag til minimuminstrumentering, feilkilder i systemet, type data og hvordan en skal håndtere, lagre og dele data. Veiledningen er fortsatt et utkast som skal godkjennes av medlemslandene i IHO. Norge er medforfatter av dette dokumentet og har godkjent det (Flier, 2019).

4.1.1 utfordringer

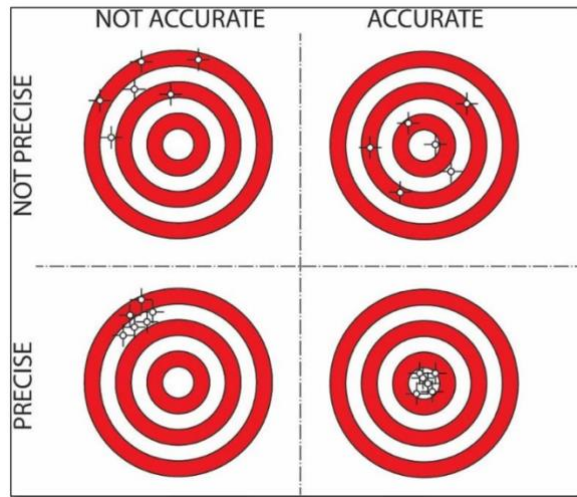
Det er per i dag mye skepsis blant sjøkartverkene rundt om i verden vedrørende bruken av CSB data i offisielle sjøkart. Det jobbes internasjonalt med å få på plass en løsning på hvordan en kan dra nytte av CSB data, dette vil ta tid da det uttrykkes forskjellige meninger internasjonalt (Flier, 2019).

4.1.2 Kvalitet på data

En av de store utfordringene med CSB data er kvaliteten på data. Det stilles strenge krav til utstyr, fartøy og organisasjoner som ønsker å samle inn dybde data som benyttes i sjøkart, dette er krav satt av IHO og Kartverket i Norge. Det stilles i dag ikke krav til nøyaktighet for de som ønsker å samle inn egen dybde data. Det vil i den sammenheng være store variasjoner på kvaliteten på batymetrien man får inn fra forskjellige fartøy som samler inn og deler egen batymetri. Det stilles derfor spørsmål til hvordan man kan kvalitetssikre crowdsourced batymetri slik at en ikke opplever fartøy som grunnstøter på grunn av kvaliteten på batymetrien. All informasjon i dette delkapittelet er hentet fra IHOs utkast til CSB Cookbook.

CSB data kan benyttes til flere formål enn navigering, dataen vil derfor alltid være til nytte men i forskjellig grad etter hvilken kvalitet og hvor mye usikkerhet det foreligger i målingene. Da det er problematisk å fysisk verifisere målinger gjort på havbunnen må man estimere hvor mye usikkerhet det foreligger i målingene en har utført. Dette kan gjøres ved å kartlegge kilder som påvirker målingene og da estimere hvor mye usikkerhet det foreligger i målingene. Brukeren av dataen kan bakgrunn av estimatet ta en beslutning på hvorvidt dataen er egnet til det formålet brukeren skal benytte det til.

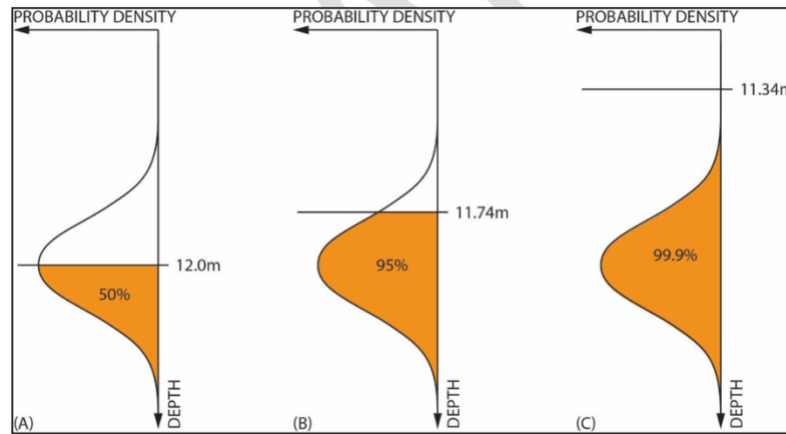
Metoden for å avdekke størrelsesordenen på usikkerheten i målingene er å estimere presisjonen og nøyaktigheten på observasjonene en har foretatt. Ideelt vil estimatene av presisjonen og nøyaktigheten av observasjonen bli kartlagt separat til alle feilkilder er kombinert.



Figur 25. Figuren illustrerer hvordan nøyaktighet og presisjon ikke nødvendigvis betyr det samme (IHO,2018).

Feilkilder som påvirker nøyaktighet og presisjon på målingene er eksempelvis lydprofilen. Denne kan settes som en fast verdi og blir dermed ikke målt kontinuerlig. En vil da observere at målingene ikke er i samsvar med den reelle dybden og man vil derfor ha dårlig nøyaktighet. Dette selv om en observerer at videre målinger er likedan og derfor av høy presisjon. Figur 25 viser hvordan målinger kan være presise, men ikke nødvendigvis nøyaktige. En mulighet er å korrigere denne typen feilkilde med en korreksjon. Det vil være tidkrevende og dermed ikke praktisk å legge inn en korreksjon for feilkildene på hver måling, man kan i stedet estimere hvor mye observasjonene i det aktuelle området avviker og dermed legge dette inn som en usikkerhet i målingene.

Usikkerheten kan fremstilles ved hjelp av en rekke verdier innenfor et gitt spekter hvor en forventer at den reelle verdien vil ligge. Dette kan gjøres ved eksempelvis å oppgi at en grunne vil ligge mellom 12.5m til 14.5 meter (95%, 2σ). En annen metode som kan benyttes er å oppgi en grunne med verdi 14m +/- 0,5m (95%, 2σ). Figur 26 illustrerer et område hvor dybden 12 meter anses å være sann 50% av tiden. En 5% sannsynlighet for å være grunnere enn 12 meter krever 26 cm reduksjon av antatt dybde (IHO CSBWG, 2018). Målinger hvor det ikke foreligger tilstrekkelig informasjon til å benytte statistikk kan en gradere kvaliteten etter dårlig, medium og god kvalitet. En kan og benytte seg av en skala slik en har i offisielle sjøkart (CATZOC) hvor skalaen rangeres fra 1-5 hvor den ene enden av skalaen vil være av best kvalitet.



Figur 26. Dersom man antar at 12 meters dybde er korrekt 50% av tiden, kan en ved å redusere dybden til 11.74 meter øke sannsynligheten til 95%. Ytterligere reduksjon av dybden til 11.34 meter øker dermed sannsynligheten til 99.9% (IHO, 2018).

4.1.3 Implementering av CSB data i sjøkart

Det å benytte CSB batymetri i offisielle sjøkart kan være til stor hjelp for fartøy som ferdes i områder hvor kart er basert på målinger gjort med utdaterte metoder. Faren med å benytte CSB batymetri i offisielle sjøkart er påliteligheten navigatører setter i denne typen målinger. For å enkelt kunne skille hvor i kartet det er tilgjengelig CSB av nyere dato enn batymetrien som ligger til grunn i kartet må det være et tydelig skille mellom offisiell og CSB data. Det benyttes i dag CSB data i offisielle sjøkart i Norge. CSB data av nyere dato blir bare benyttet på områder hvor CSB data viser området i kartet som grunnere enn det gamle eksisterende data viser for det samme området (Flier, 2019).

Områder i kartet hvor CSB data blir benyttet blir gitt category zone of confidence (CATZOC) C eller D etter hvilken kvalitet dataen er av (Flier, 2019). Nøyaktigheten på dybdemålingen i Kategori C beregnes ved bruk av formelen $2m + 5\% \cdot \text{dybde}$. Som vist i Tabell 4 er kategori D oppgitt til å være verre enn CATCOZ C (Admiralty, u.d.).

Tabell 4. Tabellen fremviser de forskjellige kategoriene for ZOC og nøyaktigheten som kreves for å tilfredsstille disse (Admiralty, 2017).

ZOC ¹	Position Accuracy ²	Depth Accuracy ³		Seafloor Coverage	Typical Survey Characteristics ⁵
A1	± 5 m + 5% depth	= 0.50 + 1% d		Full area search undertaken. Significant seafloor features detected ⁴ and depths measured.	Controlled, systematic survey ⁶ high position and depth accuracy achieved using DGPS or a minimum three high quality lines of position (LOP) and a multibeam, channel or mechanical sweep system.
		Depth (m)	Accuracy (m)		
		10	± 0.6		
		30	± 0.8		
A2	± 20 m	= 1.00 + 2% d		Full area search undertaken. Significant seafloor features detected ⁴ and depths measured.	Controlled, systematic survey ⁶ achieving position and depth accuracy less than ZOC A1 and using a modern survey echosounder ⁷ and a sonar or mechanical sweep system.
		Depth (m)	Accuracy (m)		
		10	± 1.2		
		30	± 1.6		
B	± 50 m	= 1.00 + 2% d		Full area search not achieved; uncharted features, hazardous to surface navigation are not expected but may exist.	Controlled, systematic survey achieving similar depth but lesser position accuracies than ZOC A2, using a modern survey echosounder ⁵ , but no sonar or mechanical sweep system.
		Depth (m)	Accuracy (m)		
		10	± 1.2		
		30	± 1.6		
C	± 500 m	= 2.00 + 5% d		Full area search not achieved, depth anomalies may be expected.	Low accuracy survey or data collected on an opportunity basis such as soundings on passage.
		Depth (m)	Accuracy (m)		
		10	± 2.5		
		30	± 3.5		
D	Worse than ZOC C	Worse than ZOC C		Full search not achieved, large depth anomalies expected.	Poor quality data or data that cannot be quality assessed due to lack of information.
		100	± 7.0		
U		Worse than ZOC C			
		1000	± 52.0		
Unassessed - The quality of the bathymetric data has yet to be assessed					

4.1.4 Regelverk

Det er i dag ikke lov til å samle inn og dele dybde data innenfor Norges territoriale farvann uten å ha tillatelse. Dette byr derfor på utfordringer for de som ønsker å samle inn og dele dybde data. Dette på grunn av at aktører som ønsker å samle inn batymetri må være godkjent samt søke Kartverket som videre søker til forsvaret om dispensasjon fra loven. Regelverket legger dermed en demper på hvordan en kan få flere aktører til å dele og samle inn CSB data.

4.1.5 Få fartøy deler data og samler inn data

En problemstilling er at få fartøy deler sine dybde data, dette kan skyldes flere grunner. Det jobbes nasjonalt og internasjonalt gjennom CSBWG og prosjektet Seabed 2030 for å få flere til å dele batymetri. I tillegg jobbes det nasjonalt med Kartverket og Havforskningsinstituttet for å få på plass en samarbeidsavtale slik at forskningsfartøy samler inn dybde data på operasjonsområder samt seiling til og fra havn. Fugro og Carnival Cruises har signert

intensjonsavtale om å bidra til kartlegging, i tillegg er Norske PGS med sin flåte er i ferd med å bidra til kartlegging (Flier, 2019).

Ved innsamling av batymetri trenger en to typer data. Det er hoved dataene (core information) som da er selve målingene og metadata som beskriver hoved dataene. For CSB batymetri er data dybdemålingene samt posisjon og tid på målingene. Metadata gir ytterligere informasjon om dataene, dette er da type ekkolodd, GNSS, dypgang på fartøyet og hvordan sensorene er satt opp på fartøyet. Metadata brukes som hjelpemiddel til å fastsette kvaliteten på dataen, dette er med på å gjøre dataene mer allsidig enn om en bare har dybde og posisjon alene.

Data som er nødvendig for å sende batymetri inn til DCDB er lengdegrad, breddegrad, dybde, dato og tidsstempel. Lengde og breddegrad skal oppgis i WGS84 format med en presisjon på seks desimaler, eksempelvis 19.005236. Det benyttes negative verdier for vest og sør, positive verdier for nord og øst. Dybdedataen skal oppgis i meter med positive verdier med en desimal, eksempelvis 7,3m. Tid og dato skal oppgis i UTC, eksempelvis 2015-08-06T22:00:00Z (IHO CSBWG, 2018).

4.2 OLEX

I denne oppgaven har gruppen begrenset seg til Olex sitt program for oppmåling og kartlegging av havbunnen. Bakgrunnen for valg av Olex er posisjonen de har i markedet samt mengden crowdsourced dybde data Olex sitter på. Olex er et av flere kartleggings programmer som er på markedet. Andre aktører er eksempelvis Furuno med sitt system Time Zero. Gruppen har i den sammenheng kontaktet Ole Benjamin Hestvik som er grunnlegger av Olex.

Hestvik forteller at Olex ble startet i 1997 etter at han i mange år har jobbet i et annet større firma. Han forteller videre at han har vært på flere store skip under bygging og sett at de etter hans syn hadde primitive kartsystemer på broen. Han visste samtidig at staten var i ferd med å lage moderne vektorkart for bruk på norskekysten. På denne tiden var det også flere fiskefartøy som hadde anskaffet seg GPS og ekkolodd. Datamaskiner var også utviklet til å være sterke nok til å kjøre avanserte software. Det var da ideen om at tiden nå var inne for å lage en ny type kartsystem som hadde muligheten til å kartlegge havbunnen med GPS og

ekkolodd, og vise resultatet av kartleggingen sammen med de kommende vektorkartene. Hestvik sa da opp jobben sin og startet opp Olex AS (Hestvik, 2019).

4.2.1 Brukergrupper

Olex systemet ble utviklet primært for yrkesfiskeflåten da en anså at denne målgruppen hadde en reell økonomisk grunn til å være interessert i havbunnens beskaffenhet. Fiskebåter er som regel eid av små firmaer hvor eier selv er om bord og ble dermed sett på som lett å markedsføre mot. Større målgrupper som forsvaret og oljebransjen ble bedømt til å være for vanskelig å selge til på grunn av budsjetter og lange beslutningsveier. Mindre kunder som lystbåter ble ansett for å være for amatørmessig (Hestvik, 2019).

4.2.2 Filtyper og deling av data

Olex systemet er primært basert på egen bunndata, men systemet kan lese inn dybde data som XYZ, det vil si tekstfiler med breddegrad, lengdegrad og dybde. Systemet kan også prosessere rådata fra multistråleekkolodd som blir brukt til kartlegging hos NGU og Kartverket (Hestvik, 2019).

Olex systemet er basert på at en skal ha mulighet til å kartlegge hele havet verden rundt med hjelp av Olex, ekkolodd og posisjoneringssystem. Da jorden består av 70,8% hav vil det være tidkrevende (SNL, 2018). Det er derfor mulig for fartøy med Olex om bord å dele dybde data seg imellom eller via databasen til Olex. Det er ca. 9 000 Olex brukere, rundt 4 000 av disse deler egen batymetri. Grunnen til at få deler egen data kan være en sammensetning av at brukere ikke anser sin dybde data som verdifull og andre brukere anser sin dybde data som for verdifull og dermed ikke ønsker å dele denne kunnskapen. Det er opp til hver enkel bruker hvorvidt de ønsker å dele data. Olex har som hovedregel at de som ønsker å motta dybde data fra databasen må dele egen dybde data med databasen. Data deles ved at fartøy ekstraherer egne loddsudd til en fil som videre blir sendt til databasen via e-post eller ved en annen praktisk metode (Hestvik, 2019).

For å få flere til å dele dybde data må en få opp interessen hos brukere. Dette kan være gjennom organisasjoner som Norges Fiskarlag, Norges Kystfiskarlag og Fiskebåt som er tett på næringen. En opplever at flere deler data hvis en spør om dette. Olex stiller alltid nye kunder spørsmål om de har lyst til å være med på datadeling, en fyller så maskinen med databasen hvis kunden ønsker å være med på dette (Hestvik, 2019).

En annen mulighet Olex har som cruise næringen har dratt nytte av er muligheten for å dele dybde data ved bruk av SMS tjenesten på aisen. Her velger en fartøyet en ønsker å dele data med, det fartøyet som skal motta dybde data må da godkjenne dette. Det blir så sendt koder fra fartøyet som oppmåler havbunnen direkte gjennom AIS funksjonen på Olex maskinen og over til det mottagende fartøyet. En bakdel ved deling på denne måten er at det i sterkt trafikkerte områder ikke er tilstrekkelig båndbredde på frekvensene som benyttes og funksjonen vil derfor ikke fungere (Hestvik, 2019).

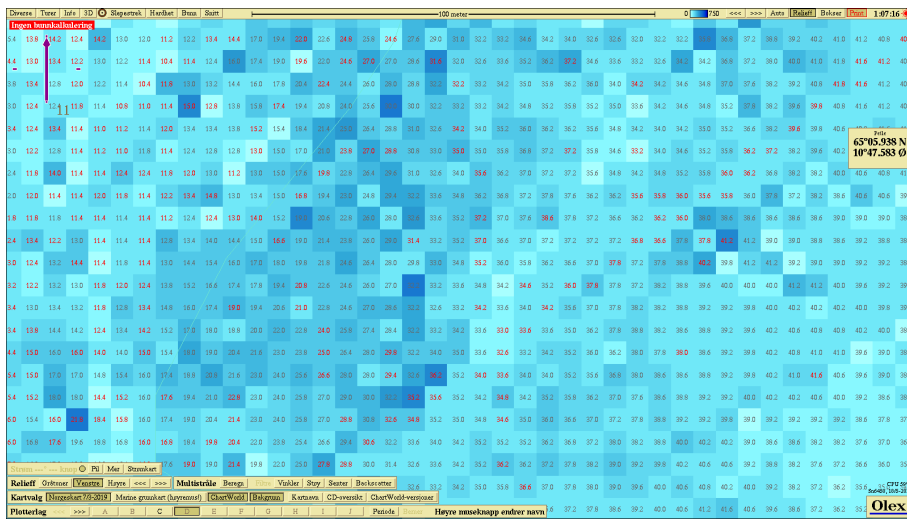
4.2.3 Kvalitet på data

Olex sin database består av 8,6 billioner målinger fra 4 000 fartøyer og dekker hele kysten vår. Selv om databasen er komplett langs kysten er det fortsatt ønskelig at fartøyer deler data for å forhøye kvaliteten på dybde dataen i databasen. En kan sammenligne målinger fra flere fartøyer og dermed renske bort data som ikke sammenfaller med majoriteten av målingene (Hestvik, 2019).

Kvaliteten på delt batymetri vil variere fra hvilket utstyr fartøyet som utfører målingene innehar og hvordan systemet er satt opp og beskyttet. Det er innmåling av sensorene, lydshastighet gjennom vannet, tidevannsmåling og bevegelser på fartøyet som utgjør de største feilkildene. Systemet kompenserer for tidevann men dette er da noe begrenset da lokalt tidevann er en utfordring å ta høyde for til enhver tid. Olex stiller ingen krav til hvilket utstyr fartøyer som vil dele batymetri innehar, men et utelukkende krav for å utføre målinger vil være å ha GNSS utstyr, ekkolodd og Olex systemet montert om bord (Hestvik, 2019).

Hver celle som vises i systemet kan justeres fra 50 meter og ned til 0,01 meter etter behov for oppløsning, hver celle er fordelt jevnt over kloden. Hvert loddsudd blir gitt en celle ut fra posisjon. Ved hjelp av en avansert algoritme finner en flere loddsudd som dominerer målingene, en interpolerer så mellom loddsuddene slik at hver celle som ikke har en konkret måling blir beregnet og gitt en dybde, se Figur 27. Ut fra et loddsudd leter systemet etter andre loddsudd å beregne seg etter, rekkevidden en beregner et loddsudd ut fra justeres av operatøren når en oppretter en ny database. Største radius en kan benytte er 5 000m, en har da en oppløsning på 50meter, den minste radiusen en kan benytte er 1,4meter og da med en oppløsning på 0,01meter. Områder hvor det er få loddsudd vil kvaliteten på dataen avta jo lengre en kommer fra det ekte loddsuddet. Områder hvor det er langt mellom loddsudd vil bli et beregnet område og dermed vil kvaliteten avta. Dybde data som deles

via Olex databasen blir gjennomgått og renses for målefeil. En harmoniserer så loddskuddene med resten av databasen. Enhver som har Olex kan rense og gjennomgå egen dybde data, det er få fartøy som gjør dette selv og i stedet sender data inn til databasen hvor Olex gjennomgår dataen. Fartøy som har gode instrumenter og riktig oppsett som deler egen data kan typisk 80% benyttes videre. Hvis fartøy deler batymetri med kvalitet som ikke er forenelig med normalen vil dataen bli ekskludert fra databasen (Hestvik, 2019).



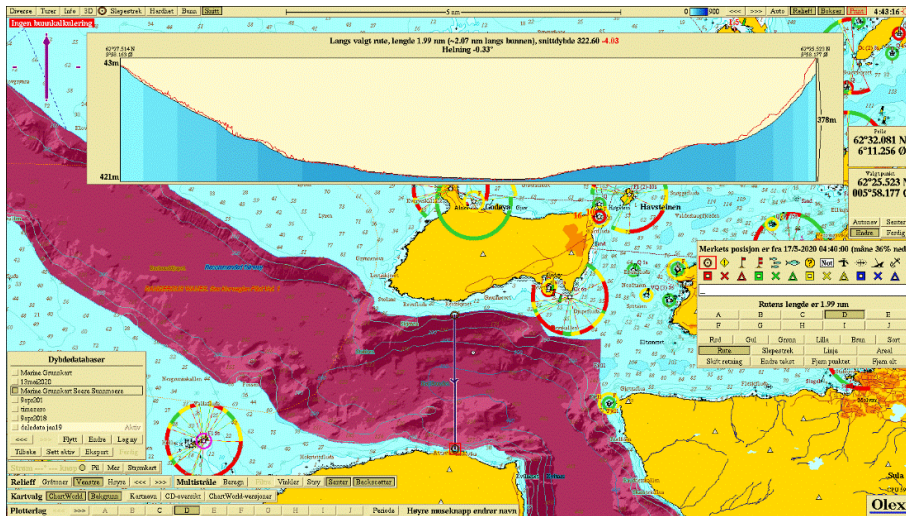
Figur 27. Figuren viser oppbyggingen av celler i Olex. Cellene vi ser her har en størrelse på 5,6m x 5,6m. Røde verdier i cellene representerer faktiske loddskudd. Resterende celler er interpolerte verdier.

4.2.4 Sammenligning av Olex database mot marine grunnkart

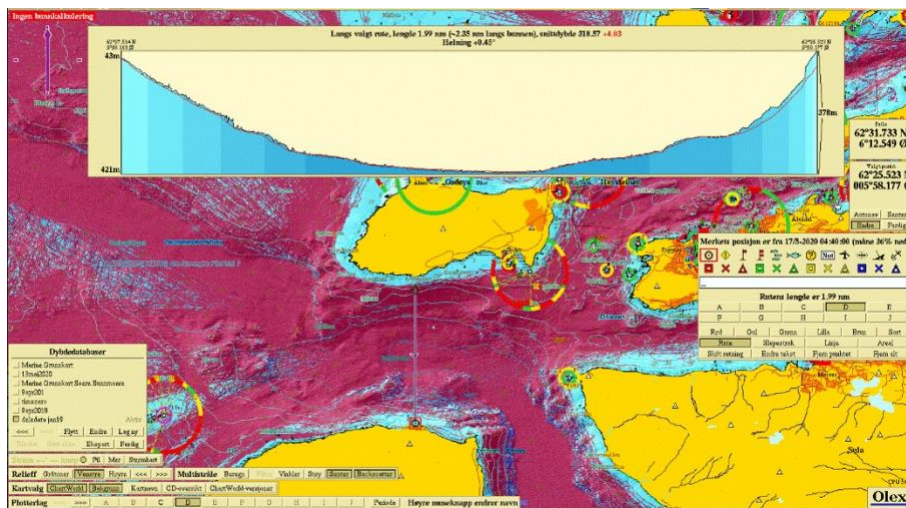
Gruppen har tatt for seg utvalgte områder for å se på hvor stor variasjon det er mellom delt batymetri fra databasen til Olex opp mot multistrålemålinger fra Kartverket (Marine Grunnkart). Området gruppen har valgt er et lite snitt mellom Hareidlandet-Godøy samt Svinøy-Skorpa.

Figur 28 er en skjermdump fra Olex, hvor en kan se et snitt av havbunnen mellom Godøy og Hareidlandet. På snittet vises dataen fra marinegrunnkart som den blå grafen og den røde er data fra dybde databasen til Olex. Gjennomsnittlig dybde over snittets lengde på 2nm er 322,6 meter og varierer fra en dybde på 43m og ned til 421. Når en sammenligner målingene fra MAGIN mot databasen til Olex, Figur 29, ser en at databasen til Olex har et gjennomsnittlig avvik på 4,03m hvor avviket er størst i terrenget som er brattest. Dette vises tydelig på høyre siden av grafen. Olex har da målt dybdene som grunnere enn det Kartverket har gjort da de kartla området. Avviket er dog størst hos Olex hvor det er færrest målinger. Illustrasjon Hareid-Godøy Olex viser målinger gjort av Olex fartøy som lilla stiplet linje,

her kan en se at det er færre fartøy som delt målinger nært Hareidlandet som da er til høyre i grafen.

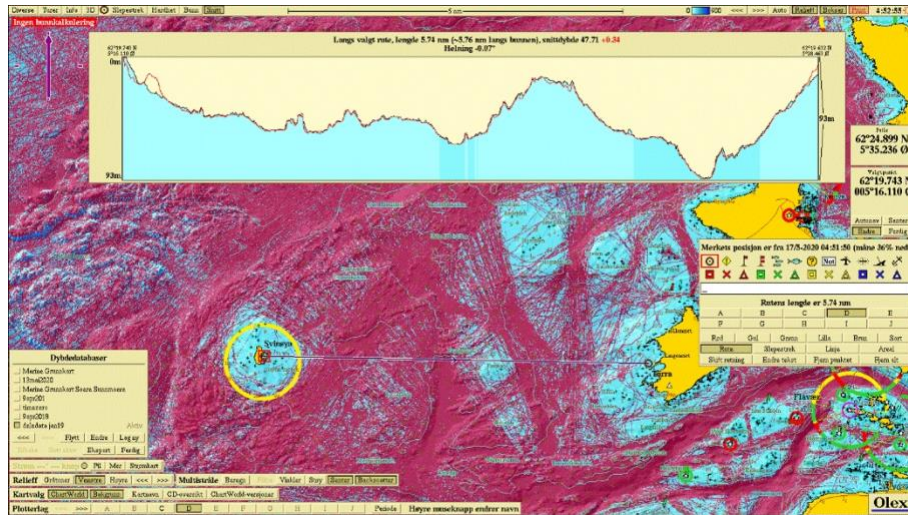


Figur 28. Figuren viser Magin data fremvist i olex i farvannet Godøy - Hareid.

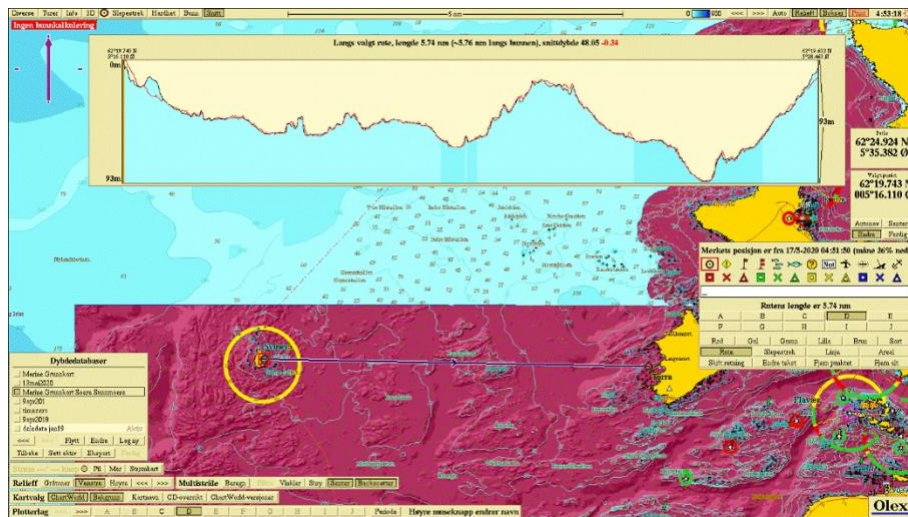


Figur 29. Figuren viser innsamlet data fremvist i olex i farvannet Godøy - Hareid.

Figur 30 viser snittet av havbunnen mellom Svinøya og Skorpa. Snittet strekker seg over 5,74 nautiske mil og har en gjennomsnittsdypde på 47,71m. Snittet Svinøya-Skorpa i Figur 31 viser målingene fra MAGIN som den blå delen av grafen. Her ser en at gjennomsnittsavviket mellom Olex databasen og MAGIN er på 0,34m. En kan her observere en likhet med målingene gjort mellom Godøy og Hareidlandet hvor avviket er størst nærmest land hvor færre fartøy har delt dybde data.



Figur 30. Figuren viser innsamlet data fremvist i Olex i favannet Svinøya – Skorpa.



Figur 31. Figuren viser Magin data fremvist i Olex i favannet Svinøya - Skorpa.

Da de fleste fiskefartøy benytter fiskeriekkolodd med forholdsvis bred strålebredde, blir bratte dalsider og bakker kunstig flyttet mot midten av dalen. Da dataen målt i bratte sider av fiskeren likevel er repeterbar hjelper det ikke å teoretisk kartlegge dybden da fiskeren måler samme verdi på samme sted ved flere anledninger.

4.2.5 Problemstilling rundt Olex

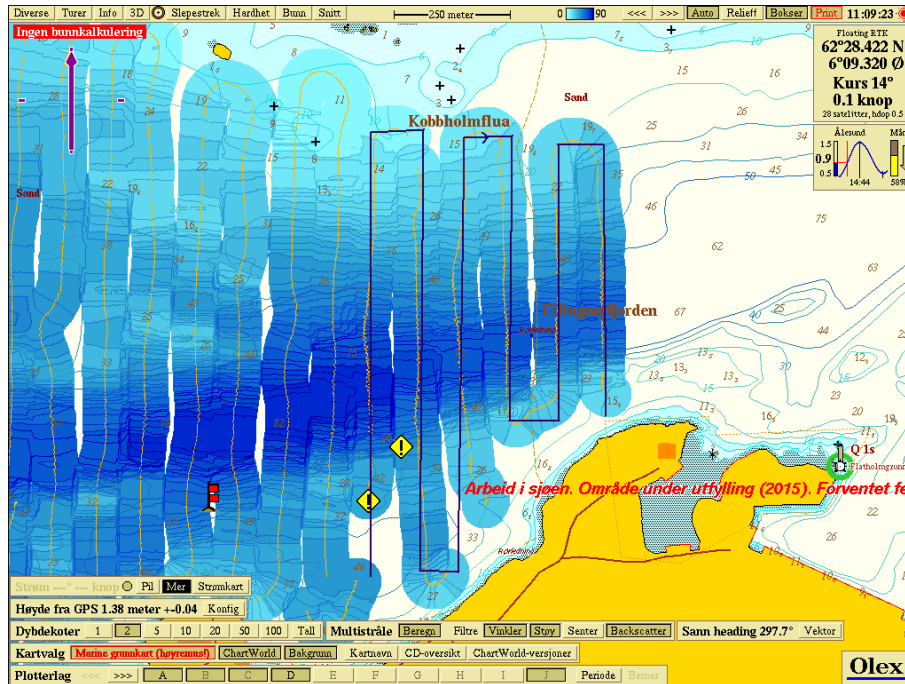
Skal loven om optak av dybdedata tolkes etter ordlyden vil enhver som kartlegger havbunnen innenfor territorialgrensen uten autorisasjon være i strid med lovverket. Dette blir da problematisk for brukerne av Olex. Det er derfor utarbeidet et unntak fra loven hvor en anser at en ikke kan kartlegge havbunnen med tilstrekkelig oppløsning og dermed ikke er i strid med lovverket. «Departementet forstår det slik at utstyr brukt i fiskeleting og til

sikker navigasjon ikke vil oppta eller bruke informasjon som faller innenfor angitt sikkerhetsgradering. Brukt på ordinær måte, vil opptak og bruk av informasjon gjennom slikt utstyr derfor falle utenfor forbudet» (Regjeringen, 2016).

En annen problemstilling med Olex er deling av batymetri. Olex deler bare batymetri med de som deler tilbake. Dog deler Olex batymetri med aktører som driver forskning, eksempelvis har Olex delt data med prosjekter som GEBCO, IBCAO og SEABED 2030. Andre aktører fra eksempelvis oljenæringen er ikke aktuell å dele data med, dette på grunn av at brukere har gitt data til Olex på vilkår om at data ikke skal deles med andre enn Olex. Det er derfor ikke aktuelt å frigi batymetri fra databasen fritt til alle. Olex har sagt seg villig til å dele dybde data med IHO med den forbehold at dataen skal benyttes til det formål å utarbeide sjøkart. Utenom dette må en gå til hver enkel bruker av Olex for å få frigitt dybde data som skal benyttes til andre formål. En metode som kan benyttes for å få fartøy til å dele dybde data med IHO/Kartverket kan være å gi en påskjønnelse. Påskjønnelsen kan være i form av et flagg, rabatter på ENC kart eller gratis kart (Hestvik, 2019).

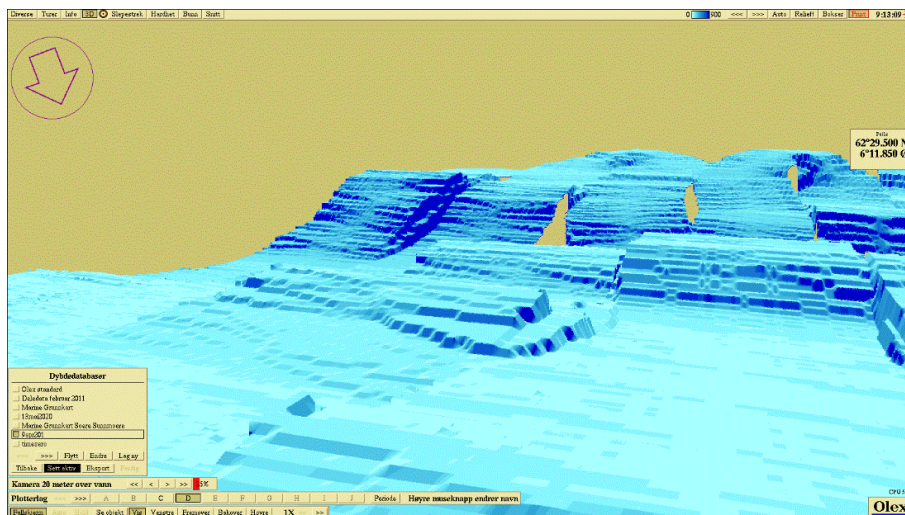
4.3 Feltarbeid med Olex og TimeZero

Gruppen har vært ute med fartøyet til Norvald Kjerstad og foretatt dybdemålinger med bruk av enkeltstråle ekkolodd på Olex og et multistråle ekkolodd på TimeZero. Område som skulle kartlegges var ytterkanten av Ellingsøyfjorden rett nord for Ålesund. Området gruppen skal kartlegge har en maks dybde på 80m, det grunneste området som ble kartlagt var 10m. Gruppen tegnet opp et grid med seks linjer med en avstand mellom hverandre på 80m. Linjene ble lagt på tvers av Ellingsøyfjorden mellom Kobbholmane og Verpingsvika i forkant av målingene, se Figur 32.



Figur 32. Figuren viser hvor og hvordan gruppen gjennomførte oppmålingen med enkeltstråle.

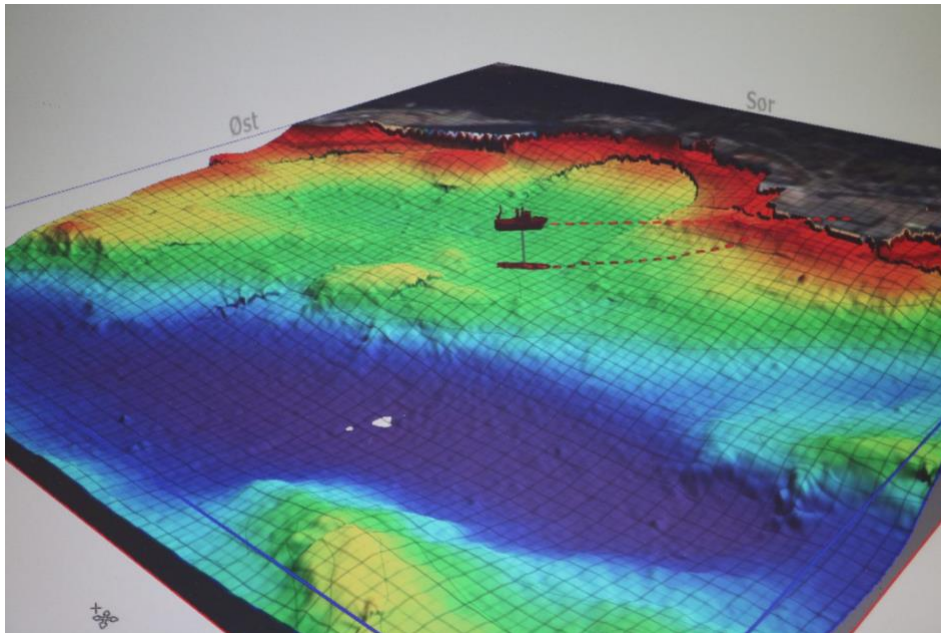
En startet så målingen med Olex først ved bruk av enkeltstråle ekkoloddet. Under målingen oppdaget gruppen at en mistet korreksjonen fra Fugro Marinestar, alarmgrensen for estimert høyde fra GNSS målingen var da satt til 1m mens målingen målte 3,49m. Dette inntraff to ganger og begge gangene oppsto helt sør på feltet mot Akslafjellet. Årsake vurderes å være på grunn av skjerming av geostasjonære satellitter.



Figur 33. Figuren viser 3D modell av oppmålt data med enkeltstråle ekkolodd visuelt fremstilt i Olex.

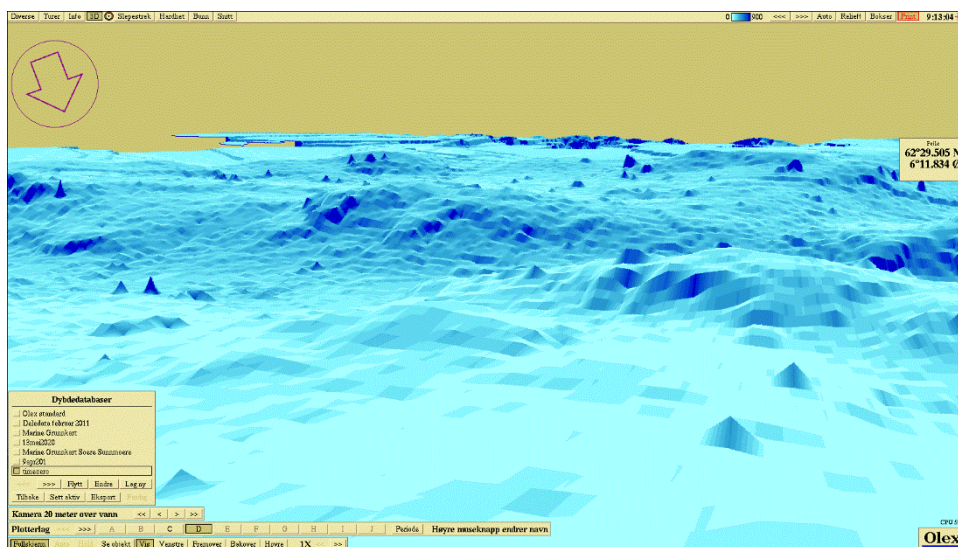
Da målingene med Olex var gjennomført utførte vi målinger i samme område med TimeZero og da et multistråle ekkolodd. Når en kartlegger med multistråle går en langs med

bakken/dalen og følger da dybdevotene, dette er det motsatte av det en gjør med enkeltstråle ekkolodd.



Figur 34. Figur av område oppmålt med multistråle ekkolodd. Visuelt fremstilt av TimeZero i 3D.

Etter endt måling overførte gruppen målingene gjort med TimeZero til Olex maskinen, se Figur 35. En konverterer da filen fra TimeZero over til en xyz fil som da er kompatibel med Olex systemet.



Figur 35. Figuren viser 3D modell av multistråle data visuelt fremstilt av Olex.

Når en sammenligner målingene gjort med multistråle mot enkeltstråle kan en observere at bakker blir brattere og terrenget mer kupert enn hva målingene med multistråle viser, sammenlign Figur 35 mot Figur 33. Dette er på grunn av at en med enkeltstråle har vanskeligheter med å skille hvor loddkuddet treffer på bunnen da det er relativt bred strålebredde på enkeltstråle ekkolodd mot multistråle ekkolodd. En annen årsak er antall

loddskudd multistråle ekkoloddet sender ut. Systemet får flere loddskudd å beregne dybder ut fra og dermed er det lettere å få frem terrenget.

Fartøyet som ble benyttet til målingene er en 36 fot Viknes. Fartøyet er utrustet med enkeltstråle ekkolodd, multistråle ekkolodd, samt posisjoneringsutstyr. Enkeltstråle ekkoloddet som er tilknyttet Olex maskinen er av typen Simrad EK80 som operer med en frekvens på 120kHz. Til posisjonering på Olex maskinen benyttes det Trimble BX982 med korreksjonssignal fra Fugro Marinestar. TimeZero maskinen er koblet opp mot et multistråle ekkolodd av typen Furuno DFF3D. Da det er nødvendig å vite fartøyets bevegelse ved bruk av multistråle ekkolodd har TimeZero maskinen input fra et satellitt-kompass av typen Furuno SC-30. Dette kompasset måler fartøyets heading, roll og pitch med nøyaktighet på 1.0°rms.

5 Alternative metoder for oppmåling

I dette kapittelet skal gruppen gå igjennom hvordan man kan effektivisere dagens prosess og hvordan ny teknologi kan implementeres i dagens drift. Gruppen har valgt å se nærmere på teknologien innenfor domeneene luft, overflate og under overflaten.

Batymetriske data blir i dag innhentet av fartøy som går i et repetitivt mønster, gjerne med multistråle ekkolodd. I dagens tempo med arbeidsdager fra 07:00 til 19:00 ved gruntvanns operasjoner estimeres det at for å få høypresisjons kart av norskekysten og Svalbard vil dette ta minst 30 år for innsamling av data alene (Menon Economics, 2016). For at dette arbeidet skulle vært gjort mest mulig effektivt burde man se drift av plattformen 24 timer i døgnet, 7 dager i uken. Av praktiske hensyn knyttet til mannskapet og deres hviletidsbestemmelser er dog ikke dette mulig med dagens organisering. En autonom plattform ville derimot kunne utføre disse repetitive arbeidsoppgavene på døgnbasis, året rundt og i teorien kun begrenset av eksterne forhold som vær og vind, ikke ulikt dagens metoder utført av mennesker. Plattformen styrt av et nøyaktig DGNS posisjonering system via et moderskip ville kunne jobbe gjennom natten når mannskapet hviler og bistå mannskapet på dagtid under normal operasjon av bemannede plattformer. Systemene og teknologien bak de systemene gruppen har valgt å beskrive er per i dag tilgjengelig på markedet og er til dels testet for dette formålet, samtidig som den er produsert og utviklet i Norge og dermed i teorien egnet for norske forhold.

5.1 Autonome plattformer

Definisjonen på autonomi er følgende: 'Independent and having the power to make your own decisions' (Cambridge Dictionary, u.d.). Definisjonen på autonomi i sammenheng med droneteknologi, beskriver en enhet som enten flyr, flyter eller dykker og som både kan fjernstyres eller operere selvstendig samtidig som den har datakraften til å ta egne beslutninger basert på informasjon enheten innhenter og prosesserer selv. Den moderne droneteknologien vi kjenner i dag kan hovedsakelig deles i to kategorier, militær og sivil. Det var den militære teknologien som tidlig på 2000-tallet gjorde større fremskritt teknologisk og har vært med på å danne den teknologien vi kjenner i dag. I det militære aspektet finner vi luftdomenet hovedsakelig to kategorier, overvåkning og våpenbærende (SNL, 2019). Overvåkingsdronene driver med overvåkning fra stor høyde med et høyoppløselig kamera for å skaffe informasjon. De våpenbærende dronene er derimot utstyrt

med stridsmateriell for å kunne drive krigføring uten menneskelige tap på egen side. I havdomenet finner vi også minesøkende droner som skal kunne søke etter miner uten å måtte sette eget mannskap i fare.

Det sivile markedet har de siste årene gjort store teknologiske fremskritt, som har ført til en stor økning i salg av denne teknologien. I luftdomenet finner vi hovedsakelig overvåkingsdroner. Dronene er utstyrt med et mindre gyrostabilisert kamera som er hovedsakelig ment for hobbyfotografering. Det brukes også droner til å overvåke miljø, været, landbruk, bygge masser og i søk og redningsoperasjoner (SNL, 2019). I havsjiktet finner vi hovedsakelig droner ment for overvåkning, med et høyoppløselig kamera og kraftige lys for å kunne se under havoverflaten.

Teknologien som nevnes kan for eksempel implementeres ved bruk av autonom funksjonalitet i plattformene som gjør det mulig at disse jobber ved siden av eksisterende plattformer for sjømåling. Man kan se for seg at droner sjøsettes fra et moderfartøy eller fra land ved oppstart av sjømåling av et nytt område, for å så kunne jobbe selvstendig innenfor en viss tidsperiode. Av vedlikeholds grunner kan dronene returnere til moderskipet eller land for en daglig service og inspeksjon, frem til det utvalgte området er oppmålt.

Kartverket bruker i dag et system som definerer det geografiske området for hvert oppdrag. Via dette systemet overføres det geografiske området til maskinene om bord i dagens fartøy, og man kan se for seg en integrering av dette systemet med ny teknologi for å definere ytterlinjene i det geografiske området som skal oppmåles. På grunt vann i rolige forhold kan for eksempel Maritime Robotics sin Otter drone brukes, mens det i områder med dårligere forhold og på grunt eller dypt vann kan brukes en større drone, som eksempelvis Mariner. På svært dypt vann kan det tenkes at man kan kombinere bruken av Kartverkets fartøy «Hydrograf» sammen med et autonomt undervannsystem, som for eksempel Kongsbergs HUGIN. Inne i fjorder kan også mariner erstatte «Hydrografs» rolle med HUGIN slik at «Hydrograf» kan brukes til annet eller lignende arbeid i nærheten.

En bakdel med å ta i bruk slik teknologi er at dette vil være en stor engangs investering, og vil sannsynligvis kreve et større mannskap om bord på «Hydrograf», med mer variert bakgrunn enn i dag. Dette vil igjen komme til å kreve en økning i budsjettbevilgninger til Kartverkets drift av «Hydrograf». Utstyret kommer til å kreve opplæring av mannskapet

som med flere plattformer kan være tidkrevende. På den andre siden viser Menon economics rapport fra 2016 at effektiv innsamling av dybde data innen 2036 forutsetter effektivisering og utvidelse av dagens metode. Rapporten skisserer for eksempel en økning av ressursnivået til 2 innleide fartøy. Da tar også rapporten utgangspunkt i at kostnaden av å vedlikeholde «Hydrograf» i 2025 overskrider prisen av et innleid fartøy og hydrograf blir da erstattet av et av de to tidligere nevnte fartøyene (Menon Economics, 2016). Skulle staten og Kartverket gå for en løsning hvor man leier inn ekstra fartøy for å øke kapasiteten, kan man se for seg at noe av disse pengene kan gå til å kjøpe inn eller leie inn autonomt utstyr, da dette sannsynligvis vil kreve mindre bemanning og dermed kunne vise seg å være et billigere alternativ.

5.1.1 Autonomus Underwater Vehicle

For undervannsdømmene har gruppen valgt å se nærmere på Kongsberg Maritime sin HUGIN AUV. HUGIN kommer i to versjoner, HUGIN (Figur 36) og HUGIN superior (Figur 37). Begge har lik utforming med et hovedskrog formet som en sylinder. HUGIN tilpasses kundens ønske med et modulært design som kan bygges på etter nyttelasten den skal bære. Lengden varierer fra 5.2 meter til 6.6 meter, og diameteren varierer fra 0.75 meter til 0.875 meter (Kongsberg, 2019). HUGIN bruker elektrisk fremdrift og kan utstyres med opptil 6 batterier som gir en driftstid på opp til 72 timer ved 3 knops drift, forutsett at sensorene er i drift 90 prosent av tiden. HUGIN operer autonomt og kommuniserer med moderfartøyet for posisjonering underveis via HIPAP USBL med Kongsbergs eget HIPAP 502 system. HUGIN og moderfartøyet kommuniserer via cNODE som gir akustiske kommandoer og fungerer som en data link. HUGIN kan også kommunisere med moderfartøyet via WiFi, Iridium og UHF radiolink når den kommer opp i overflate, slik kan også data overføres raskt i store mengder mellom dykkene. I tillegg til HIPAP bruker også HUGIN Micro-Navigasjon, dette er noe Kongsberg har utviklet sammen med FFI og bruker HISAS sensoren og programvaren til å hjelpe til med navigeringen. Dette har vist seg å være svært nøyaktig og man har sett en feilmargen mindre en 0,04 prosent av avseilt avstand i en rett linje. Dette gjør også at det kan gå lenger mellom kommando beskjedene mottatt via cNODE og HUGIN kan operere ned til dybder på 6000 meter. Med HIPAP 502 tilfredsstillter HUGIN IHO44 som betyr at dataen innhentet er gode nok til å lage navigasjonskart godkjent av sjøkartverket. (Gran, 2019).

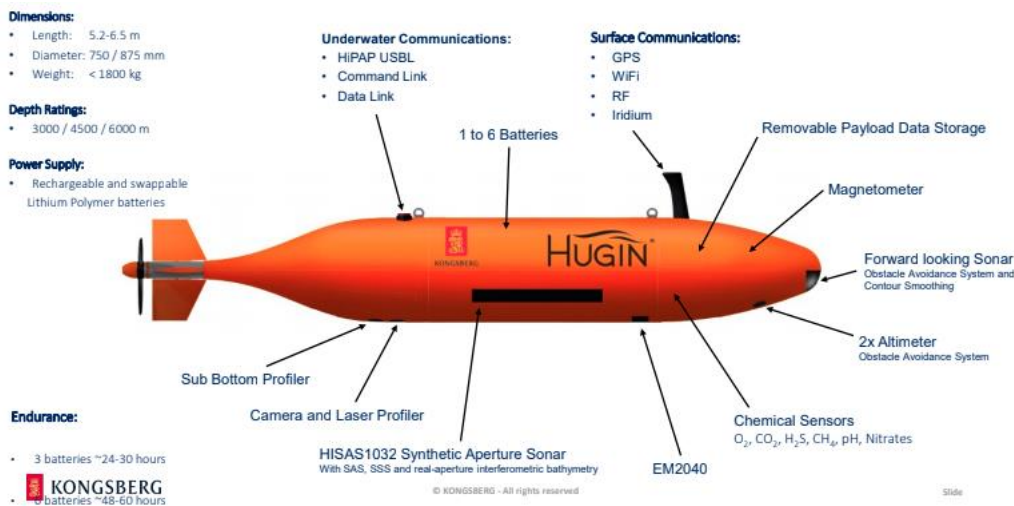


Figur 36. HUGIN AUV (Kongsberg Maritime, 2019).



Figur 37. HUGIN superior (Kongsberg Maritime, 2019).

HUGIN er utviklet for batymetri og havbunnsobservasjon og kan utstyres med multistråle ekkoloddet EM 2040 og HISAS 1032 i tillegg til en rekke andre sensorer beskrevet i Figur 38.



Figur 38. Hugin med oversikt over sensor, batteri og nyttelast kapasitet (Kongsberg Maritime, 2019).

HISAS 1032 er en syntetisk sidestrålende sonar hvor dataen etterprosesserer til å skape en smal nøyaktig stråle som har muligheten til å skape svært høyoppløselige grafiske bilder av havbunnen ned til fire cm nøyaktighet. Dataen kan også innhentes på opptil 1000 meters avstand i to knops fart (Kongsberg, u.d.). HUGIN sjøsettes og innbringes fra en egen rampe på dekk. Kongsberg meddeler i mail til oss at de ikke anbefaler at HUGIN sjøsettes i mer sjø enn seastate 4. Men at også dette må vurderes etter mannskapets erfaring. Dersom været skulle forverre seg i løpet av operasjonen kan man returnere HUGIN til overflaten og sette farkosten i loiter-mode. Da settes farkosten i hvilemodus og kjøre sakte rundt i ring for å spare batteriet (Gran, 2019).

HUGIN plattformen har vært på markedet siden 2000 og Kongsberg Maritime har solgt ca. 70 HUGIN systemer per dags dato der noen begynner å regne som eldre. Kongsberg har mottatt meget gode tilbakemeldinger med spesielt skryt av kvaliteten på dataene og driftstiden (Gran, 2019).

5.1.2 Unmanned Surface Vehicle

Hva gjelder ubemannede overflate fartøy har gruppen valgt å se nærmere på Maritime Robotics sine droner kjent som Mariner og Otter. Mariner systemet er en større og tyngre plattform ca. 6 meter lang, designet for bruk i åpent farvann. Otter systemet er en lett plattform med total lengde på ca. 2 meter som er designet for lukkede farvann slik som havner, elver og innsjøer. Begge fartøyene har lang driftstid og er ment for autonomt bruk, men under overvåkning og med mulighet for at operatør griper inn. For Maritime Robotics har innsamling av batymetri med disse plattformene vært et stort fokus og man har spesielt hatt i tankene områder med store endringer i topografien grunnet havsetninger som på grunt vann fra null til ti meter dybde lar seg påvirke av bølger og tidevann. Dette resulterer i at finmaterialet vaskes ut på dypere og roligere vann. Begge systemene kan også bære et stort utvalg av nyttelast for maritim forskning utenom en batymetriske sensorer (SNL, 2017).

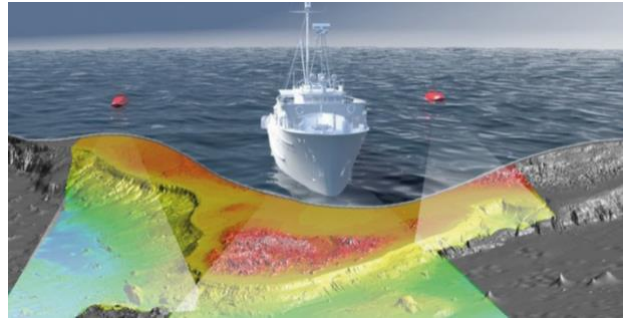
Otter plattformen er en mindre plattform ment for bruk i lukket farvann. Systemet er ment for å være svært mobilt og skal kunne transporteres med varebil. Systemet skal også kunne få plass i lasterommet på fly dersom nødvendig. Otter er en to meter lang katamaran konstruksjon med elektrisk fremdrift i begge skrogene (Figur 39), med en driftstid på batteri beregnet til 20 timer (ved to knop). Den elektriske propellfremdriften festet langt bak på skrogene, bak batymetrisensoren gjør dronen manøvrerbar samtidig som den fra gir lite thruster støy som kan forstyrre eventuelle sensorer.



Figur 39. Figuren viser Maritime Robotics' Otter plattform sett forfra (Maritime Robotics, 2019).

Den lave katamaran konstruksjonen gjør den svært egnet for vindfulle men lukkede farvann da den har en liten overflate utsatt for vind. Maritime Robotics anbefaler dog at plattformen ikke brukes i mer enn lett bris (opp til 5,4m/s) eller 3 på Beauforts skalaen (Hepsø, 2019). Konstruksjonen er derimot relativt lett med sine 95 kilo noe som gjør den sårbar for bevegelse fra bølger og det er i hovedsak dette som avgjør når systemet kan brukes.

Plattformen er konstruert spesielt for havområder med sandbunn i tankene. Dette er områder der havbunnen konstant forandrer seg ettersom sanden flyttes rundt av havstrømmene. Visjonen er da at en eller flere Otter systemer skal kunne overvåke disse havområdene slik at man til enhver tid har oppdaterte batymetriske data for det aktuelle området. Otter plattformen skal kunne brukes med følgende manøvreringsmoduser; Under manuell kontroll fra en kontrollstasjon. Automatisk søk hvor man definerer et område som skal måles og et mønster som søket skal gjennomføres i også gjennomfører systemet automatisk et fullt søk av område. Setter man fartøyet i denne modusen må man fortsatt overvåke farkosten slik at den ikke kolliderer med andre fartøy. Siste alternativ er når man setter plattformen i «formation mode», dette gjør at plattformen seiler i en valgfri formasjon med et eller flere andre fartøy (Figur 40).



Figur 40. Figuren viser hvordan Maritime Robotics sine autonome plattformer skal kunne seile i formasjonsmodus med andre fartøyer (Maritime Robotics, 2019).

Otter plattformen har vært på markedet siden 2017 og per i dag regner Maritime Robotics at det er ca. 15 plattformer i operasjonell drift i verdensdelene Asia, Amerika og Europa. Ifølge produsenten har de fått gode tilbakemeldinger på systemene (Hepsø, 2019).

Mariner plattformen har en lengde på ca. seks meter. Denne plattformen er også ment for å være svært mobil og skal kunne fraktes i en 20 fots konteiner eller på en vanlig båthenger. Mariner fås med ren diesel drift eller diesel-elektrisk hybrid drift. Uansett så får man lang drifts tid på opp mot 50 timer (ved fem knop) avhengig av fart og miljø belastning (sjø, vind og strøm). Farkosten kan utstyres med vann-



Figur 41 Illustrasjon av Maritime Robotics' Mariner plattform (Maritime Robotics, 2019).

jet eller hekkaggregat og baug truster for god manøvreringsevne. Her finner vi igjen batymetriske sensorer plassert forenfor fremdriftssystemene som hindrer mest mulig truster støy for svingeren. I tillegg gjør Mariner sitt lave overbygg og størrelse til et godt valg for bruk langs den værharde norskekysten, da spesielt i litt åpnere havområder hvor otter systemet eventuelt ikke strekker til. Maritime Robotics oppgir at systemet er ment til bruk

opptil liten kuling (13,8m/s) eller da 6 på Beauforts skalaen, men fremholder at de har testet systemet i full storm nært land i fjordbølger (Hepsø, 2019).

Mariner systemet har vært på markedet siden 2011 og i dag er det kun ett Mariner system i operasjonell drift og de har ifølge Maritime Robotics fått gode tilbake meldinger på også systemet (Hepsø, 2019). Mariner farkosten kan også utstyres med hydroakustisk utstyr noe som gjør den perfekt for å samhandle med teknologien vi har valgt å se nærmere på i segmentet under havoverflaten.

Begge plattformene kan sjøsettes fra et moderfartøy, Otter via kran og Mariner via kran eller davit med egen krybbe. Oppstartstiden er svært kort, da man med Otter systemet kan være i drift i løpet av 10-15 minutter og med Mariner systemet 20 minutter til oppstart og ti minutters utsettingstid. Man kan dermed si at det daglig i drift med disse to plattformene ikke nødvendigvis vil påløpe ekstra tid, og at eventuell tid tapt kan innhentes ved at plattformene kan være lengre i drift.

Operatøren kan overvåke dronene fra en Vehicle Control Station (VCS) om bord på enten dagens plattform eller moderfartøyet. Plattformene kommuniserer med VCSen via enten 4G, VHF eller Satellitt. Med ett intuitivt grafisk brukergrensesnitt som viser sanntidsposisjon i sjøkartet, med mulighet for direkte overføring av batymetriske data, AIS, video og radarbilde fra farkostene (Hepsø, 2019).

5.1.3 Unmanned Aerial Vehicle

Innenfor luft domenet har gruppen valgt å undersøke bruken av grønn laser og potensialet dette har for batymetrisk oppmåling i grunnere områder. Produktene som i dag oppfyller kravene fra IHO til kvalitet og posisjonering er relativt store og må som regel spesialmonteres på et tilpasset småfly som for eksempel Cessna C208. Gruppen har i undersøkelsesfasen til oppgaven sett nærmere på muligheten for bruk av mindre luftbårne enheter, disse kan gjerne fjernkontrolleres og bruker en mindre LIDAR enhet montert under. Bakdelen med denne teknologien er at den i dag ikke oppfyller kravene IHO stiller til utstyr brukt til sjøkartlegging. Teknologien har en spennende fremtid og utvikles rask, det er sannsynlig at en i løpet av få år vil se produkter med denne teknologien erstatte dagens metode hvor det kreves småfly med en stor sensor montert under.

Batymetrisk oppmåling med laser fungerer ved at det sendes ut en farget laser, gjerne grønn, da denne fargen penetrerer havet best. I tillegg sendes det ut en infrarød laser og det tas bilder med et høyoppløselig kamera. Den grønne laseren penetrer havoverflaten treffer havbunnen og reflekteres tilbake til sensoren under flyet. Det infrarøde lyset har ikke like god penetreringsevne og reflekteres av havoverflaten. Slik har man da definert både havoverflaten, havbunnen og en dybde (Menon Economics, 2016). I tillegg tas det bilder med det høyoppløselige kamera slik at dette kan brukes som et kartlag og brukes til å kontrollere eventuelle feil eller såkalte «blackspots» under oppmålingen.

Kartverket la i 2016 ut et prosjekt for anbud februar 2016 for oppmåling med laser av kysten og gruntvannssonen på søre Sunnmøre. Prosjektet ble for dyrt denne runden og selv etter en redusering på 25 prosent av omfanget kom man ikke innenfor de økonomiske rammene. Etter en ny anbudsrunde i juni 2016 kom man til en avtale med selskapet Terratec om oppmåling på vegne av Kartverket (Kartverket, 2018). Området som skulle kartlegges på søre Sunnmøre er definert som fra fem meters dybdekurven hvis denne eksisterer, hvis ikke, fra ti meters dybdekurven og inn 50 meter på land. Kravet til nøyaktighet fra Kartverket var fire punkter definert som sjøbunn innenfor hver celle på en kvadratmeter. Dette var et krav som måtte innfris ned til tre meter, med ønske om innfrielse også ned til fem meter under sjøkartnull. Etter endt prosjekt ble det skrevet en svært gjennomgående rapport for prosjektet med en del gode læringspunkter (Kartverket, 2018).

Det man tidlig så er hvor viktig siktedjupet er. Fargen på havet og havbunnen var til stor påvirkelse for sluttresultatet. I områder med mørkt hav eller mørk bunn ser man at lyset fra laseren blir absorbert av det mørke. I tillegg til dette har vi flere steder langs kysten en kraftig vekst av tareskog som med sin mørke farge også skaper problemer for oppmåling med laser. Det ble gjort flere undersøkelser i forbindelse med tareskogen der man kom frem til at årstid for oppmålingen ikke påvirket tare problematikken da man har fått avklart at tareskogen har en flerårig vekstsyklus som gjør at man fortsatt kan vente seg problemer ved oppmåling på andre årstider enn sommermånedene som ble brukt for dette prosjektet (Kartverket, 2018). For å motvirke dette valgte man å gjøre to testflygninger over samme område, et på høyvann og et på lavvann. Dette for å se om tareskogen reiste seg og gjorde det mulig å få bedre dekning av data i område med tareskog. Dette var uten hell og man valgte å fortsette å gjennomføre videre målinger på lavvann.

Oppsummert kan en se at grønn laser gir en flekkvis dekning, med god dybde data i områdene som ble dekt. Som en kan se i Tabell 5 har en regnet seg frem til at en ikke fikk samlet inn tilstrekkelig data til å utarbeide sjøkart på mer enn 50 prosent av havområdene som var med i prosjektet. Den resterende dataen som ikke ble benyttet havnet i et så kalt «no data» polygon, dette er en samling av dataene som hadde ett eller flere problemer (Kartverket, 2018).

Tabell 5. Tabellen viser hvilke kategorier dataene som havnet i no-data polygonet ble sortert under (GLaSS, 2018).

Type "no-data"	Areal	Del av planlagt sjøareal
Objekt	0,1 km ²	0,2 %
Turbulent	1,2 km ²	2,4 %
Vegetasjon	3,7 km ²	7,1 %
Siktedjup (for djupt)	3,9 km ²	7,6 %
Mørk botn	24,6 km ²	47,9 %
Totalt areal utan data	33.7 km²	65,2 %

Videre ser en at den kupert kysten med høye fjell og dype fjorder langs Vestlandet gjør dette til tidkrevende arbeid. Det ble totalt flydd 2700 kilometer hvorav man kun har logget data langs med 1950 kilometer, det vil si at en tredjedel av flyvningen brukes til å komme inn på neste stripe (Kartverket, 2018). Sammenligner man prosessen med oppmåling og overvåkning av skogsområder i Finland, flys det 2400 striper som har logget data for totalt 13000 stripekilometer mot 1010 striper for 1950 stripekilometer med data for søre Sunnmøre (Kartverket, 2018).

Videre oppsummerer rapporten hvordan en er avhengig av lys havbunn med lite vegetasjon får å få stor dekningsgrad av laserbasert måling. Man ser at kost til nytte fordelen ved bruk av laser i oppmåling er lav sammenlignet med ekkolodd, men at det kan være et godt supplerende verktøy. En har flere eksempler på områder langs kysten som er grunnere enn fem meter og hvor Kartverket kan dra nytte av laser som et supplerende verktøy til dagens plattform for oppmåling. Eksempel på et slikt område er sørlandskysten eller kysten langs Østfold, havområdet rundt Hvaler og ned til grensen mot Sverige (Menon Economics, 2016). Kartverket meddeler også hvordan laser oppmåling kan bidra til å integrere sjøkart med kart over landmassene da man kan kartlegge kystsonen og havet i et område med kun et verktøy som da allerede vil gi overgangen man trenger for å integrere disse kartene.

6 Drøfting

På bakgrunn av teori og metoder som er beskrevet i oppgaven, vil gruppen i dette kapittelet drøfte aktuelle problemstillinger knyttet til de enkelte alternativene oppgaven skisserer.

6.1 Kartverkets utfordringer

Gruppen har i oppgaven beskrevet et økende behov for nøyaktige sjøkart. Kystverket estimerer at trafikken langs kysten vil øke med 40% frem mot 2040 (Kystverket, 2018). Samtidig legger styresmaktene opp til et økt fokus på havrommet og de maritime klyngene som viktige pådrivere for Norges økonomiske vekst. En stor andel av kysttrafikken i fremtiden kan dermed antas å være tilknyttet havbruket. I tillegg fører ismelting til økende trafikk i Arktis, noe som kan få store konsekvenser i områder med dårlig kartgrunnlag som for eksempel Svalbard. Ettersom trafikkøkningen består av fartøy som seiler både i og utenfor hovedledene vil mangelen på nøyaktige data utenfor hovedledene bli mer tydelig og etterspørselen etter sjøkart med høyere nøyaktighet vil øke.

Innsamling av batymetri krever svært nøyaktige sensorer. Dette fordi Kartverket og IHO stiller strenge krav til instrumentering og målenøyaktighet. Slikt utstyr er i tillegg særdeles kostnadsdrivende. Som eksempel kan det nevnes at kostnaden assosiert med instrumenteringen Kartverket bruker i dag er i størrelsesorden flere millioner kroner per utstyrsett (Maan, 2019). Dette gir at sjøkartlegging etter Kartverkets egne krav vil være kostbart å organisere og drifte.

Kartverket har i tillegg for få ressurser til å utvide egen innsamling av batymetri. Kombinasjonen av kun ett moderfartøy kombinert med to mindre fartøyer gir at Kartverket må begrense områdets utstrekning i sine kartleggingsoppdrag. I tillegg er tre måneder av sommerhalvåret satt av til innsamling av data på Svalbard (Maan, 2019). En slik todeling av tilgjengelige ressurser gjennom året gir dermed at kartleggingstempoet blir skadelidende.

Det estimeres at oppmåling av norskekysten med dagens tempo vil ta i underkant av 70 år (Eskevik, 2019). Dette er ikke inkludert Svalbard, som vil ta opp mot 50 år å få kartlagt med dagens tempo (Iversen, 2019). Menon economics utarbeidet i 2016 en rapport som beskriver mulighetene for å utvide Kartverkets ressurser. Rapporten konkluderte med at det teoretisk sett ville vært mulig å kartlegge hele norskekysten innenfor ti år men at den

samfunnsøkonomiske nytten ikke ville være tilsvarende den enorme kostnaden knyttet til tilføring av syv nye fartøyer til sjødivisjonen. Det ble dog ansett å være stor samfunnsnytte generelt til en nøktern utvidelse av dagens struktur gjennom tilføringen av ytterligere ett fartøy (Menon Economics, 2016). Dette viser at det eksisterer et handlingsrom ved eventuelle budsjettøkninger som vil kunne virke i positiv retning hva gjelder tidsbruken assosiert med sjømåling av kysten.

Det er dog ikke bare innsamling av batymetri som er tidkrevende. Etterprosessering av innsamlede data er kritisk for å sikre høy nøyaktighet, men også tidkrevende. Dette i stor grad på grunn av bunnens varierende beskaffenhet langs kysten, samt varierende forhold som påvirker sensornøyaktigheten. Dette kan for eksempel være knyttet til varierende vind/bølge forhold, satellittskygge og lydshastighet for å nevne noen. I tillegg må dataene filtreres og tilpasses slik at de kan publiseres i sjøkart uten problemer knyttet til lovverket. Dette er en prosess som per i dag utføres manuelt, og det er dermed her det største effektiviseringspotensialet ligger. Kartverket estimerer selv at utgivelsen av batymetri i sjøkart vil ta over 130 år med dagens tempo (Eskevik, 2019). Dette er dermed også en problemstilling som må løses dersom man ønsker å øke kvaliteten på norske sjøkart innenfor et rimelig tidsperspektiv.

6.2 Autorisering av private aktører

Autorisering av private aktører er et alternativ som kan avlaste kartleggingsarbeidet. Fordelen med dette kan være at man oppnår en utvidelse av ressursgrunlaget uten økte kostnader. Dette fordi autoriserte aktører kan gis leverandørklarering slik at de kan levere batymetriske data til Kartverket. Dette er en fremgangsmåte som per i dag oppmuntres av Kartverket, gitt at de individuelle selskapene oppfyller kravene til nøyaktighet.

Markedet for private aktører begrenses dog av dagens lovverk. Lov om dybde data forbyr innsamling av data innenfor territorialfarvannet. Alle aktører som ønsker å samle inn data må derfor søke forsvaret om tillatelse til å utføre oppmålinger innenfor begrensede områder. Dersom oppmåling skjer på vegne av kunde må det i tillegg søkes om avgradering av datasettene for å kunne levere disse ut til kunden. Dette er prosesser som tar lang tid og private aktører opplever dermed at de er underlagt en byråkratisk og tidkrevende prosess (Ueland, 2019). Dersom man ønsker å øke andelen av autoriserte selskaper bør derfor dagens prosess forenkles.

Autorisering av private selskaper er i tillegg en tidkrevende prosess. Kartverket stiller strenge krav til nøyaktighet på data og organisering av selskaper. For at private aktører skal bli autorisert må det dokumenteres at innsamlede data oppfyller krav til nøyaktighet gjennom nøyaktig innmåling av sensorer og fartøy. Dette er en kostbar prosess som gjør at det kun er selskaper som har sett seg tjent med å gjennomgå en slik prosess som har søkt autorisering.

Markedssituasjonen frem til i dag taler imot autorisering. Dette fordi markedet generelt sett har vært snevert og private aktører har stort sett utført oppmåling på vegne av andre private. En av grunnene til dette er at Kartverket per i dag ikke kjøper kartleggingstjenester fra eksterne aktører. Det kan dog anses som sannsynlig at markedet for autoriserte aktører vil øke fremover, da det er flere offentlige kartleggingsprosjekt, for eksempel MAGIN prosjektet, som vil kreve økt tilgjengelighet på autoriserte dybdedata. Da dette er noe Kartverket ikke kan levere per i dag på grunn av begrensede ressurser kan det tenkes at autorisering av private aktører kan bli mer aktuelt.

En annen mulighet for å øke hastigheten på oppmåling generelt er anbudsprosesser. Det legges som tidligere nevnt opp til at autoriserte aktører kan få leverandørklarering med Kartverket for batymetriske data. Gjennom å sette offentlige kartleggingstjenester ut på anbud til autoriserte aktører kan man da oppnå effektivisering av dagens kartleggingsprosess, da man får et større ressursgrunnlag. Problemet med en slik tilnærming kan være at det sannsynligvis ikke vil være mulig for private aktører å konkurrere dersom Kartverket selv fortsetter med innsamling av batymetri. Dette fordi Kartverket er en offentlig etat som driftes som nullprofitt, mens private selskaper har behov for å dekke inn sine utgifter og generere driftsoverskudd. Det er dermed sannsynlig at sjødivisjonen i en eventuell anbudsprosess vil utkonkurrere private selskaper.

6.3 Crowdsourcing

Crowdsourcing av batymetri er en mulighet man kan dra nytte av for å skaffe seg informasjon om havbunnens beskaffenhet. En kan samtidig få oppdatert dagens sjøkart utenfor hovedledene som er målt med utdatert teknologi på en effektiv og økonomisk måte. Innsamling av batymetri ved hjelp av crowdsourcing er noe IHO har hatt et økende fokus på internasjonalt. Dog er det stor skepsis til bruken av CSB data i offisielle sjøkart (Flier, 2019).

Skepsisen rundt implementering av CSB data i offisielle sjøkart kan komme av variasjonen på kvaliteten på innsamlet data. På tross av at seilende fartøy innehar store variasjoner av instrumenter (ekkolodd, svinger), vil ethvert SOLAS fartøy ha typegodkjent ekkolodd og posisjoneringssystem. Kvaliteten på data blir da gitt av oppsett på sensorer, type sensorer samt metadata. Det kan da tenkes at SOLAS fartøy kan samle inn data med standard type ekkolodd med input fra standard GNSS. Kvaliteten blir da gitt av oppsett på systemet og metadata en får med. En kan dermed tenke seg at fartøy med god instrumentering, eksempelvis havforskningsfartøy og survey fartøy som samler inn data blir høyere prioritert enn fartøy med standard instrumentering.

En utfordring med innsamling av CSB data er hvordan en skal organisere dette. IHOs arbeidsgruppe for CSB data har utarbeidet et dokument med retningslinjer hvor en beskriver mulighetene og utfordringene rundt innsamling, deling og bruken av CSB data. En bakdel med dette er at det bare er retningslinjer og dermed vanskelig å implementere på fartøy. En annen utfordring en står ovenfor er at det per dags dato ikke er et tilstrekkelig system for deling av batymetri. Et eksempel på et system som samler inn CSB data er Olex. Med dette systemet kan en samle inn, lagre og dele dybde data på en enkel måte. Problemet er at få fartøy utenom fiskefartøy har installert Olex om bord. Dette på grunn av at systemet er rettet mot fiskefartøy, andre fartøyer som for eksempel konvensjonelle fraktesfartøy anser dermed ikke at de har direkte nytte av systemet.

Olex databasen innehar 8,6 billioner loddsudd og kan anses for å være komplett langs kysten vår. Dataen er for det meste samlet inn av fiskefartøy som seiler langs kysten og som da har delt egen dybde data med databasen. I kapittel fire har gruppen tatt to snitt av dybde dataen og sammenlignet Olex databasen opp mot dybde data fra MAGIN prosjektet. Ut fra sammenligningen av utsnittene kan en observere at dybde data fra Olex databasen ikke varierer stort i områder hvor fartøy har delt bunndata. Dette kan tyde på at databasen er relativ god og nøyaktig. I områder hvor fartøy ikke har seilt eller delt dybde data kan en se større avvik. Dette vil være naturlig i slike områder da det ikke er målt direkte men beregnet ved hjelp av interpolering.

Olex har hatt god suksess med å få fartøy til å dele dybde data da omtrent halvparten av brukerne deler egne data. På tross av dette ser ikke brukere verdien i sine dybde data, mens enkelte ser for stor verdi i egen dybde data. Selv har Olex ikke delt dybde data med andre

aktører enn de som driver med forskning eller selv ønsker å dele data tilbake. Dette kommer av at OLEX anser at de har en sosial kontrakt med brukere som deler sine data med databasen. Dog har Olex sagt seg villig til å dele dybde data hvis formålet med dataene er å utarbeide sjøkart (Hestvik, 2019).

Lovverket i Norge begrenser muligheten for innsamling av CSB data. Ettersom lov om dybde data forbyr innsamling av batymetri uten tillatelse fra forsvaret, vil innsamling av CSB data være ulovlig. Dette har dog i forarbeidet til lovverket blitt definert til å ikke gjelde for systemer som for eksempel OLEX. Dette fordi det vurderes at slike systemer ikke vil ha høy nok oppløsning ved bruk av fiskeletingsutstyr. Ett annet alternativ kan være å utarbeide en unntaksordning for fartøyer med CSB utstyr. Dette kan for eksempel gjøres gjennom at slike fartøyer får tillatelse til å samle inn dybde data gjennom at de plikter å dele sine data til utarbeidelse av sjøkart. Et slikt alternativ vil kunne effektivisere datainnsamlingen langs kysten.

Dersom man ønsker deling av CSB data i stor skala, må dette være attraktivt. For eksempel kan fartøyer som samler inn og deler batymetri få en form for påskjønnelse for dette. Dette kan for eksempel være i form av et flagg, gratis kart eller annen anerkjennelse. En bakdel med en slik praksis kan være at fartøy deler dybde data av kvalitet som ikke er forenelig med normalen og dermed ikke brukbare. Fartøyet kan da fortsatt kreve sin påskjønnelse og dermed dra nytte av en slik ordning. Det bør derfor stilles krav til kvaliteten på batymetrien som sendes inn. Problemet med å stille krav til kvaliteten på data er at det kan virke brysomt og avskrekkende og man kan dermed oppleve at færre fartøy ønsker å dele dybde data. Ettersom det vil være kostbart å kartlegge verdenshavene uten hjelp av crowdsourcing har en muligens ikke råd til å stille store krav til kvalitet på batymetrien men godta all batymetri som er til hjelp (Flier, 2019).

6.4 Bruk av autonome plattformer

Autonom teknologi er under hurtig utvikling, i et stort antall ulike bransjer. Dette fordi arbeidsoppgaver som utføres av menneskelig arbeidskraft over tid kan erstattes av maskinvare som kan utføre arbeid av stor nøyaktighet og uten utmattelse. Dette kan også være aktuelt innenfor sjøkartlegging. Dette fordi det er et arbeid som er tidkrevende, repetitivt, krever høyt fokus og kan dermed være utmattende for mannskaper. Automatisering av prosessen for innhenting av batymetriske data kan være aktuelt ved hjelp

av mindre autonome droner. Disse kan operere i og utenfor mannskapets arbeidstider. For at disse skal kunne implementeres i dagens drift kreves det at produktet kan levere data med svært høy nøyaktighet.. Autonom teknologi må kunne levere data som kvalifiserer til kravene gitt av Kartverket og IHO. Det er derimot få produkter på markedet per i dag som tilfredsstillere disse kravene.

Bruken av droneteknologi er svært aktuelt i grunne områder fra fem meters dybdekurve og inn til kysten. Disse havområdene er svært tidkrevende å kartlegge og krever at det kjøres et repetitivt mønster med kort avstand mellom linjene. Slike områder kan effektivt kartlegges av autonome droner i luften eller på overflaten. Samtidig kvalifiserer ikke dagens overflate teknologi til å kunne seile autonomt uten at en operatør kontinuerlig overvåker med tanke på trafikkbildet i området. I områder med lite eller tilnærmet ingen trafikk kan systemet derimot overlates mer til seg selv.

Gjennom bruk av droner i luftdomenet kan man integrere sjøkart og landkart. Dette vil kunne gi sømløs overgang mellom bunnen og kystkonturen og samtidig bedre definere tørrfall. Dette fordi en laser modul montert på en drone slik som en i dag ser montert på fly vil en operatør kunne fly langs kysten og skape et digitalt bilde av kysten. Slike sensorer kan dermed brukes til å definere områder som inneholder landmasse, havområder samt overgangen mellom disse med samme sensor og plattform.

En kan se et stort potensial for luftbaserte sjømåling. Dette kan foregå ved hjelp av grønn laser til oppmåling av kysten og havområder grunnere enn fem meter som et supplerende verktøy til dagens metode. Ettersom store deler av dybde dataene langs kysten er upålitelige, kan det tenkes at luftbårne sensorer kan sveipe over større områder og dermed forbedre dårlig kartgrunnlag. På en slik måte kan man forebygge grunnstøting med eventuelle kartleggingsfarkoster som seiler inn i området i etterkant. Dette fordi mannskapet om bord da har nyere data å gå på når de kjører inn i et område for å kartlegge grunne områder.

Sikkerhetsmessig vil dette være til en stor fordel. Dette fordi risikoen for å ødelegge dyrt utstyr på grunt vann er stor. Dagens praksis har rutiner for å unngå dette ved at man ikke seiler utenfor oppmålingen fra forrige parallelle oppmålte linje. Det er dog fortsatt en ovenhengende fare for at man skader utstyret montert under båten, eller setter mennesker i fare og ved å bruke droner minimiserer man slik fare. Det er ikke dermed sagt at det å bruke

droner vil være kostnadsreducerende. Dette fordi teknologien gruppen har valgt å se på er svært kostbar og gir lik eller høyere kostnad ved eventuelle reparasjoner.

Kostnaden av å gå til innkjøp av teknologien gruppen har nevnt i oppgaven vil være stor. Autonom teknologi er dyr i innkjøp, krever tid til opplæring av mannskap og vil muligens også kreve ansettelse av mer kompetent personell. For at et slik prosjekt skal kunne realiseres må det bevilges mer penger til sjødivisjonen. Det er også vanskelig å vurdere kostnaden av å drifte slik teknologi sammenlignet med dagens metoder. Ved bevilgning av penger til et slik prosjekt kan en god mellomløsning være å leie inn utstyr og arbeidskraft fra private firmaer som allerede besitter teknologien og erfaringen med å drifte utstyret.

Norskekysten er assosiert med harde værforhold. Været er en viktig faktor under oppmåling av utsatte områder og er en kjent problemstilling for Kartverket. Dette er dermed også en problemstilling man må forholde seg til ved bruk av droner. Enkelte plattformer, eksempelvis Otter systemet (Maritime Robotics) er ikke konstruert for å operere i dårlig vær. I tillegg vil det for luftbårne sensorer være begrensninger knyttet til vindstyrke i det aktuelle operasjonsområdet. Droner vil dermed sannsynligvis ikke kunne gi et fortrinn ved kartlegging i utsatte områder, og i perioder med dårlig vær.

7 Konklusjon

Det er et stort potensial for effektivisering av sjøkartlegging i Norge. Etterspørselen av sjøkart i dårlig kartlagte farvann er økende, og Kartverket har i dag ikke nok ressurser til å ta unna denne etterspørselen innenfor et rimelig tidsperspektiv. Dette fordi det er stor tidsbruk forbundet med innsamling, etterprosessering og publisering av dybde data, noe som legger stort press på de ressursene Kartverket har til disposisjon. Økende aktivitet langs kysten og Svalbard gir at det vil være av samfunnsøkonomisk nytte å utvide Kartverkets ressurser gjennom tilføring av ytterligere midler til innkjøp eller leie av fartøyer, utstyr eller nye metoder og teknologi. Ettersom sjøkartlegging er et fagområde som er under kontinuerlig utvikling, er det gruppens syn at det bør vurderes å ta i bruk en eller flere av metodene som er beskrevet i oppgaven.

Autorisering av private aktører gir muligheter for å effektivisere innsamlingen av batymetri. Dette fordrer at det legges opp til en prosess der uautoriserte private aktører ønsker å søke om autorisering. Dette fordi dagens prosess oppleves som tidkrevende og komplisert. Det bør dermed være et større fokus på å tilrettelegge for at autorisering kan skje gjennom en tilrettelagt prosess. I tillegg bør det utredes hvorvidt kartlegging av enkelte områder bør legges ut på anbud til autoriserte aktører for å ytterligere effektivisere datainnsamlingen langs kysten. Det bør da nøye vurderes hvorvidt private aktører i en slik prosess må konkurrere direkte med sjødivisjonen. Dette for å sikre mot eventuell monopolvirksomhet i et fremvoksende marked.

Crowdsourcing av batymetri kan være av stor betydning for å kartlegge områder hvor det i dag ikke finnes tilstrekkelige dybde data. I slike områder kan ikke betydningen av et stort antall fartøyer utstyrt med enkle sensorer for innsamling av dybde data undervurderes. Nøyaktigheten på dybdemålinger øker med antall passeringer slik gruppen har vist ved sammenligning av Olex databasen mot MAGIN data. Hovedproblemet med crowdsourcing av dybde data er at det per i dag ikke eksisterer et fungerende statlig system for innsamling og bruk av CSB data. I tillegg må en formidle mulighetene rundt crowdsourcing til brukere av slike system, da det per i dag er en lav andel fartøyer som deler data. Det er gruppens syn at crowdsourcing kan være av stor betydning for å modernisere kartgrunnlaget for norskekysten og Svalbard. Dette fordrer at det blir etablert en form for statlig kontroll med

CSB data hvor de som velger å dele dybde data til bruk i sjøkart gis en form for påskjønnelse eller annerkjennelse for sitt arbeid.

Bruk av Autonom teknologi kan i fremtiden brukes i tillegg til bemannede plattformer for å avlaste og effektivisere innsamlingen av batymetri. Gruppen har i oppgaven tatt syn på å beskrive mulighetene innenfor hvert operasjonsdomene, og disse systemene kan ha forskjellige anvendelsesområder innenfor sjøkartlegging. Bruken av luftbårne og overflatesensorer kan være en viktig ressurs da disse kan kartlegge grunne områder uten risiko for mennesker, i tillegg til at man oppnår bedre definisjon i skillet mellom land og sjø. Det er dog uvisst om slike plattformer kan levere data innenfor Kartverkets spesifikasjoner og den eneste plattformen hvor gruppen har fått bekreftet dette er ved autonom undervannsfarkost. Dette er et system som kan tenkes brukt på dypere vann som i fjorder og i havdypet for å samle inn nøyaktige data. Muligheten er mange innenfor autonom teknologi og det finnes relevante plattformer innenfor alle domene oppgaven beskriver. Det er dog gruppens syn at slik teknologi først og fremst vil utgjøre en betydelig ressurs på mellomlang sikt. Dette på grunn av begrensningene som i dag er knyttet til nyttelast og værbegrensninger på autonome luft og overflatefarkoster, som er til hinder for storskala bruk innenfor sjøkartlegging.

8 Referanser

Admiralty, u.d. *admiralty.co.uk*. [Internett]

Available at:

<https://www.admiralty.co.uk/AdmiraltyDownloadMedia/Blog/CATZOC%20Table.pdf>

[Funnet 26 Mars 2019].

Cambridge Dictionary, u.d. *dictionary.cambridge.org*. [Internett]

Available at: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/autonomous>

[Funnet 3 Mars 2019].

Eskevik, Kjell Arve. 2019. *GIS-analyse av grunnlagsdata for sjøkart i nye seilingsruter definert av kystverket*, s.l.: Kartverket.

Eskevik, Kjell Arve, *Senioringeniør Nautikk*.

Elektronisk korrespondanse, personlige meddelelser.

[02 Mai 2019].

Flier, Evert, Internasjonal rådgiver *Kartverket*.

Elektronisk korrespondanse, personlige meddelelser

[26 Mars 2019]

Friisk, Anders Grønstad, Rådgiver *Forsvarsdepartementet*.

Elektronisk korrespondanse, personlige meddelelser.

[26 Mars 2019]

Fugro, u.d. *Fugro.com*. [Internett]

Available at: <https://www.fugro.com/our-services/marine-asset-integrity/satellite-positioning/marinestar#tabbed2>

[Funnet 10 Mars 2019].

Gran, Atle, Area sales manager for Marine robotics infrastructure, *Kongsberg Maritime AS*.

Elektronisk korrespondanse, personlige meddelelser.

[10 April 2019]

Hepsø, Arild, Chief Technology Officer *Maritime Robotics AS*.

Elektronisk korrespondanse, personlige meddelelser.

[10 April 2019].

Hestvik, Ole Benjamin, Daglig leder *OLEX AS*.

Personlig intervju.

[29 Mars 2019].

IHO CSBWG, 2018. *CSB Cookbook*. [Internett]

Available at: https://www.iho.int/mtg_docs/com_wg/CSBWG/CSBWG_Misc/CSB-Guidance_Document-Edition_1.0.0-Clean.pdf

[Funnet 10 Mars 2019].

IHO, 2018. *IHO.int*. [Internett]

Available at:

https://www.iho.int/srv1/index.php?option=com_content&view=article&id=298&Itemid=297&lang=en

[Funnet 24 Februar 2019].

Iversen, Herman Prosjektdirektør sjødivisjonen, *Kartverket*.

Elektronisk korrespondanse, personlige meddelelser.

[7 Mars 2019].

Kartverket, 2015. *Teknisk krav spesifisering for sjømåling*. [Internett]

Available at: <https://www.kartverket.no/globalassets/standard/teknisk-kravspesifisering-for-sjomaling.pdf>

[Funnet 20 Februar 2019].

Kartverket, 2018. *Fagleg rapport frå prosjektet Grøn Laser Søre Sunnmøre*. [Internett]

Available at:

<https://kartverket.no/contentassets/71fb278af6af468fab8daca6cd2d741d/rapport--prosjekt-glass-kartverket.pdf>

[Funnet 25 April 2019].

Kartverket, 2018. *Kartverket*. [Internett]

Available at: <https://kartverket.no/globalassets/standard/godkjente-organisasjoner-for-sjomaling.pdf>

[Funnet 8 April 2019].

Kartverket, 2019. *kartverket.no*. [Internett]

Available at: <https://www.kartverket.no/posisjonstjenester/cpos/>

[Funnet 10 Mars 2019].

Kjerstad, Norvald. 2019. *Elektroniske og Akustiske Navigasjonssystemer*. 6 red. Bergen: Fagbokforlaget.

Kongsberg, 2019. *kongsberg.com*. [Internett]

Available at: <https://www.kongsberg.com/maritime/products/marine-robotics/autonomous-underwater-vehicles/AUV-hugin/?solution=13391>

[Funnet 4 April 2019].

Kongsberg, u.d. *kongsberg.com*. [Internett]

Available at: <https://www.kongsberg.com/maritime/products/mapping-systems/subsea-sonars/SAS>

[Funnet 4 April 2019].

Kystverket, 2014. *Regjeringen.no*. [Internett]

Available at:

<https://www.regjeringen.no/contentassets/f14710e1e51e4cdf9f5a7ecca00dc9a6/kystverket.pdf?uid=Kystverket>

[Funnet 3 Mars 2019].

Kystverket, 2018. *Prognoser for skipstrafikken mot 2040*. [Internett]

Available at:

https://www.kystverket.no/globalassets/nyheter/2015/november/prognoser_2040-rev.e-2018-02-14-002.pdf

[Funnet 2019 Februar 26].

lidar-uk, 2019. *lidar-uk*. [Internett]

Available at: <http://www.lidar-uk.com/how-lidar-works>

[Funnet 21 Februar 2019].

Lovdata, 2019. *Lov om bestemt angitte områder skjermingsverdige objekter og bunnforhold*. [Internett]

Available at: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2017-06-21-88>

[Funnet 26 Februar 2019].

Lovdata, 2019. *Lov om forsvarshemmeligheter*. [Internett]

Available at: <https://lovdata.no/pro/#document/NLO/lov/1914-08-18-3?searchResultContext=1131&rowNumber=1&totalHits=273>

[Funnet 26 februar 2019].

Maan, Glenn, *Toktleder MS Hydrograf*.

Personlig intervju.

[13 Mars 2019]

Menon Economics, 2016. *Samfunnsøkonomisk analyse av økt produksjon og tilgjengeliggjøring av marine geodata*, s.l.: Menon Economics.

[Funnet 20 Mars 2019]

Mohn, Halvor, Daglig leder *Nearshore Survey AS*.

Elektronisk korrespondanse, personlige meddelelser,

[18 Februar 2019].

NGU, 2016. *NGU.no*. [Internett]

Available at: <https://www.ngu.no/nyheter/nye-marine-grunnkart-fra-s-re-sunm-re>

[Funnet 1 April 2019].

Regjeringen, 2015. *Proposisjon 86L 2014-2015*. [Internett]

Available at: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/prop.-86-l-2014-2015/id2405078/>

[Funnet 22 Mars 2019].

Regjeringen, 2016. *Prop 116L 2016-2017*. [Internett]

Available at: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/prop.-116-l-20162017/id2549661/sec12>

[Funnet 14 Mars 2019].

Sjødivisjonen, 2018. *Kartverket.no*. [Internett]

Available at: <https://kartverket.no/Om-Kartverket/Kartverket/Sjodivisjonen/>

[Funnet 11 Februar 2019].

SNL, 2017. *snl.no*. [Internett]
Available at: <https://snl.no/havavsetninger>
[Funnet 4 April 2019].

SNL, 2018. *snl.no*. [Internett]
Available at: <https://snl.no/hav>
[Funnet 6 Februar 2019].

SNL, 2019. *snl.no*. [Internett]
Available at: <https://snl.no/drone>
[Funnet 4 April 2019].

Ueland, Rolf Arne, Seksjonsleder sjømåling *Wise Survey AS*.
Elektronisk korrespondanse, personlige meddelelser.
[6 Februar 2019].

Wise Survey, 2018. *wisesurvey.no*. [Internett]
Available at: <http://www.wisesurvey.no>
[Funnet 25 Mars 2019].