

# NECESSE

ROYAL NORWEGIAN NAVAL ACADEMY  
MONOGRAPHIC SERIES

VOLUME 2 ISSUE 1 2017

## Militær navigasjon – dagens teknologi for morgendagens krigføring







«Necesse» kommer i 5 utgivelser hvert år. Skriftserien har til enhver tid Dekan som hovedredaktør og en fagredaktør for hver utgivelse. Samlet under hovedoverskriften sjømilitær profesjonskompetanse har vi en tverrfaglig tilnærming hvor 5 sjømilitære fagfelt; Militær Navigasjon, Sjømilitær Teknologi, Logistikk/sikkerhetsstudier Sjømakt og Sikkerhet, Sjømilitært Lederskap, og har vært sitt nummer i løpet av et år. Alle synspunkter i denne publikasjon står for forfatterens egen regning. Hel eller delvis gjengivelse av innholdet kan bare skje med forfatterens samtykke.

*Roar Espevik*

2017 © Sjøkrigsskolen  
PB 5 Haakonsværn, 5886 BERGEN

ISSN 2464-353X  
ISBN 978-82-93550-09-9 (elektronisk utgave)

Tittel: Necesse  
Royal Norwegian Naval Academy monographic series  
Volume 2, Issue 1, 2017  
Undertittel: Militær navigasjon – dagens teknologi for  
morgendagens krigføring  
Foto omslag: <http://www.scotlandnow.dailyrecord.co.uk>

Hovedredaktør: Roar Espevik, dekan Sjøkrigsskolen  
Fagredaktører: Odd Sveinung Hareide og Frode Voll Mjelde

Omslag og layout: Katrine Austgulen, HOS Grafisk  
Trykk: HOS Grafisk, Sjøkrigsskolen

# NECESSE

ROYAL NORWEGIAN NAVAL ACADEMY  
MONOGRAPHIC SERIES

VOLUME 2 ISSUE 1 2017

Militær navigasjon – dagens teknologi  
for morgendagens krigføring

# Innhold

## Del 1

### RELEVANT TEKNOLOGI TIL DEN SPISSE ENDE

- 16 Jamming av signalene fra GPS- og GLONASS-satellitter, og fordeler ved å benytte GLONASS-satellitter i Nordområdene  
Denne artikkelen presenterer resultater fra tester der en kombinert GPS og GLONASS-mottaker har blitt utsatt for jamming på de sivile primærfrekvensene. Resultatene viser at en mottaker som kombinerer begge systemene er det mest robuste alternativet.  
*Tekst: Øystein Glomsvoll*
- 21 Operativ FoU – et eksempel  
Forskning og utvikling (FoU) er kreativ virksomhet som utføres systematisk for å oppnå økt kunnskap, og omfatter også bruken av denne kunnskapen til å finne nye anvendelser. Tett samarbeid mellom Sjøforsvarets operative miljø og FoU-miljøene vil styrke den operative yteevnen.  
*Tekst: Odd Sveinung Hareide og Steffen Vågenes*
- 25 Satellittbaserte navigasjonssystemer – Betydning for militær navigasjon, sårbarhet og alternativer  
Globale satellittbaserte navigasjonssystemer muliggjør presis militær navigasjon, men er samtidig sårbar for elektromagnetisk påvirkning. Bortfall eller forstyrrelse av signalene får direkte påvirkning på posisjons-, og tidsnøyaktighet. Evne til identifisering av slike forstyrrelser vil minske mulighet for bortfall av signalene.  
*Tekst: Stein Egil Iversen*
- 31 Blir radar og AIS utnyttet maksimalt i anti-kollisjon på moderne fartøyer med integrerte brosystemer?  
Radar og AIS fungerer som komplementære systemer for anti-kollisjon i et integrert navigasjonssystem. Studier indikerer imidlertid lav kunnskap om kontrollmulighetene disse verktøyene representerer, og viser tildels lav utnyttelsesgrad av et meget effektivt system.  
*Tekst: Steinar Nyhamm*
- 35 3D Terreng prosjekt  
COTS basert 3D teknologi for å gi militære enheter økt organisk evne til å planlegge og gjennomføre oppdrag gjennom 3D visuell representasjon av ukjent terreng, samt å bidra til felles mentale modeller, økt situasjonsbevissthet (SA) og raskere OODA loop.  
*Tekst: Frode Voll Mjelde, Sondre Flaatten og Jonathan Utne*
- 39 Navigasjon på nettbrett  
Bruken av nettbrett og smarttelefoner til navigasjonsformål øker. Dette kan være et godt tilskudd for sikker navigasjon, samt i enkelte tilfeller et bidrag til militær navigasjon. I denne artikkelen presenteres fordeler og ulemper med bruken av nettbrett, samt hva en må være klar over ved bruk av sjokartapplikasjoner.  
*Tekst: Odd Sveinung Hareide*

## Del 2

### UTDANNING, TRENING OG ØVING

- 44 Søvn og operativ ytelse  
Søvnmangel reduserer evnen til situasjonsbevissthet, konsentrasjon, koordinasjon, hukommelse og motoriske ferdigheter, og leder til humørsvingninger. God søvnkvalitet vil føre til smartere, raskere og mer treffsikre team med økt evne til effektiv utførelse av oppdrag i komplekse militære miljøer.  
*Tekst: Frode Voll Mjelde*
- 50 Navigatøren – en multitasker?  
Evner navigatøren å multitasker? Manøvrering av et moderne fartøy med et avansert integrert brosystem krever evne til å utføre flere handlinger samtidig, eller multitasking som også noen velger å kaller det. Hvor gode er vi egentlig til multitasking, og da spesielt i en opplærings situasjon?  
*Tekst: Hans Magne Gloppen*
- 53 Faser i navigasjon  
Militær navigasjon handler i stor grad om metodikk med tilhørende prosedyrer. Faser i navigasjon inneholder fire faser; Forberedelsesfasen, tørnfasen, kontrollfasen og transittfasen. En god og innøvd metodikk - faser i navigasjon - gjør navigasjon enklere, tryggere og mer effektiv.  
*Tekst: Odd Sveinung Hareide og Stig Brandal*

- 56 Er Crew Resource Management trening effektiv?  
CRM trening er innført som et obligatorisk tiltak for personell som utfører sikkerhetskritiske operasjoner innen områder som luftfart, medisin, kjernekraft, off-shore og maritime operasjoner for å redusere sannsynligheten for ulykker. Navkomp har iverksatt en studie for å se nærmere på effekten av CRM trening.  
*Magne Bolstad, Frode Vøll Mjelde*

- 60 Utnyttets potensiale i skolefartøyene godt nok ved SKSK?  
Artikkelen foreslår en læringsmodell som kan samle trådene for utdanningen på Sjøkrigsskolen gjennom økt bruk av skolefartøyene Nordnes og Kvarven. Dette kan øke helhetsforståelsen for kadettene, og på den måten gjøre dem bedre rustet til videre karriere etter profesjonsutdanningen.  
*Tekst: Bård Hess*

- 64 Mønstringer i militær navigasjon 2016  
Sjøforsvarets navigasjonskompetansesenter (Navkomp) gjennomførte i 2016 i alt 17 mønstringer i militær navigasjon på Sjøforsvarets fartøyer. Artikkelen gir en beskrivelse av mønstringsprosessen og beskriver erfaringer, funn og anbefalinger fra mønstringer i 2016.  
*Tekst: Lasse Hiis-Bergh*

- 68 Nasjonal virtuell beredskap  
Bruk av simulert støtte til øving av nasjonal beredskap for å validere prosedyrer og regelverk og for trening av tversteriell samhandling. Simulatorteknologien er moden og tilgjengelig, og gir et stort potensial for etablering av et høyt nasjonalt kompetansenivå for effektiv håndtering av reelle hendelser.  
*Tekst: Frode Vøll Mjelde, Petter Lunde, Magne Bolstad og Hans Magne Gløppen*

- 73 Pedagogisk modell for Militær Praktisk Navigasjon anno 2017  
I 200 år har kadetter på Sjøkrigsskolen fått opplæring i å navigere sjøforsvarets fartøy. Denne opplæringen har hatt ulike navn gjennom årenes løp. For å synliggjøre at Sjøforsvaret utøver «Militær Navigasjon» ble navnet «Militær Praktisk Navigasjon» (MPN) innført på SKSK i 2016. Denne artikkelen presenterer den pedagogiske modellen for MPN anno 2017.  
*Tekst: Henning Sulen*

## Del 3

### BACHELOROPPGAVER SKSK OPERATIV MARINE

- 78 Bruk av lysforsterkende optikk ved taktisk navigasjon  
Lysforsterkende optikk kan bidra til å understøtte og effektivisere optisk kontroll i farvann med minimal lyssetting og hvor taktiske hensyn begrenser bruk av radar. Effektiv bruk avhenger av kunnskap, erfaring og riktig fordeling av teamets arbeidsoppgaver.  
*Tekst: Henrik Knutsen og Odd Sveinung Hareide*

- 80 Broeksersis - Et hjelpemiddel for å sikre kommunikasjon i broteam  
Militær navigasjon henger nøye sammen med korrekt bruk av prosedyrer som er tilpasset fartøystype, utstyr, personell, oppdrag og omgivelser. God bruk av prosedyre er ofte et resultat av god forståelse for sikkerheten, og god forståelse for sikkerheten resulterer dermed ofte i god prosedyrebruk.  
*Tekst: Mariell Halstensen*

- 84 Bacheloroppgaver 2017, en oversikt  
Siste års kadetter ved operativ marine gjennomfører emne PP3051 Bacheloroppgave hvert vårsemester, og disse oppgavene er kort beskrevet her. Bacheloroppgaven skal besvare en relevant operativ problemstilling som et ledd i målrettet FoU-arbeid ved SKSK og som både kadetten og Forsvaret for øvrig skal ha nytte av.

## Del 4

### GJENGIVELSE AV PUBLISERTE VITENSKAPELIGE ARTIKLER

- 88 European Navigation Conference Proceedings (2016): Understanding the Eye of the Navigator  
Denne artikkelen presenterer en analyse av data innsamlet ved bruk av Eye Tracking briller. Datasettet beskriver hvor mye tid navigatøren benytter på ulike interesseområder, samt hvordan feil og mangler i design kan identifiseres ved å analysere datasettet.  
*Tekst: Odd Sveinung Hareide, Runar Ostnes og Frode Vøll Mjelde*
- 89 Human-Computer Interaction Conference Proceedings (2017): Developing a High-Speed Route Monitor window  
Artikkelen beskriver prosessen med å utvikle et rute-monitoreringsvindu som er tilpasset bruken for et hurtiggående fartøy. Dette arbeidet er realisert og basert på Human-Centred Design prosessen som er beskrevet av IMO, samt hjemlet i et datasett av hurtigbåtnavigatørers søkemønstre (Eye Tracking data).  
*Tekst: Odd Sveinung Hareide, Frode Vøll Mjelde, Øystein Glomsvoll og Runar Ostnes*

- 90 Journal of Navigation (2017): Maritime Usability Study using Eye Tracking  
Eye Tracking kan benyttes for å samle data om øyets bevegelse. Dette utstyret har vært lite benyttet i forbindelse med utvikling av maritime navigasjonshjelpemidler, og artikkelen redgjør for Eye Trackings bruksområde innenfor design og systemutvikling for den maritime brukeren.  
*Tekst: Odd Sveinung Hareide, Runar Ostnes*

107 TransNav Journal (2017): Scan Pattern for the Maritime Navigator

Avanserte integrerte navigasjonssystem har blitt en del av hverdagen til dagens navigatører, og det er utstrakt bruk av teknologi for å støtte navigatøren i arbeidet med å føre skipet sikkert frem. Artikkelen redgjør for et anbefalt søkemønster for navigatøren, basert på en prosedyre og metodikk utarbeidet ved Sjøforsvarets Navigasjonskompetansesenter kjent som «Faser i navigasjon».

*Tekst: Odd Sveinung Hareide og Runar Ostnes*

117 Journal of Navigation (2017):

GNSS Jamming Resilience for Close to Shore Navigation in the Northern Sea

Artikkelen beskriver forsøk der en sivil maritim GPS mottaker som Kystvakten er utstyrt med utsettes for jamming. Videre analyseres jammerrobustheten til multi-konstellasjonsmottakere og GPS-mottakere som benytter både L1- og L2-frekvensene.

*Tekst: Øystein Glomsvoll*

## Del 5

INFORMASJON FRA NAVKOMP

136 Navigasjonskonferansen 2017



# Forord

Odd Sveinung Hareide og Frode Voll Mjelde  
Fagredaktører Necesses Militær Navigasjon

Maritim navigasjon blander både vitenskap og kunst. En god navigatør tenker både strategisk, operasjonelt og taktisk. Navigatøren planlegger hver reise nøye, og har inngående kunnskap om sin egen plan. Underveis i seilasen samler navigatøren informasjon fra en rekke kilder, evaluerer denne informasjonen, og bestemmer skipets posisjon. Navigatøren sammenligner deretter posisjonen med sin seilingsplan, sine operative forpliktelser, og sitt eget bestikk. En god navigatør forutser farlige situasjoner i god tid før de oppstår, og holder seg alltid i forkant av sin egen plan. Navigatøren er drillet og klar for øyeblikkelige inngripen og handlinger. Navigatøren leder og forener en rekke ressurser - elektroniske, mekaniske og menneskelige. Navigasjonsmetoder og teknikker varierer med type fartøy, ytre og indre forhold, samt gjeldende betingelser i situasjon og oppdrag. Noen viktige elementer for en vellykket seilas kan ikke læres fra en god bok innen nautikk eller en drivende dyktig lærer i et klasserom. Vitenskapen om navigasjon kan læres, men selve kunsten å navigere utvikles gjennom erfaring.

Den norske kystlinjen karakteriseres av langstrakte fjorder, holmer, skjær og et havområde som er kjent som et av verdens mest utfordrende med tanke på vær og vind. Store deler av året er denne kystlinjen mørklagt, mens det deler av sommeren er lyst døgnet rundt. De nordligste områdene er spesielt krevende, med lave temperaturer, sterk vind og åpne havstrek som gir null beskyttelse fra havets og værrets vrede. Dette gjør navigasjon i norske farvann spesiell og utfordrende, særlig for militær navigasjon.

Militære fartøy forventes å operere hvor som helst i den norske skjærgård med ekstremt kort reaksjonstid og i høye hastigheter, være «on scene and unseen» og kunne levere effekt i et mål med centimeters presisjon. Dagens militære fartøyer er avanserte skrog med høyteknologiske sensorer og integrerte systemer som skal fungere i høye hastigheter i krevende operasjonsområder. En militær navigatør må kunne utnytte ethvert potensial i fartøy, utstyr, besetning, vær og omgivelser til å skaffe seg en fordel i forhold til motparten. Militær navigasjon

handler således om å bidra til operasjonell overlegenhet gjennom inngående kjennskap til navigasjonstekniske og menneskelige faktorer for optimal ytelse.

Riktig anvendelse av ny teknologi som støtter operasjoner i en felles operativ kontekst gir økt utnyttelse av våpen og sensorer, gir reduksjon i driftsavbrudd og øker Sjøforsvarets stridsevne.

Høyt kunnskapsnivå, robuste ferdigheter og gode holdninger skapes gjennom en grundig utdanning som kombinerer profesjonell veiledning med teori, simulator og praksis. Kombinasjonen mellom sertifiserende nautisk fagutdanning (bachelor) og praktisk militær navigasjon er helt nødvendig for at fremtidens militære navigatører skal få tilført kompetansen de trenger. Kontinuerlig faglig påfyll og nivåkontroller etter ferdig utdanning sørger for at Sjøforsvarets operative evne holder et høyt nivå.

Gjennom Sjøforsvarets Navigasjonskompetansesenter blir morgendagens navigatører rustet til å møte de utfordringene de treffer om bord på Sjøforsvarets fartøyer, og Sjøforsvarets fartøyer blir rustet til å møte utfordringene de treffer i nasjonale og internasjonale farvann.

Vi håper du finner innholdet i denne utgaven av Necesses engasjerende, og vi oppfordrer deg mer enn gjerne til å ta kontakt med forfatteren på epost eller stikke innom Navkomp for en faglig diskusjon for å videreutvikle militær navigasjon. Hvis noen av leserne ønsker å bidra til Necesses, så setter vi stor pris på eksterne relevante bidrag tilsendt redaksjonen.

God lesning!



---

# Ansatte ved Sjøforsvarets navigasjonskompetansesenter

---



Kommandørkaptein  
Steinar Nyhamn  
  
Avdelingsleder  
steinar.nyhamn@sksk.mil.no

Avdelingsleder for Sjøforsvarets Navigasjonskompetanse-senter. Bakgrunn fra MTB som skipssjef og skvadronsjef. Masterutdanning innen nautikk fra University of Nottingham. Norsk representant i NATO arbeidsgruppe Navigasjon.



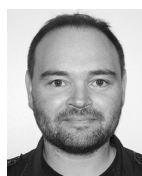
Orlogskaptein  
Petter Lunde  
  
Leder simulatorkontoret  
petter.lunde@sksk.mil.no

Leder Simulatorkontoret. Utdannet ved Sjøkrigsskolen og studert ved NTNU i Trondheim. Har bakgrunn som NK på MTB og skipssjef på Minerydder. Jobbet ved Navkomp som lærer i 9 år med bruk av simulator i undervisning og forskning, prosjektleder ved anskaffelser av simulatorene og simulatorleder siden 2009 da simulatorkontoret ble opprettet.



Orlogskaptein  
Frode Voll Mjelde  
  
Fagleder Human Systems Integration  
frodevoll.mjelde@sksk.mil.no

Jobber til daglig på Simulatorkontoret. Bakgrunn som VTO fra MTB, Kystvakt og Minerydder. MSc utdanning fra US Naval Postgraduate School. Hovedfokus på Human Factors, Integrasjon av teknologi og personell i militære kampsystemer, CRM/BRM/ERM, Simulatorsystemer og Trening/øving av militære team.



Kapteinløytnant  
Magne Bolstad  
  
Hovedinstruktør for  
«Militært hurtigbåtkurs»  
magne.bolstad@sksk.mil.no

Hovedinstruktør ved Simulatorkontoret. Har bakgrunn fra Storm- og Hauk-klasse MTB og Skjold-klasse korvett i tillegg til tjeneste som skipssjef på skolefartøyene Hessa/Vigra. Har jobbet ved NavKomp i snart tre år som instruktør inne Praktisk Navigasjon, ECDIS-kurs, CRM/BRM/ERM-kurs og Militært Hurtigbåtkurs. Studerer for tiden ledelse ved NTNU i Ålesund.



Orlogskaptein  
Henning Sulen  
  
Leder undervisningskontoret  
henning.sulen@sksk.mil.no

Leder ved undervisningskontoret ved NavKomp. Sjø-tjeneste på undervannsbåt, skolefartøy og fregatt med 2 deployeringer til STANAVFORLANT. Utdannet ved Sjøkrigsskolen og tok nylig Master of Science innen nautikk ved University of Nottingham. Underviser i navigasjonsfag og militær navigasjon med fokus på å gjennomføre rutine, teknikkene og metodene på en enkel måte.



Høgskolelektor  
Hans Magne Gløppen  
  
Lærer militær nautikk  
hansmagne.gloppen@sksk.mil.no

54 år, arbeidet som høyskolelektor i nautikk ved SKSK siden 2007. Bakgrunn først fra fiskeri, senere som dekksoffiser offshore, surveyor - undervannsoversjone offshore og som lektor på maritim teknisk fagskole. Maritim kandidat fra NTNU, utdannet dekksoffiser kl 1 fra Fiskeriteknisk høyskule i Ålesund, praktisk pedagogisk utdanning fra høyskolen i Bergen.



Kapteinløytnant  
Bård Hess  
  
Lærer militær nautikk  
bard.hess@sksk.mil.no

Lærer Militær Nautikk ved Sjøkrigsskolen. Tilbrakte ungdomstiden i oprom på MTB. Gikk ut fra Sjøkrigsskolen i 2006 og tjenestegjorde på Ubått frem til 2011. Deretter NORTG, SNMG1-stab og utdanning ved University of Nottingham. Begynte ved Navkomp høsten 2015.



Orlogskaptein  
Lasse Hiis Bergh

Leder øvingskontor  
lasse.hiisbergh@sksk.mil.no

Leder for øvingskontoret. Sjøtjenestebakgrunn fra UVB, Fregatt og Kystvakt. 8 års tjeneste som skipssjef i Kystvakten. Tjenestgjorde ved Combined Maritime Forces i Bahrain fra juli 2015 til januar 2016.



Kapteinløytnant  
Bjarne Haukås

Mønstringsoffiser  
bjarne.haukas@sksk.mil.no

Mønstringsoffiser ved øvingskontoret. Hovedansvarsområde er mønstring og støtte til Sjøforsvarets avdeliger i militær navigasjon. Bakgrunn fra Minedykkerkommendoen, Hauk klasse MTB og Skjold klasse kystkorvett. Tar for tiden master i "Management of Demanding Marine Operations" ved NTNU.



Kapteinløytnant  
Stig Brandal

Faglærer Militær Navigasjon  
stig.brandal@sksk.mil.no

Stig Brandal har hovedsakelig hatt operativ tjeneste på fregatt i perioden 1995-2006. Nautisk utdanning ved Sjøkrigsskolen (1999-2002). Har også tjenestegjort på USS Monterey (US Navy) og som personelloffiser i fregattvåpenet. Har siden 2009 vært ansatt ved Navigasjon Kompetansesenter og har i dag ansvaret for den praktiske opplæringen i navigasjon ved Sjøkrigsskolen.



Orlogskaptein  
Stein Egil Iversen

Leder navigasjonssystemkontoret  
steinegil.iversen@sksk.mil.no

Leder Navigasjonssystemkontoret. Bakgrunn som elektrooffiser innen ubåtvåpenet samt tjeneste ved Sjøforsvarets Maskin- og elektroskole og Skole for Skipsteknikk og Sikkerhet. Hovedfokusstøttetil Forsvarsmateriell i navigasjonsrelaterte prosjekter for å ivareta krav til militær navigasjon, samt opplæring av personell i Sjøforsvaret innen navigasjonssystemer/sensorer.



Kapteinløytnant  
Øystein Glomsvoll

Lærer navigasjon  
oistein.glomsvoll@sksk.mil.no

Lærer i nautikk ved Sjøkrigsskolen. Bakgrunn som skipssjef på Stridsbåt90 og navigator på Skjold-klasse, Minerydder og Nornen-klasse IKV. Begynte på Navkomp høsten 2014 etter fullført MSc. in Positioning and Navigation Technology ved University of Nottingham.



Kapteinløytnant  
Odd Sveinung Hareide

Fagleder elektronisk navigasjon  
oddsveinung.hareide@sksk.mil.no

Fagleder Elektronisk Navigasjon, med fokus på integrerte navigasjonssystemer og elektronisk navigasjon i forbindelse med støtte til Sjøforsvaret og i undervisning samt navigasjonsrelaterte prosjekter. Bakgrunn fra MTB, Hauk- og Skjold-klasse. Utdanning fra University of Nottingham, gjennomfører for tiden en doktorgrad i nautikk ved NTNU.



Kapteinløytnant  
Kåre Schiøtz

Fagleder navigasjonssystemkontor  
kare.schiotz@sksk.mil.no

Fagleder navigasjonssystem med fokus på radar. Bakgrunn fra MTB og minevåpenet.



---

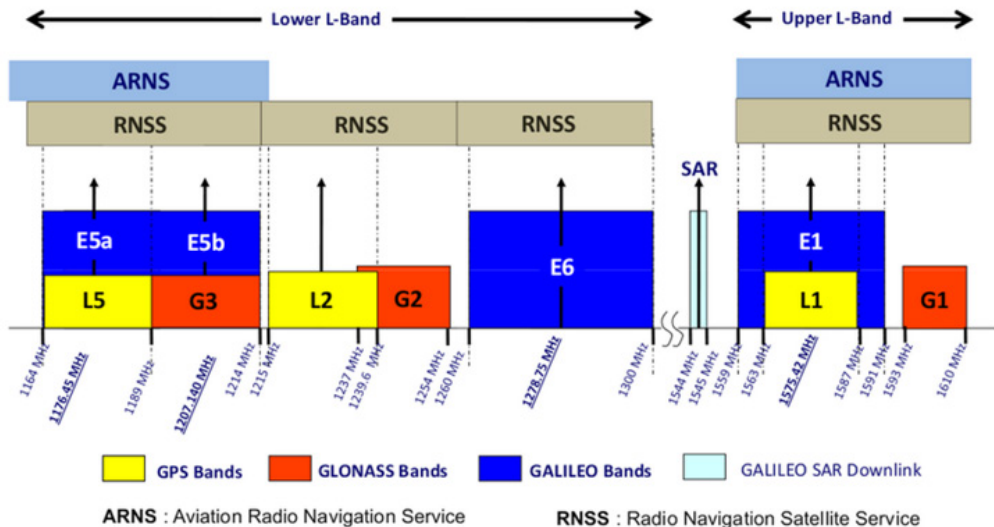
# DEL 1

Relevant teknologi til  
den spisse ende

---

# Jamming av signalene fra GPS- og GLONASS-satellitter, og fordeler ved å benytte GLONASS-satellitter i Nordområdene

Øystein Glomsvoll



Figur 1: GNSS-frekvenser (Navipedia 2014)



## INNLEDNING

Moderne GNSS- (Global Navigation Satellite System) mottakere har muligheten til å kombinere signalene fra det amerikanske GPS-systemet og russiske GLONASS. Denne artikkelen presenterer resultater fra tester der en kombinert GPS- og GLONASS-mottaker har blitt utsatt for jamming på de sivile primærfrekvensene. Dekningen til de to ulike satellittsystemene i nordområdene analyseres, og signal-til-støy forholdet fra signalene til GPS- og GLONASS-satellitter med høy og lav elevasjon sammenliknes når de utsettes for jamming. Målet med artikkelen er dermed å drøfte satellittsystemenes robusthet i et scenario der en utsattes for GNSS-jamming.

## TEORI

Figur 1 viser frekvenstilordningen for satellittsystemene GPS, GLONASS og Galileo. Som figuren viser ligger primærfrekvensene til GPS (L1) og GLONASS (G1) nær hverandre, og en enkel bredbåndsjammer vil kunne påvirke både L1 og G1.

Jamming vil føre til at den målte signalstyrken i GNSS-mottakeren synker. GNSS-mottakere måler og beregner et signal-til-støy forhold, ( $C/N_0$  – carrier-to-noise ratio eller SNR – signal-to-noise ratio), på signalet fra hver satellitt, og dette er den fundamentale parameteren for å definere kvaliteten til et GNSS-signal (Hofmann-Wellenhof, 2008). Signal-til-støy forholdet varierer hovedsakelig med elevasjonen til det mottatte signalet siden satellitter med høy elevasjon normalt er mindre påvirket av støy da de har en kortere signalgang gjennom de deler av atmosfæren der påvirkningen av støy er størst (ionosfæren og troposfæren) (Kaplan & Hegarty, 2006).

## BESKRIVELSE AV JAMMETESTEN

For å sammenlikne GPS- og GLONASS-signalene ble en avansert Leica GS10 GNSS-mottaker benyttet for å samle inn data. Dette er en mottaker som typisk brukes til geodetiske oppmålinger med millimeter-nøyaktighet. Tillatelse for å jamme ble innhentet fra Nasjonal kommunikasjonsmyndighet (NKOM).

Jammeren som ble brukt ga interferens sentrert rundt L1-frekvensen med en båndbredde på 60 MHz og en gjennomsnittseffekt på 0,33mW. Jammeren påvirket dermed både GPS L1- og GLONASS G1-frekvensene. Effekten fra jammeren var konstant under testen, og interferensstyrken ble variert med å forandre distansen mellom jammeren og mottakeren.

GNSS-mottakeren ble satt på land på Åkerøya nord av Harstad, og jammeren ble tatt om bord i en lettboat fra Kystvakten som seilte en fastlagt rute til og fra mottakeren (figur 2).

Jammeren ble slått på første gang i en avstand av 2200 meter fra GNSS-mottakeren, og lettbooten seilte mot

mottakeren med en konstant fart på 7 m/s inntil avstanden var 50 meter. På denne avstanden ble båten liggende i ro i ca. 20 sekunder før den seilte tilbake til en avstand av 1300 meter fra mottakeren hvor jammeren ble slått av. Jammetesten ble repetert fire ganger, og mellom hver serie ble jammeren slått av en kort periode.

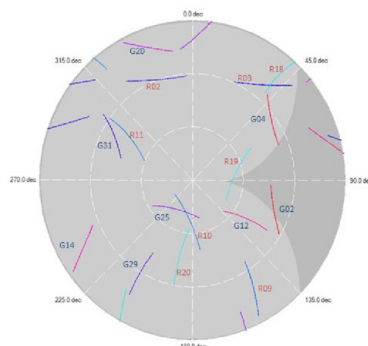


Figur 2: Foto tatt fra GNSS antennes posisjon

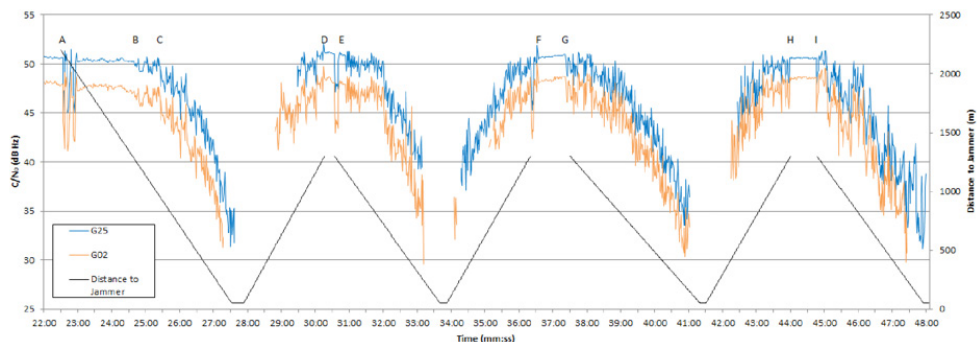
## RESULTATER

### Dekningen til GPS og Glonass satellitter i nordområdene

Figur 3 er et skyplot som viser bevegelsen gjennom rommet til GPS- og GLONASS-satellittene sett fra posisjonen til GNSS-mottakeren. Figuren viser elevasjonen, asimut og bevegelsen til hver enkelt satellitt i løpet av testens varighet på 1 time. Sentrum av sirkelen er rett over mottakeren (90 graders elevasjon), og de stiplede sirkelene utover angir elevasjon på 60 grader og 30 grader. Ytterkant av sirkelen viser horisonten. Blå G indikerer GPS satellitt og rød R indikerer GLONASS satellitt. Mørk grå farge i sirkelen indikerer at jammeren nærmet seg mottakeren fra øst (090 grader). Det er verdt å legge merke til den forholdsvis bedre dekningen GLONASS har i nordområdene på grunn av at GLONASS har en høyere baneinklinasjon til ekvator sammenliknet med GPS-satellittene (Hofmann-Wellenhof, 2008). Spesielt kan vi se to GLONASS-satellitter (R02 og R03) med en elevasjon på rundt 30 grader nord for mottakeren. De høyeste GPS satellittene har her til sammenlikning en elevasjon på maksimalt 15 grader i nordlig himmelretning.



Figur 3: Skyplot. GPS (G) og GLONASS (R) satellitter (Glomsvoll 2014)



Figur 4 C/N0-verdier for GPS-satellitene G25 og G02 samt distanse til jammer vs tid.

### Jammerrobusthet til signaler fra GPS satellitter med høy og lav elevasjon

Som beskrevet over gir C/N0 en god indikasjon på jamming. Figur 4 viser konseptet med å bruke C/N0-verdier for å analysere jamme-robustheten til GNSS-signalene. I figuren sammenliknes C/N0 fra en GPS-satellitt med høy elevasjon (G25) med en GPS-satellitt med lav elevasjon (G02).

Distansen til jammeren er vist med en sort linje for de periodene der jammeren er slått på. Den sorte linjen er brutt i tre perioder, og dette indikerer at jammeren er slått av mellom hver serie.

Som vist i skyplottet har G25 en elevasjon på over 60 grader mens G02 har en elevasjon mellom 30 og 40 grader i løpet av testen.

Figuren viser at den høye satellitten (G25) har en høyere C/N0-verdi og dermed er mindre påvirket av atmosfærisk støy gjennom de fire seriene. Da jammeren ble slått på i en avstand på ca. 2200 meter fra mottakeren (A) kan vi se at mottakeren registrerte et klart og tydelig fall i C/N0-verdien til begge satellittene og store svingninger oppstod. Etter de initiale svingningene stabiliserte mottakeren seg. Den samme effekten er vist av Tong (2011) i en simulertest og forklares med at GNSS-mottakeren etter en kort tid klarer å kompensere for en interferenskilde som er forholdsvis svak. Da jammeren nærmet seg en avstand på ca. 1300 meter (B) og interferensstyrken ved mottakeren følgelig økte oppstod det nye svingninger, og videre startet C/N0-verdiene til begge satellittene å synke i samme takt (C). Mottakeren mistet «track» av signalet til den laveste satellitten da avstanden til jammeren var ca. 200 meter og til den høyeste satellitten på en avstand av ca. 50 meter.

Da jammeren beveget seg bort fra mottakeren ser vi at mottakeren først får «lock-on» på signalet fra den laveste satellitten ved en avstand på ca. 750 meter og den høyeste satellitten ved en avstand på ca. 1000 meter. Jammeren

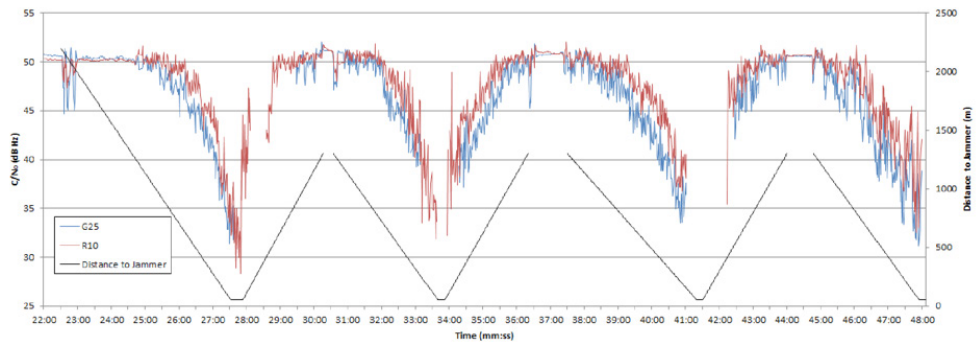
ble slått av da avstanden var 1300 meter (D), og neste repetisjon av testen startet med å slå på jammeren igjen i E.

De neste seriene (2 -4), samt analyse av C/N0-verdiene til de øvrige GPS- og GLONASS satellittene (Glomsvoll, 2014), bekrefter observasjonen fra den første serien med at mottakeren er mer sårbar for interferens etter at det har mistet signalet og skal starte signalfølgning på nytt, enn når det allerede har «lock-on» på signalet. Dette skyldes hovedsakelig at båndbredden i mottakerens «tracking loop», som har til oppgave å kontinuerlig følge det innkommende signalet, må være større mens det søker etter et signal siden Doppler-skiftet ikke er presist kjent (Bauernfeind et al., 2011). Når mottakeren allerede følger et signal er mottakerens «tracking loop» låst til signalet, noe som gjør jamming vanskeligere.

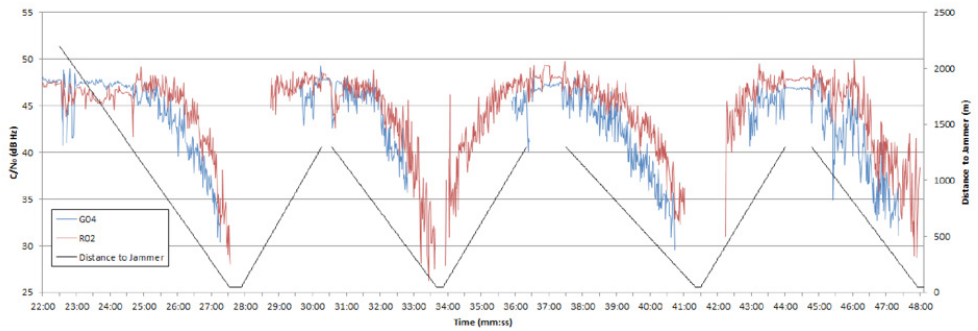
Generelt viste resultatene at signaler fra lave satellitter inneholder mer støy på alle stadier før jamming og når det utsettes for jamming. Videre er en høyere jammeeffekt nødvendig for å bryte «lock-on» til et signal enn den jammeeffekten som trengs for å hindre at mottakeren skal starte å følge et nytt signal.

### Jammerrobusthet til signaler fra GPS vs GLONASS satellitter

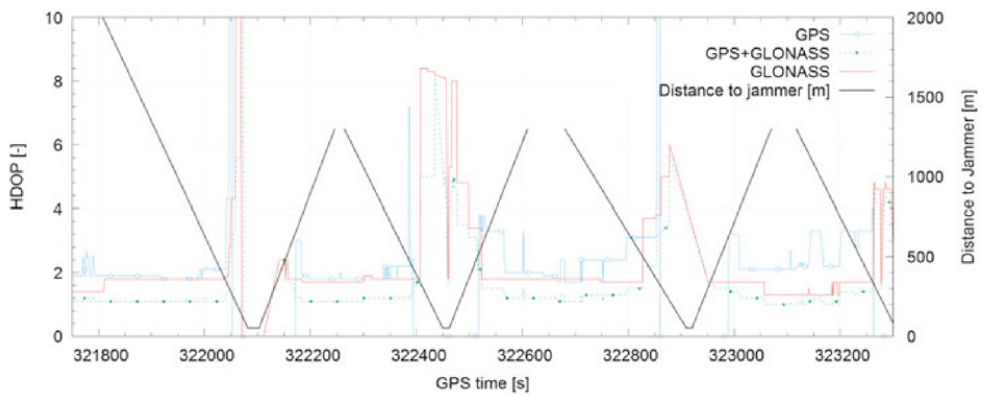
Figur 5 er en tilsvarende sammenlikning som vist over, men nå sammenliknes GPS-satellitten G25 med GLONASS-satellitten R10. Som skyplottet viser har disse to satellittene høyest elevasjon (65 – 72°) gjennom testen, og de befant seg nær hverandre i en sørlig himmelretning slik at de atmosfæriske forstyrrelsene er tilnærmet like. Før jammingen startet hadde G25 og R10 omtrent tilsvarende C/N0-verdier, og i det jammeren ble slått på hadde begge satellittene synlige svingninger i C/N0-verdiene. GPS satellittens C/N0 startet å synke tidligere enn R10 da jammeren nærmet seg, og GPS-signalet ble mistet tidligere enn GLONASS-signalet gjennom alle seriene. Videre ser vi også at mottakeren fikk «lock-on» på GLONASS-signalet, etter å ha mistet det, tidligere enn GPS-signalet gjennom alle seriene.



Figur 5 C/N0-verdier for GPS G25 og GLONASS R10 (begge høy elevasjon) samt distanse til jammer vs tid.



Figur 6 C/N0-verdier for GPS G04 og GLONASS R02 (begge lav elevasjon) samt distanse til jammer vs tid.



Figur 7 HDOP-verdier (Glomsvoll & Bonenberg, 2017)

Figur 6 sammenlikner C/N0-verdiene til GPS- og GLONASS-satellittene G04 og R02 som begge har en lav elevasjon på ca. 30°. Bortsett fra at begge satellittene har en lavere C/N0-verdi til å begynne med ser vi at det samme mønsteret som vist i figur 5 gjentar seg. Mottakeren klarer å følge GLONASS-signalene bedre når jammeeffekten er størst, og etter å ha mistet begge signalene klarer mottakeren å få «lock-on» på GLONASS-signalene tidligere enn GPS-signalene.

Figur 5 og 6 viser altså GLONASS-satellittene har en noe bedre robusthet mot jamming på primærfrekvensene enn GPS satellittene. Den bedre robustheten til GLONASS skyldes mest sannsynlig at lengden på GLONASS-koden er halvparten av GPS-koden og at hver GLONASS-satellitt sender på ulike frekvenser innenfor G1-båndet i motsetning til GPS-satellittene som alle sender på samme frekvens i L1-båndet (Vladislav et al., 2013).

#### HDOP-verdier

Figur 7 viser HDOP- (Horizontal Dilution Of the Precision) verdiene for GPS- og GLONASS-konstellasjonen. HDOP-verdien er kun relatert til den innbyrdes geometrien mellom satellittene og antall satellitter, og jo lavere verdi, jo bedre.

Resultatene viser at mottakeren beregner en lavere HDOP-verdi for GLONASS-konstellasjonen enn GPS-konstellasjonen. GLONASS gir dermed en bedre geometri gjennom hele testen. Figuren viser også tydelig at den aller beste geometrien fås ved å kombinere GPS- og GLONASS-konstellasjonene angitt i figuren som GPS+GLONASS, noe som ikke er så overraskende da antallet tilgjengelige satellitter doubles.

#### KONKLUSJON

Denne jammetesten viste at GLONASS G1 hadde en bedre ytelse enn GPS L1 når det ble jammet på primærfrekvensene, og at GLONASS-signalene var tilgjengelig over en lengre periode enn GPS-signalene. C/N0-verdiene til GLONASS-satellittene som var på samme nivå som GPS-satellittene før jammingen startet, forble generelt høyere mens jammeeffekten økte, og mottakeren klarte å følge GLONASS-signalene lengre en GPS-signalene. Etter å ha mistet signalene klarte mottakeren gjennom alle seriene å få «lock-on» tidligere på et GLONASS-signal enn et GPS-signal.

I tillegg til å være mer motstandsdyktig mot jamming viste HDOP-analysen at GLONASS-konstellasjonen ga bedre geometri i aktuelt område. Forbedret geometri skyldes i hovedsak den høyere inklinaisonvinkelen til GLONASS-satellittene. Dette gjør det mulig å følge satellitter med høy elevasjon i nordlige himmelretninger når vi befinner oss på høye nordlige breddegrader.

Denne testen har altså vist at en vil oppnå bedre dekning, geometri og økt jammerrobusthet ved å ta i bruk GLONASS-konstellasjonen. En kombinasjon av begge systemene vil definitivt vært fordelaktig for sivile brukere (Glomsvoll & Bonenberg, 2017).

#### REFERANSER

- Bauernfeind, R., Kraus, T., Dötterböck, D. and Eisfeller, B. (2011): «Car Jammers: Interference Analysis» in *GPS World*, October 2011, pp. 28-35.
- Glomsvoll, O. (2014). *Jamming of GPS & GLONASS signals - a study of GPS performance in maritime environments under jamming conditions, and benefits of applying GLONASS in Northern areas under such conditions*, Master Thesis, University of Nottingham.
- Glomsvoll, O., & Bonenberg, L. (2017). GNSS Jamming Resilience for Close to Shore Navigation in the Northern Sea. In *Journal of Navigation*, 70 (1), 33-48. doi:10.1017/S0373463316000473.
- Hofmann-Wellenhof, B. (2008). *GNSS—global navigation satellite systems: GPS, GLONASS, Galileo and more*. Wien and New York: Springer.
- Kaplan, E. and Hegarty, C. (2006). *Understanding GPS. Principles and applications*. Norwood, MA: Artech House.
- Tong, J.R.; Watson, R and Mitchell, C (2011): "Lone sentinel: single-receiver sensitivity to RF interference. (GNSS SYSTEM)." *GPS World*. [online] Retrieved from: <<http://www.highbeam.com>> [24.07.16].
- Vladislav, V., Demyanov, Y., Yasyukevich, V. and Jin, S. (2013). Effects of Solar Radio Emission and Ionospheric Irregularities on GPS/GLONASS Performance in Shuanggen Jin (ed.): *Geodetic Sciences - Observations, Modeling and Applications*. doi:10.5772/54568. [Online] Retrieved from: [www.intechopen.com/books/geodetic-sciences-observations-modeling-and-applications/effects-of-solar-radioemission-and-ionospheric-irregularities-on-gps-GLONASS-performance](http://www.intechopen.com/books/geodetic-sciences-observations-modeling-and-applications/effects-of-solar-radioemission-and-ionospheric-irregularities-on-gps-GLONASS-performance) [retrieved 21.09.16].

---

# Operativ forskning og utvikling – et eksempel

Odd Sveinung Hareide, Fagleder Elektronisk Navigasjon og Integreerte navigasjonssystemer  
Steffen Vågenes, Skipssjef KNM Storm

Forskning og utvikling er kreativ virksomhet som utføres systematisk for å oppnå økt kunnskap, og omfatter også bruken av denne kunnskapen til å finne nye anvendelser. Tettere samarbeid mellom det operative miljøet og forskning og utviklingsmiljøene vil styrke den operative yteevnen.

---

Sjøforsvarets Navigasjonskompetansesenter (Navkomp) er til for fartøyene, og forsknings- og utvikling (FoU) skal tilbakeføres til den spisse ende. Navkomp skal bidra til økt operativ evne for Forsvaret ved å definere tydelige satsingsområder basert på avdelingens komparative fortrinn og særegne kompetanse. Navkomp har utarbeidet en FoU-plan over fem år som definerer satsingsområder samt hvilke spesifikke forskningsprosjekt som er oppegående (1). Fagområdene ved Navkomp inkluderer alle forhold knyttet til militær navigasjon.

## ELEKTRONISK NAVIGASJON

Nesten samtlige av Sjøforsvarets fartøy gjennomfører nå elektronisk navigasjon enten på Electronic Chart Display and Information System (ECDIS) eller Electronic Chart System (ECS). Kongsberg Defence Agency (KDA) er leverandør av utstyr til flere av Sjøforsvarets fartøy, og deres ECDIS løsning er utbredt.

Ingen ECDIS software er optimal, og spesielt er det en utfordring at det er ingeniører som har designet det de tror navigatøren trenger. Dette kan i enkelte tilfeller ende opp i ukurante designløsninger.

Samtlige operative fartøyer i Sjøforsvaret stiller store krav til navigasjonsferdigheter for sitt personell. Utfordringene er forskjellige, men samtidig er meto-

dikken og prinsippene lik, uavhengig av om fartøyet er stort eller lite. Hurtigbåtnavigasjon stiller store krav både til navigatøren, men også til utstyret. Det er viktig at teknologi tilrettelegger for å lette arbeidsmengden for navigatøren. Skjold-klassen er verdens raskeste krigsskip, og har et krevende operasjonsområde som stiller store krav til navigatøren. En fregatt seiler i hastigheter opp mot 30 knop i krevende farvann, og utfordringene innenfor navigasjon har mange fellesnevner med mindre fartøy. Det er derfor viktig å ha et integrert navigasjonssystem som støtter navigatøren i sikker og effektiv militær navigasjon.



Figur 1: Skjold-klasse korvett (Kilde: Forsvaret)

## RUTEMONITORERINGSVINDU

Planlegging av seilas er grunnleggende og viktig, og Navkomp har utarbeidet et reglement for utøvelse av navigasjon (2). Målsetningen er at navigatører i Sjøforsvaret aktivt skal kontrollere systemet ved bruk av radar og optiske (visuelle) hjelpemidler. SNP-500 beskriver i vedlegg C notasjoner, som er navigatørens notater til gjennomføringen av seilasen. Denne informasjonen presenteres i rutemonitoreringsvinduet (Route Monitor Window), som er vist i figur 2.

Active Route **3N Austevoll - Bergen OSH**

Validation Status

Route ENC Val. Current Leg Next Turn Leg

Curr. WP **1 45GISO2 > FM1gWr**

Brg / Rng WOP **007.5° - 0.46 NM (RL)**

Time To WOP **2 06min 20s**

Next Leg Turn **3 048.5°** Rate **83°/min**

Radius **0.05 NM** Dist **4 0.6 NM**

XTD XTL AP Mode

Actua **5 S 39m** 165 m

Meters

ETA **19 Apr 10:29** Dest.

Figur 2: Rutemonitoreringsvinduet i Kongsberg ECDIS.

Informasjonen som er uthevet i figur 2 er essensiell for navigasjonen og omhandler:

1. Notasjon (i henhold til SNP-500 vedlegg C)
2. Tid til tårn
3. Neste kurs
4. Neste distanse
5. Avstand fra planlagt kurs

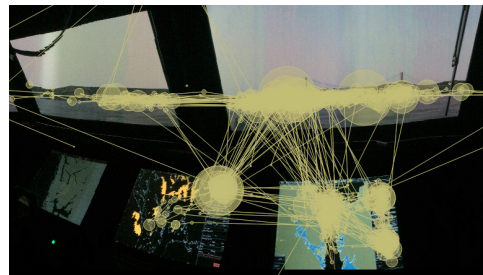
Et godt rutemonitoreringsvindu vil medføre at det er lettere å kontrollere posisjonen ved bruk av radar og optiske hjelpemidler, og dermed sørge for at de grundige forberedelsene faktisk blir brukt. I tillegg vil det være svært nyttig ved seilas med et degradert system (sensorer mangler eller kan ikke benyttes), da en hele tiden er avhengig av å kjenne planen i detalj flere kursar fremover.

I Kongsberg sitt ECDIS system er rutemonitoreringsvinduet lite, samt at den viktige informasjonen er presentert med liten skrift. Navigatøren skal lese og tyde denne informasjonen på cirka 2 meters avstand, i alle forhold, på et Multifunksjonsdisplay (MFD) som vist på figur 3. Dette inkluderer å kunne lese informasjonen i stummende mørke med store bevegelser i fartøyet, noe som er utfordrende.



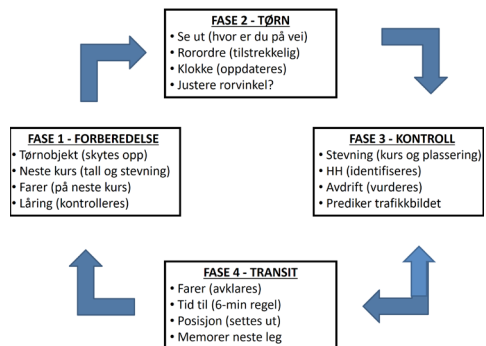
Figur 3: Rutemonitoreringsvinduet i Kongsberg ECDIS, sett fra navigatøren.

Ved hjelp av Eye Tracking utstyr, som registrerer hvor navigatøren retter oppmerksomheten, er det blitt tydelig identifisert at dette vinduet har et sub-optimalt design som reduserer navigasjonssikkerheten (3, 4). Dette kan blant annet vises ved å analysere søkemønsteret til navigatøren i figur 4. En sirkel er en fiksering (fixation), og en strek mellom sirkelene er den hurtige bevegelsen mellom en fiksering (saccade) (5).



Figur 4: Søkemønsteret til navigatøren.

Når det nye rutemonitoreringsvinduet skal designes er det viktig å gjøre dette i tråd med nåværende metodikk og prosedyrer. Metodikken for navigasjon i Sjøforsvaret er «Faser i navigasjon», vist i figur 5.



Figur 5: Faser i navigasjon. Kilde: Sjøforsvarets Navigasjonskompetansesenter

På bakgrunn av dette har Navkomp i samarbeid med brukerne funnet midler og gått i dialog med KDA for å utvikle et nytt design. Dette designet er gjort ved å utarbeidet relevant innhold til et rutemoniteringsvindu for militær navigasjon (6), vist i figur 6.

Current information	Current Heading	Planned Course
	Sailed distance	Planned Leg Distance
	Current heading mark	
Future information	Time to Wheel Over Point	
	Turning information	
	Next Course	Next leg distance
	Next heading mark	
	Remarks	
	XTD	Turn radius

Figur 6: Innhold i rutemoniteringsvindu for militær navigasjon

Kort fortalt inneholder dette vinduet informasjon om nåværende kurs (current information):

1. Nåværende kurs (som sammenstilles mot:)
2. Planlagt inneværende kurs
3. Utseilt distanse (sekundær tårnindikator, sammenstilles mot:)
4. Planlagt distanse på inneværende kurs
5. Nåværende stevneinformasjon

Årsaken til at denne informasjonen er tatt med er at den anses som essensiell i kontrollfasen, samt at en del informasjon som presenteres i forberedelsesfasen ofte glemmes (figur 5).

Videre presenteres informasjon om neste kurs:

1. Tid til tårn
2. Tårneinformasjon
3. Neste kurs
4. Neste distanse
5. Neste stevneinformasjon
6. Eventuelle merknader (for eksempel radarnotasjoner)
7. Cross Track Distance (XTD), distanse fra inneværende posisjon (fra valgt posisjonssensor) til den planlagte kurslinjen (i meter til styrbord eller babord)
8. Tårn radius (med for å vite hvor «hardt» neste tårn er).

Dette vil videre bli implementert av KDA i en beta-versjon og testes i navigasjonssimulatoren på Navkomp, for så å optimaliseres på bakgrunn av de erfaringene som høstes i disse simulatorforsøkene (Simulator Acceptance Test). Det foreløpige vinduet, men ikke endelig, vises i figur 7.



Figur 7: Rutemoniteringsvindu for militær navigasjon, første utkast. Kilde: KDA

## OPERATIV FOU GIR RESULTAT

Som et eksempel har Skjold-klassen nå seilt operativt i 7 år, og rutemoniteringsvinduet har vært et gjentakende samtaletema. Det operative miljøet har uttrykt sine utfordringer rundt bruken av systemet, men en har ikke hatt et tilstrekkelig FoU-samarbeid for å kunne gjøre noe med denne utfordringen. Rutemoniteringsvinduet er et konkret eksempel på hvordan rettet FoU-arbeid sammen med det operative miljøet resulterer i endringsforslag som implementeres og styrker den operative kampkraften. For at dette skal være en suksess er en avhengig av et sterkt FoU-miljø i et tett samarbeid med operative enheter.

Det er nå etablert faggrupper som skal være en samlingsplass for alle aktørene som benytter spesifikke ECDIS-system, og som skal være et forum for erfaringsutveksling og videre utvikling av både den operative bruken samt av selve systemet. Navkomp fasiliteter for disse faggruppene, der blant annet den årlige Navigasjonskonferansen er et naturlig møtested. Det er viktig at fartøyene tar seg tid til å komme med innspill som blir drøftet i disse faggruppene, dette for å fortsette videreutviklingen av systemene.

Det operative miljøet må få tid til å gjennomføre sine daglige operasjoner, samtidig som det må være interaksjon mot miljøet som skal drive forsknings- og utviklingsarbeid for de operative enhetene. Dette for å videreutvikle den militære navigasjonen for å understøtte brukernes behov, og dermed øke den operative evne.

*Hvis du ønsker å få mer inngående kunnskap om prosessen med å utvikle rutemonitoreringsvinduet, anbefales artikkelen «Developing a High-Speed Route Monitor window» som er presentert i Human Computer Interaction Conference samt publisert i konferansetidsskriftet (fagfelleurdert). Hvis du ønsker hele artikkelen, send en mail til forfatteren.*

#### REFERANSER:

1. Navigasjonskompetansesenter S. FoU plan. In: Docu-Live, editor. Bergen2016. p. 10.
2. RNoN. SNP 500. In: Centre NC, editor. Bergen: Royal Norwegian Naval Academy; 2012.
3. Hareide OS, Ostnes R, Mjelde FV, editors. Understanding the Eye of the Navigator. European Navigation Conference; 2016; Helsinki: Confedent International.
4. Hareide OS, Ostnes R. Maritime usability study by analysing Eye Tracking data. International Navigation Conference Proceedings. 2016:17.
5. Holmqvist K, Nyström M, Andersson R, Dewhurst R, Jarodzka H, Van de Weijer J. Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures: OUP Oxford; 2011.
6. Hareide OS, Mjelde FV, Glomsvoll O, Ostnes R, editors. Developing a High Speed Craft Route Monitor window HCI International 2017; 2017; Vancouver: Springer.



---

# Satellittbaserte navigasjonssystemer – Betydning for militær navigasjon, sårbarhet og alternativer

Stein Egil Iversen

Globale satellittbaserte navigasjonssystemer muliggjør presis militær navigasjon med høy hastighet og under alle forhold. Når signalene fra satellittene mottas, har de meget lav effekt som gjør de sårbare for elektromagnetisk påvirkning. Bortfall eller forstyrrelse av signalene får direkte påvirkning på fortsatt evne til å kunne navigere sikkert, presist og effektivt. For å redusere denne påvirkningen, må man derfor kunne identifisere forstyrrelser og minimere mulighet for at signalene faller ut.

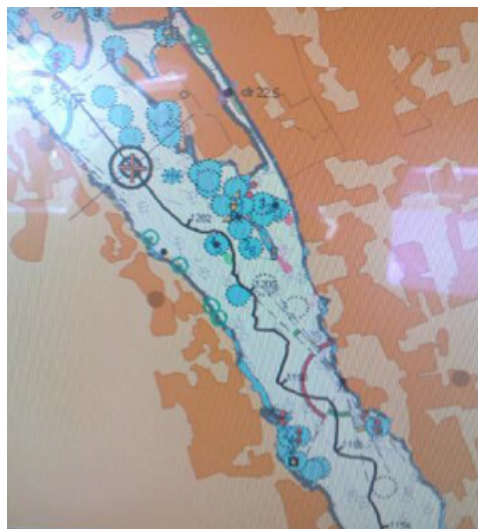


Fellesnevneren for alle globale satellittbaserte navigasjonssystemer (Global Navigation Satellite System – GNSS) er at signalene er tilgjengelig på global basis med en tilgjengelighet på 100 %, og at nøyaktigheten på signalene er innenfor systemspesifikasjonen 95 % av tiden.

NATO, og dermed Forsvarets, primære kilde til posisjonering, navigasjon og tid (PNT) er det amerikanske NAVSTAR GPS. Sammen med det russiske GLONASS, er dette de to eneste GNSS-systemene som i dag er operative. Innen EU er Galileo under utvikling, mens Kina utvikler Beidou. Av sikkerhetspolitiske og strategiske årsaker vil Galileo være det eneste systemet som NATO og Forsvarets enheter vil kunne anvende i tillegg til NAVSTAR GPS.

Signalene fra satellittene i et GNSS-system moduleres inn på bærefrekvenser. NAVSTAR GPS benytter to bærefrekvenser sentrert rundt 1575,42 MHz (L1) og 1227,6 MHz (L2). På L1 bærefrekvens er både et sivilt ukryptert signal og et militært kryptert signal modulert inn. På L2 er kun det militære krypterte signalet modulert inn. Galileo vil få et tilsvarende kryptert signal, PRS – Public Regulated Service.

Effekten som signalene sendes ut med avtar etter hvert som signalet forplanter seg gjennom de forskjellige sfærene som omgir Jorda. Styrken på det mottatte signalet ligger lavere enn Jordas naturlige elektromagnetiske bakgrunnsstøy. Før signalet kan dekodes, må GNSS-mottakeren først prosessere det innkommende signalet ved å anvende filtreringsteknikker som hever signalstyrken over bakgrunnsstøyen.



Figur 1: Feil posisjonsberegning

Elektromagnetisk utsendelse i samme frekvensområde som bærefrekvensene vil øke støynivået. Forholdet mellom støy og signal beskrives som J/S, der J er styrken på støyen og S er styrken på signalet. Alle GNSS-mottakere har en spesifikk J/S-terskelverdi. Operasjon nærme terskelverdien kan medføre at mottakeren ikke kan dekode signalene korrekt. Dette kan gi seg utslag i feilaktige posisjons- og fartsberegninger. I figur 1 er den historiske GPS-posisjonen til et fartøy vist. Fartøyet seilte i rett linje. På grunn av elektromagnetisk påvirkning indikerte GPS annet.

Øker støyen ytterligere vil ikke signalene kunne dekodes i det hele tatt. Mottakeren er da jammert. Jamming kan enten være tilsiktet eller ha sin bakgrunn i andre årsaker. En GNSS-mottaker med lav J/S vil være mere utsatt for påvirkning av støy enn en mottaker med høy J/S.

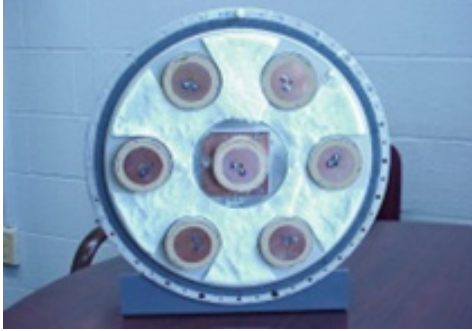
#### MINIMERING AV ELEKTROMAGNETISK STØY - ANTENNER

Den mest brukte GPS-antennen i Forsvaret er av type FRPA (Fixed Reception Pattern Array). Antennen mottar signalene på L1 og L2 bærefrekvensene og sender de til mottakeren. Eventuell støy vil også sendes til mottakeren som da kan bli forstyrret eller jammert. Antennen er billig og lett tilgjengelig, men også sårbar for elektromagnetisk støy.



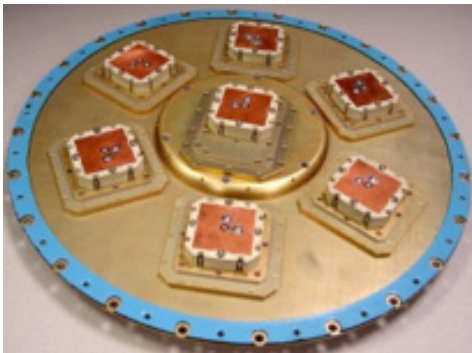
Figur 2: FRPA-antenne

For å minimere påvirkning av støy, kan man anvende Anti-Jamme antenner (AJ-antenner). Disse består av flere antennesegmenter. En elektronikkenhet mottar signalet fra hvert antennesegment. Elektronikkenheten kommuniserer med GPS-mottakeren, og har informasjon om satellittens bane og dermed deres retning. Støy vil være retningsbestemt og treffe antennesegmentene i annen vinkel og til annen tid enn satellittsignalet. Elektronikkenheten kan da nullte ut signalet på det spesifikke antennesegmentet som er utsatt for jamming. Dessverre vil man også miste signalet fra satellittene som er i samme retning. Dette reduserer antall tilgjengelige satellitter for mottakeren og degraderer dermed nøyaktigheten. Slike antenner benevnes nullstyringsantenner. Innen NATO brukes ofte Controlled Reception Array (CRPA).



Figur 3: CRPA – Nullstyringsantenne

En videreutvikling av nullstyringsantennen er styrt antennemønster. Dette baserer seg på at elektronikkenheten styrer forsterkning av signal i retning av satellittene. Styrt antennemønster gir langt bedre ytelse og motstandsdyktighet mot jamminger enn rene nullstyringsantennener. NATO benytter benevnelsen Advanced Digital Antenna Production (ADAP)



Figur 4: ADAP - Styrt antennemønster

CRPA- og ADAP-antennener er kostbare og har dimensjoner som vanskeliggjør anvendelse på mindre plattformer. I regi av GPS Directorate i USA er det derfor utviklet vesentlig mindre AJ-antennener med noe lavere ytelse enn ADAP men bedre enn CRPA. Programmet heter Small Antenna System (SAS). Antennener av denne typen er designet for bruk på militære land-, luft- og sjøenheter og forventes å være tilgjengelig for anskaffelse innen overskuelig framtid.



Figur 5: Small Antenna System

AJ-antennener reduserer J/S-verdien ned til et slikt nivå at GPS-mottakeren kan dekode satellittsignalet. Desto flere antennesegmenter, desto flere jammekilder kan håndteres samtidig. Sammenlignet med FRPA-antennen, gir AJ-antennener flere dekader bedre beskyttelse mot jamminger. Blir styrken på støysignalet for stor, vil ikke lengre AJ-antennene gi beskyttelse. Effekten på en jammer vil da måtte ligge i kilowatt området. De beskrevne AJ-antennene, er beregnet for militære brukere og underlagt strenge eksportregler. Bruk av Anti-Jamme antenner er eneste mulighet for å kunne anvende GPS under pågående operasjoner i områder med elektromagnetisk påvirkning. Fortsatt evne til sikker og effektiv navigasjon kan dermed opprettholdes.

### INTEGRITETSMONITORERING

Integritetsmonitorering i relasjon til GNSS-mottakere inkluderer evne til å oppdage feiltilstander, isolere disse for å minimere feilpåvirkning samt indikere at feil har oppstått. Dette muliggjøres gjennom kontinuerlig monitorering av en rekke parametre. Hensikten er å opprettholde PNT kalkulasjoner så lenge som mulig.

Dersom man er utsatt for elektromagnetisk påvirkning, vil monitorering av enkelte parametre kunne gi indikasjon om dette før mottakeren blir jammert. En slik funksjonalitet er ikke nødvendigvis implementert i GNSS-mottakere. Brukeren må derfor vite hvilke parametre som blir påvirket.

### GNSS STANDARDISERTE TELEGRAMMER

Signaler fra GNSS-mottakere tilføres en rekke systemer og sensorer som alle krever forskjellig informasjon. Signalformatet som anvendes er standardisert med en rekke forskjellige telegrammer avhengig av type bruker av signalet. Ved valg av mottaker er det er meget viktig å være bevisst hvilke typer signaler de enkelte brukerne krever, da ikke alle mottakere kan sende ut disse signalene. Dette kan resultere i at muligheten for integritetsmonitorering av GNSS reduseres.

### GNSS-MOTTAKERENS OPPFØRSEL NÅR DEN ER JAMMET

Alle GNSS-relaterte telegrammer inneholder en form for validitetsindikator som angir om meldinger er gyldig eller ikke. Når mottakeren er jammert ut og ikke lengre i stand til å gi noen PNT-verdier, vil enkelte mottakere kontinuerlig sende ut siste kjente posisjon. Andre mottakere sender ut telegrammer der PNT-dataene er satt til null. Validitetsindikatorerne i telegrammene angir at meldingen ikke er korrekt.

Systemer, sensorer og utstyr som mottar PNT-data vil på en eller annen måte indikere at man har mistet informasjonen og forkaste meldingene. Dette gjøres gjerne på grunnlag av definert maksimalt tidsrom mellom hver gang man mottar signaler eller de nevnte validitetsindikatorerne eller en kombinasjon av disse.

Det er svært viktig å være klar over hvordan jamming indikeres i GNSS-telegrammene slik at man kan sette opp andre systemer og utstyr til å indikere bortfall av GNSS. Eksempelvis kan ECDIS være satt opp til kun å gi alarm dersom det ikke mottar oppdatert signal. Dersom mottakeren kontinuerlig sender siste kjente posisjon, vil ECDIS motta en statisk posisjon som anses gyldig. Fremplottning av eget fartøys posisjon på ECDIS vil da stanse opp uten at alarmer vil bli gitt.

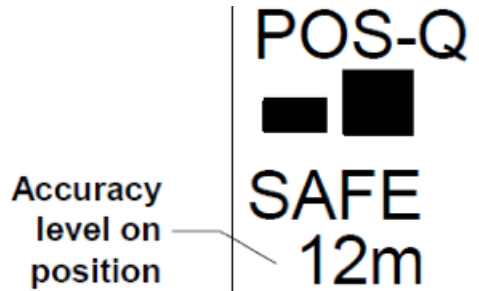
#### DILLUTION OF PRECISION - DOP

Posisjonering ved hjelp av GNSS baserer seg på triangulering stedlinjer fra satellitt til mottaker. GNSS-mottakeren må være lastet med oppdaterte banedata for de forskjellige satellittene. Det kreves mottak fra tre satellitter for å få en 3D posisjon. Posisjonen er der stedlinjene skjærer hverandre. Posisjonsfeilen på signalene i verdensrommet er ca. 0,5 meter. Etter hvert som signalene forplanter seg gjennom Jordas sfærer, øker posisjonsfeilen. Dette gjør at det er en viss usikkerhet og dermed posisjonsfeil forbundet med skjæringspunktet. Mottakeren velger de tilgjengelige satellittene basert på deres geometri, der de satellittene som gir best skjæring inngår i posisjonsestimaten. Dette uttrykkes som DOP-verdier. Med tanke på posisjonering, er det den horisontale DOP-verdien (HDOP) som er interessant. En HDOP-verdi på 1,0 eller lavere angir optimal geometri. Økende HDOP-verdi indikerer at mottakeren ikke kan ta mot signalet fra de satellittene som gir best posisjonsløsning. Årsakene til dette kan være at mottakeren ikke har fri sikt til satellittene, eller at man er utsatt for elektromagnetisk påvirkning. Økende HDOP vil resultere i redusert posisjonsnøyaktighet. SNP-500, reglement for utøvelsen av navigasjon på Forsvarets fartøyer, angir sammenheng mellom HDOP og posisjonsnøyaktighet.

Typegodkjente maritime GNSS-mottakere vil gi indikasjon dersom HDOP verdien overstiger 4,0. Militære GPS-mottakere er ikke underlagt de sivile typegodkjenningskravene, og vil nødvendigvis ikke gi tilsvarende indikasjon. Paradoksalt nok er det på enkelte sivile GPS-mottakere ikke mulig å se HDOP-verdier på operatørpanelet, kun ved å se på innholdet i datameldinger som går ut fra mottakeren. Det eksisterer ikke krav til ECDIS om at HDOP-verdier skal kunne presenteres. Fartøyer med WECDIS har en innstillbar HDOP alarmgrense.

#### RAIM – RECEIVER AUTONOMOUS INTEGRITY MONITORING

Mottakeren må ha signal fra 4 satellitter for å beregne tid og posisjon. De øvrige tilgjengelige satellittene inngår i RAIM som er en autonom integritetsalgoritme. RAIM sammenligner posisjonsløsningen fra de 4 anvendte satellittene med posisjonsløsning fra de øvrige. Dersom forskjellen i posisjon overstiger en terskelverdi, vil enkelte mottakeren gi indikasjon om dette. Terskelverdien kan på de fleste sivile GNSS-mottakere settes av operatør.

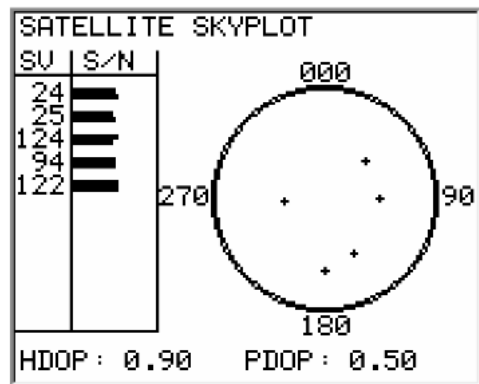


Figur 6: RAIM terskelverdi

Nyere mottakere vil kunne anvende en forbedret RAIM algoritme for å ekskludere satellitter som gir feilaktig posisjonsløsning. RAIM-informasjonen kan enten presenteres på operatørpanelet til mottakeren, eller så kan mottakeren sende informasjon på et standardisert dataformat til for eksempel ECDIS eller andre systemer. Det er imidlertid ikke krav om at dette skal være implementert.

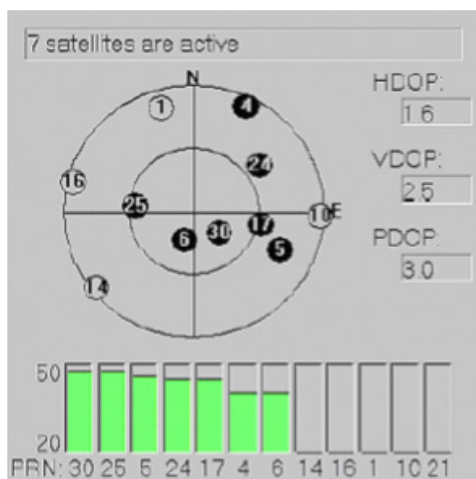
#### SNR – SIGNAL TO NOISE RATIO

SNR, signal til støy forhold, er et uttrykk for det mottatte satellittsignalets styrke i forhold til bakgrunnsstøyen. Lave SNR verdier innebærer at deler av signalet går tapt i bakgrunnsstøyen. GNSS-mottakeren vil forkaste signaler som ligger lavere enn en gitt verdi. For praktiske formål kan dette betraktes som signalstyrke. SNR omtales ofte også som SN eller S/N.



Figur 7: Visning av SNR på GNSS operatørpanel

SNR vil også kunne vises på enkelte ECDISer forutsatt at GNSS-mottakeren er i stand til å sende de datameldingene ECDIS krever.



Figur 8: Visning av SNR i ECDIS

SNR-verdiene er ikke statiske, men vil variere avhengig av satellittens geometriske plassering og elevasjon i forhold til eget fartøy samt bakgrunnsstøyen i det området man befinner seg.

Dersom man er utsatt for elektromagnetisk påvirkning vil bakgrunnsstøyen øke og SNR reduseres. Graden av reduksjon er avhengig av hvor nærme man er støykilden. En GNSS-mottaker vil ikke gi indikasjon på redusert SNR-verdi men fortsette PNT-estimerer inntil den blir jammet ut.

Når en GNSS-mottaker starter opp, kreves det høyere SNR-verdier enn ved normal drift. Jo nærmere man er en støykilde, jo lavere blir SNR-verdiene. Mottakeren vil bli jammet ved en viss avstand til støykilden. Denne avstanden må økes før mottakeren skal kunne dekode satellittsignalene.

Utvikling av en automatisk algoritme i for eksempel ECDIS som beregner dynamiske SNR-alarmer vil kunne gi operatøren varsel om at man er utsatt for elektromagnetisk påvirkning for mottakeren jammes.

#### SKY PLOT

I tillegg til SNR viser figurene 7 og 8 også to forskjellige typer visning av skyplot for GNSS. Skyplottet er en grafisk fremstilling av hvor satellittene er i forhold til mottakeren. Dette angir retningen og elevasjonen til satellittene som mottakeren får signal fra. Informasjonen i skyplottet kan variere, men man vil alltid se hvilke satellitter som er tilgjengelige. Når mottakeren er utsatt for elektromagnetisk påvirkning, vil antall satellitter reduseres i forhold til hva som er normalt. For NAVSTAR GPS sitt vedkommende er dette mellom 5-8 satellitter.

#### MILITÆRE GPS-MOTTAKERE

Militære GPS-mottakere lastet med krypto kan motta de krypterte militære signalene som distribueres via L1 og L2 bærefrekvensene. Oppbygging og struktur til det militære signalet er beskyttet, mens det sivile signalet er åpent og kjent. Tilsvarende er tilfelle for de øvrige GNSS-systemene. Dette gjør at man har mulighet for å sende ut manipulerede signaler i den hensikt å mislede sivile GNSS-mottakere.

Grunnet strengere krav til produksjon og installasjon har militære GPS-mottaker marginalt bedre robusthet mot elektromagnetisk påvirkning enn sivile mottakere, men er beskyttet mot GPS narresignaler (spoofing).

Sistegenerasjons militære GPS-mottakere benytter en kryptograferingsstruktur som gjør det mulig å anvende kun det militære signalet. Eldre militære mottakere må først få tidssynkronisering via det sivile signalet for overgang til militært signal er mulig.

Et pågående moderniseringsprogram oppdaterer satellittene i NAVSTAR GPS. Flere signaler for både militære og sivile brukere vil bli gjort tilgjengelige etter hvert som eldre satellitter byttes ut. For å nyttiggjøre seg disse signalene må mottakere og antenner oppgraderes eller byttes ut.

#### NAVIGASJONSKRIGFØRING

Ved å opprettholde PNT-informasjon for egne styrker samtidig som man nekter en opponent denne informasjon vil man ha en taktisk fordel i en konflikt. Dette kalles navigasjonskrigføring (Navigation Warfare – NAVWAR). NAVWAR er utviklet som eget konsept i NATO. Ved bevisst å jamme alle andre GNSS-bærefrekvenser sett bort fra GPS L2 i konfliktområdet vil man oppnå denne fordelene. For å kunne opprettholde GPS-basert PNT må man derfor ha en sistegenerasjons militær mottaker.

#### MULTIKONSTELLASJONSMOTTAKERE

Ved å anvende GNSS-mottakere som kan ta mot signalet fra flere forskjellige GNSS-systemer vil man minimere risiko for feil i ett system. Bærefrekvensene til eksisterende GPS og GLONASS samt kommende Galileo og Beidou ligger forholdsvis nærme hverandre. Satellittsignalene er alle høyfrekvente med lav effekt når de mottas. Alle systemene er derfor sårbare for elektromagnetisk påvirkning. Fordelen ved å anvende multikonstellasjonsmottakere er at man ikke gjør seg avhengig av kun ett system samtidig som man oppnår bedret PNT-nøyaktighet. Elektromagnetisk påvirkning avgrenset til ett bestemt frekvensspekter vil kun påvirke ett system som gir økt robusthet.

For Forsvaret vil anvendelse av multikonstellasjonsmottakere være avgrenset til GPS og Galileo som begge vil ha signaler som er kompatible med hverandre.

## OPPSUMMERING

Tilsiktet jamming og spoofing av GNSS-frekvenser fra både sivile og militære aktører har de senere år blitt stadig mer utbredt. For Forsvarets vedkommende må man være bevisst denne trusselen og fatte nødvendige grep i form av teknologiske tiltak både for eksisterende plattformer og ved nyanskaffelser.

For å minimere sårbarhet mot elektromagnetisk påvirkning er det påkrevet at Forsvarets plattformer utrustes med Anti-Jamme antenner tilpasset de eksisterende og kommende satellittsignalene.

Forsvarets fartøy må være utrustet med til enhver tid oppdaterte sistegenerasjons militære GNSS-mottakere for å kunne fortsette operasjon i et NAVWAR scenarie uten degradering av operasjonsevne eller effektorer. Multikonstellasjonsmottakere med mulighet for tilgang til krypterte signaler vil øke evne til fortsatt operasjon.

Telegrammer fra GNSS-mottakere må være tilpasset de systemer som mottar PNT-informasjon slik at disse gir korrekt alarm når de mister signalet.

Ved mistanke om at man er utsatt for jamming/påvirkning må man i dag sammenholde HDOP og SNR-verdier. Økende HDOP og synkende SNR indikerer påvirkning. Ved å utvikle og implementere en automatisk "early warning" algoritme basert på reduksjon i SNR sammen med innstillbar HDOP alarmgrense, vil man tidligere kunne identifisere dette og fatte nødvendige tiltak for å opprettholde militær navigasjon.

Ved å gjøre RAIM-informasjon fra mottakeren tilgjengelig på et egnet system der man sammenstiller informasjon om HDOP og SNR vil man oppnå en langt bedre integritetsmonitorering enn i dag. Dette må tilrettelegges ved spesifisering av GNSS-systemet om bord.

Backup-systemer til GNSS som terrengnavigasjon, treghetsnavigatorer og terrestriel navigasjon anvendes i dag i Forsvaret. Den teknologiske utviklingen innen disse områdene har ført til stadig økende ytelsesforbedring. Samtidig pågår det forskning og utvikling der andre systemer og metodikker danner basis for alternativer. Det er viktig at Forsvarets plattformer til enhver tid har en sensorpark som bidrar til at man kan løse oppdrag.

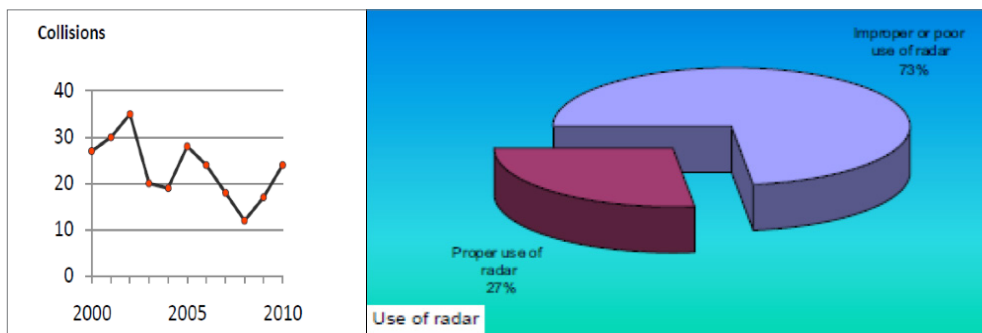
Uansett hvilket GNSS- og back-up system man anvender vil evne til fortsatt militær navigasjon være avhengig av følgende: **Navigatøren må vite hvordan elektromagnetisk påvirkning eller jamming av GNSS kan oppdages, hvordan dette påvirker mottakeren og øvrige systemer om bord samt hvordan man best mulig anvender back-up systemene.**

# Blir radar og AIS utnyttet maksimalt i anti-kollisjon på moderne fartøyer med integrerte brosystemer?

Steinar Nyhamn

Overgangen fra papirkart og enkle hjelpemidler til elektroniske kart i et integrert navigasjonssystem har vært signifikant. Det har medført endringer det ikke var mulig å forutsi. Kontroll av systemet står fremdeles sentralt, men nå er det mer enn radar og visuell kontroll. I tillegg til radar har vi fått AIS som komplimenterer radar i anti kollisjon og det var derfor interessant å se på om bruken av disse har endret seg.

Artikkelen baserer seg på en MSc oppgave fra Nottingham University, og viser at de viktige verktøyene radar og AIS ikke alltid blir utnyttet til det fulle. Den viser også at kunnskapen om disse systemene er for lav. Figur 1 viser nettopp denne trenden for sivile fartøyer over en 10 års periode (SD, 2010). Denne trenden er også beskrevet av det engelske undersøkelsesmyndigheten; Marine Accident Investigation Branch (MAIB) i en rapport fra 2004.



Figur 1 viser utviklingen i kollisjoner og at i 73 % av tilfellene var radaren brukt feil

## INNLEDNING

Navigering i norske farvann er basert på lange tradisjoner. Fartøyene bruker mye tid og krefter på å navigere raskere, sikrere og taktisk smartere. I flere tiår har radaren vært det viktigste elektroniske verktøyet for kontroll av seilasen. Etter innføringen av computer baserte integrerte brosystemer (IBS), ble det innført et nytt sett med verktøy, og det er dermed teknologisk mulig å gjøre ting raskere og med en høyere grad av automatisering og presisjon. Men innføringen av ny teknologi har ikke bare ført til en sikrere og mer effektiv navigering. Statistikk viser at i løpet av det siste tiåret har det vært kollisjoner i omtrent samme antall som tidligere. De aller fleste rapporterte kollisjoner beskriver at det er brudd på de internasjonale reguleringer for hindrer kollisjoner på sjøen (COLREG) oppstår. Rapportene beskriver også ofte feil bruk av radar (regel 7b) og AIS<sup>1</sup> (regel 5) samt mangel på forståelse av disse systemene.

ring og presisjon. Men innføringen av ny teknologi har ikke bare ført til en sikrere og mer effektiv navigering. Statistikk viser at i løpet av det siste tiåret har det vært kollisjoner i omtrent samme antall som tidligere. De aller fleste rapporterte kollisjoner beskriver at det er brudd på de internasjonale reguleringer for hindrer kollisjoner på sjøen (COLREG) oppstår. Rapportene beskriver også ofte feil bruk av radar (regel 7b) og AIS<sup>1</sup> (regel 5) samt mangel på forståelse av disse systemene.

<sup>1</sup> AIS er ikke nevnt i regel 5 men den beskriver at det skal holdes utkikk med alle midler. AIS er definert inn som et middel.

I tillegg til en visuell vurdering er radar og AIS de viktigste hjelpemidlene for å unngå en kollisjon. Radar er godt kjent, men har vært under stadig utvikling. Alle fartøyer i Sjøforsvaret har installert AIS og operatørene har de nødvendige kurs. Bruk av AIS er pålagt i sjøveisregel nr 5.

For å undersøke hvordan radar og AIS blir utnyttet i Sjøforsvaret, ble det gjennomført en observasjon av live navigering på et marinefartøy og i simulatoren på NavKomp. I tillegg ble 19 offiserer intervjuet med et spørreskjema for å evaluere kunnskap om radar og AIS.

### LIVE OBSERVASJON

Observasjonene ble gjennomført om bord på en Skjold klasse. Forflytningen var for det meste i fart over 40 knop. Som et eksempel trekker jeg frem en observasjon når fartøyet entrer fra et åpent til lukket farvann og hvor AIS potensielt kan gi viktig informasjon frem i tid.



Figur 2 Bildet fra live situasjon hvor fartøyet ikke utnyttet AIS for å få en bedre situasjonsforståelse lengre syd i sundet

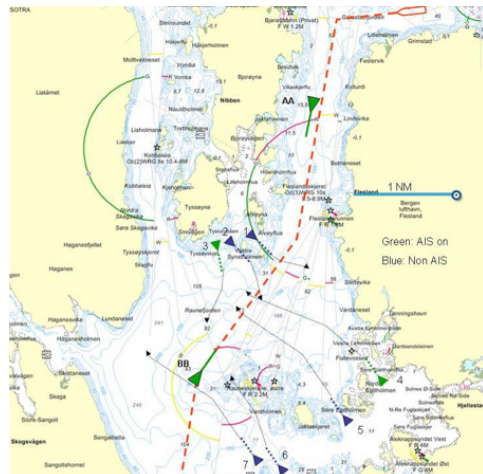
Seilasen ble gjennomført med "visuell kontroll." To kontakter ble observert og anslått til ikke å være noe fare selv om de ikke ble tracket med radar eller hadde utnyttet data på AIS. Alle AIS mål var i «sleeping mode» som betyr at det ikke vises noe visuell informasjon utenom den grønne trekanten. AIS har en fordel som radar ikke har da den kan vise et mål bak en øy. I dette tilfellet viste AIS en hurtigbåt lengre syd der eget fartøy skulle seile (se Figur 2). Hurtigbåten hadde nettopp gått fra kai og var på vei opp med farten. Navigatøren hadde muligheten til å få denne informasjonen hvis de hadde utnyttet AIS systemet. Med en mulig relativ hastighet på rundt 70 knop var det potensiale for økt risiko. Derimot fortsatte seilasen uten at navigatørene hadde den rette situasjonsforståelse og mulighet til å tenke alternative handlinger (What if?) i god tid. Navigatørene håndterte situasjon meget bra etter at hurtigbåten ble oppdaget visuelt. Andre observasjoner viste lignende resultater også når egen fart var lavere og det var potensielt mer tid til å utnytte radar og AIS.

Andre observasjoner var:

- AIS ble ikke vesentlig mer utnyttet i mørket.
- Radar ble ikke testet før det måtte brukes
- Radar ble bare justert når absolutt nødvendig
- Høy hastighet krever noen ganger raske beslutninger som vanskeliggjør maksimal utnyttelse av radar og AIS.
- De fleste beslutninger var basert på optiske observasjoner alene
- AIS mål forble som regel i «sleeping mode»
- Til tider var det høy arbeidsbelastning, som var forårsaket av arbeid utenom navigasjon

### SIMULATORDEL

I simulator var det mulig å teste flere like scenarier på flere navigasjonsteam samt at det var mulig å generere situasjoner med mange kryssende fartøyer som ikke alle oppførte seg iht sjøveisreglene. Noen av scenariene var således noe overdrevet men var laget for å få frem kompleksiteten i å håndtere informasjon fra visuelle observasjoner og elektroniske systemer.

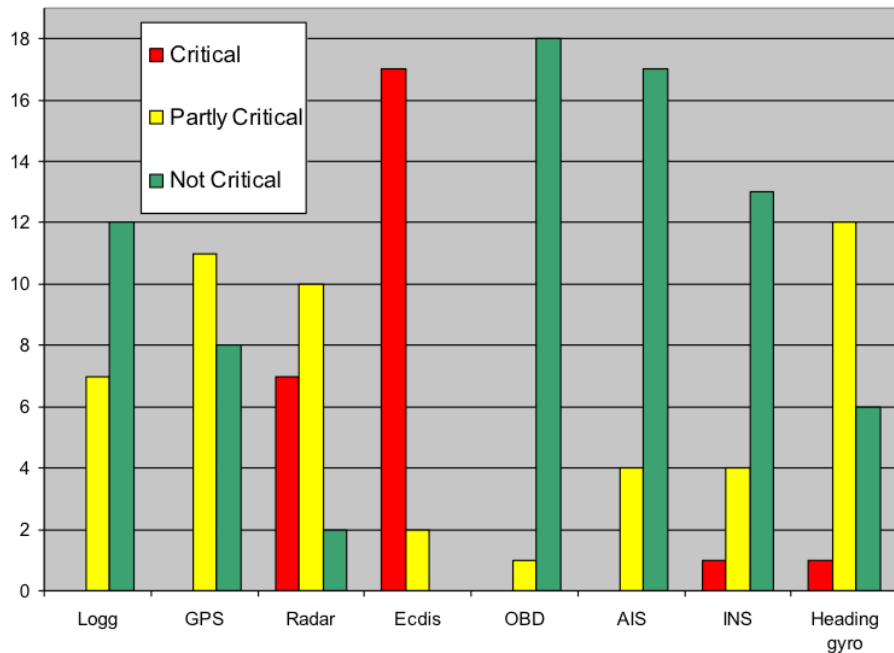


Figur 3. Kompleks scenario i simulator

Figur 3 viser en slik kompleks situasjon med fartøyer som krysser ledene. Noen som sender på AIS og noen som ikke sender. Området har mange små øyer som kan gjøre det vanskelig å oppdage et mål som ikke har AIS. Forsøkene ble gjort i mørket med til dels dårlig sikt.

Erfaringene viste at det var svært krevende å få oversikt uten god optisk sikt. Funksjoner som for eksempel «trails» kunne ha gjort oversikten lettere men ble ikke utnyttet til det fulle. Alle navigasjonsteamene fant at det var umulig å opprettholde høy hastighet. Det var også svært vanskelig å oppdage de kontaktene som ikke hadde AIS og disse ble ofte detektert sent. Selv om dette var et krevende scenario viste forsøket at det er viktig med gode rutiner og god kunnskap om radar og AIS for å kunne utnytte disse optimalt.





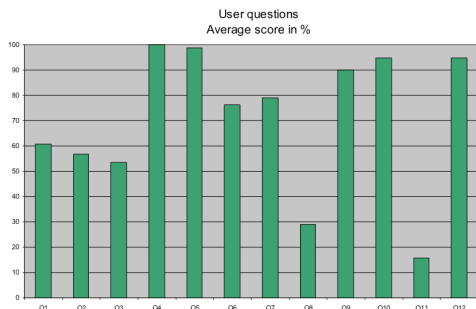
Figur 4 viser hvor kritisk navigatørene mener det forskjellige utstyret er

#### KVANTITATIV UNDERSØKELSE

Spørreundersøkelsen var laget for å måle kompetanse på radar og AIS og å se om det var noe sammenheng mellom utfallet av disse og observasjoner gjort live og i simulator.

Den første området som ble undersøkt var hvorledes navigatørene oppfatter viktigheten av sensorer og utstyr. Hvor kritisk var de forskjellige hjelpemidlene ifm en transitt i høy hastighet i mørket?

Av Figur 4 kan vi se at ca halvparten mener at de kan gjennomføre oppdraget uten radar og neste alle mener at AIS ikke er kritisk.

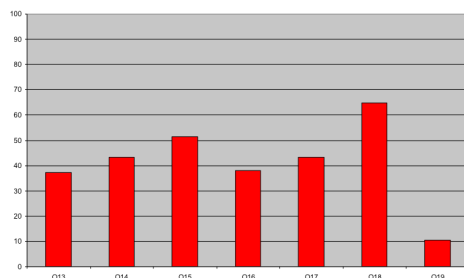


Figur 5 viser score i % på de enkle spørsmålene

Det neste område for undersøkelsen var å måle kompetansen. Det ble laget to typer spørsmål, relativt lette spørsmål om deler de bruker ofte og noe vanskeligere spørsmål som ga mer svar om forståelse, men som det er meningen at navigatører skal kunne.

Samlet gjennomsnittlig poengsum på Q1-12 var 71% som er et akseptabelt nivå. Imidlertid kan det hevdes at basert på vanskelighetsgraden burde resultatet vært bedre for erfarne navigatører. Noe av grunnen til dette er at selv om funksjonene opereres ofte har operatørene glemt hvordan de teknisk virker i systemet.

Level 2 questions. Deeper technical level  
Average score in %



Figur 6 viser score i % på spørsmål av høyere vanskelighetsgrad

Figur 6 viser resultatet av spørsmålene som er av vanskeligere natur. Dette er spørsmål som krever systemforståelse som er nyttig for en navigatør å kjenne til.

Disse mer tekniske spørsmålene resulterte i et gjennomsnittlig resultat på 41% med det laveste på 10% og høyeste på 65%. Spørsmål 19 har lavest poengsum fordi det tar opp et fenomen som ikke skjer veldig ofte. På 6 av spørsmålene var det mer ensartede resultater enn "brukernivå" spørsmålene. Offiserene uttalte at de ikke hadde tenkt på dette temaet siden skolen. Et spørsmål omhandlet fordeler og ulemper med radar og AIS. Denne vurdering er viktig at en navigatør er familiær med og begge systemer er i bruk hele tiden. Allikevel var kunnskapen innen dette emnet for lav.

### KONKLUSJON

Funnene viser at hjelpemidlene som er tilgjengelige på et moderne navigasjonssystem for å unngå kollisjoner er ikke fullt ut forstått og ikke fullt utnyttet. Noen automatiske funksjoner er aldri brukt og knapt utforsket. Visuelle observasjoner var den viktigste og vanligste metode for å skaffe seg en SA før beslutninger ble gjort. Elektronisk informasjon fra radar og AIS var tilgjengelig men ble for sjelden benyttet.

Undersøkelsen viser også at det er stor fokus på ECDIS som primær informasjonskilde og at visuell kontrollmetode er den mest brukte metoden i navigasjon. Dette gikk på bekostning av radarbruk og utnytting av AIS. Indirekte kunne det se ut som om dette også førte til liten nysgjerrighet og utforskning av radar og AIS. Unntaket var når det er dårlig optisk sikt hvor radaren ble et primært hjelpemiddel og kontakter ble tracket, men selv da ble ikke AIS utnyttet maksimalt. Om det er en sammenheng mellom kompetanse og dårlig utnyttelse av AIS og radar er vanskelig å slå fast da navigatørene er preget av hvordan de blir opplært av mer erfarne navigatører. Dog, er det rimelig sikkert at manglende kunnskap ikke er hjelper på en positiv utvikling på området.

NavKomp har brukt mye ressurser på å øke forståelse til navigatørene for å kontrollere informasjon fra det integrerte navigasjonssystemet, og primært med visuelle metoder. Det anbefales at det i fremtiden legges mer vekt på også å utnytte elektronisk informasjon i tillegg til dagens mest brukte metoder.

De viktigste funnene fra masteroppgaven slik de ble skrevet på engelsk:

- Both radar and AIS are being used as an anti-collision aid, but not all the electronic features are fully understood and used the way they are intended
- The navigators are being taught from the beginning of their training that the truth is found by looking out the window. Generally, this is a very sound attitude, but the ideal procedure would be to combine all the different aids, including visual, to achieve a better SA

- Most of the operators use the same method in every situation. Not one team utilised all the different features during the tests, e.g. relative vectors, EBL, OBD etc.
- The complexity of the radar and AIS in the IBS is in some scenarios too much to handle for the navigators who instead simplify and reduce the inputs leading up to a decision
- The level of understanding in the user level questions was in general good with the exception of a few questions
- The more technical part was not that familiar, indicating that the level of system understanding could be limited in some areas
- The operators were capable of using the system on a daily basis, but limited knowledge in some areas might hamper a maximum exploitation of the IBS
- Very few, perhaps none, of the candidates involved in this thesis had a near complete overview and understanding of the aids in anti collisions.

### REFERANSER

- NYHAMN, S. 2013. *The use of radar and AIS in anti-collision on a modern IBS in the Norwegian Navy*. MSc
- SD 2010. *Ulykker – utvikling fra 2000-2010*. Sjøfartsdirektoratet, Kystverket
- MAIB, M. A. I. B. 2004. *Bridge watchkeeping safety study*. In: BRANCH, M. A. I. (ed.). Southampton.

---

# 3D Terreng prosjekt

Frode Voll Mjelde, Jonathan Utne og Sondre Flaatten

Et samarbeidsprosjekt mellom Sjøkrigsskolen (SKSK), United States Military Academy (USMA) og The University of Southern California Institute for Creative Technologies (USC ICT) for å gi mindre militære enheter en organisk evne til å planlegge oppdrag gjennom visualisering av ukjent terreng på digitale verktøy.

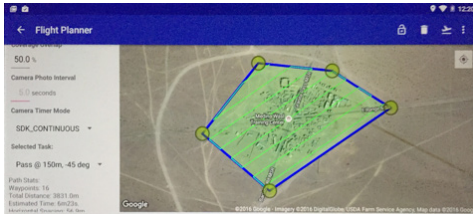


Figur 1, Konseptuell modell av 3D Terreng prosess

## INTRODUKSJON

Droner vil bli brukt for å innhente bilder av et valgt kystnært terreng i Bergensområdet som er av interesse for et fremtidig oppdrag i forbindelse med en av Sjøkrigsskolens øvelser.

ICT har utviklet en egen software som lar operatøren benytte en smarttelefon eller Android/Ipad tablet til å velge et område som skal skannes (Figur 2).



Figur 2, ICT Flight planner tool (Bilde: ICT)

Dronen flyr av seg selv og starter opptak av bilder. Ved lavt batterinivå vil dronen returnere til utgangspunktet, operatørene monterer nytt batteri og så fortsetter opptaket fra der den avsluttet. Bildene vil deretter bli lastet opp og gjort tilgjengelig for ICT sin avdeling i Los Angeles for prosessering og generering av 3D terreng. De formaterte filene vil bli overført til instruktører fra USMA og SKSK på Android/Ipad tablets innen oppdraget skal gjennomføres. 3D terrengkart vil deretter bli presentert for SKSK kadett team under øvelsen. Et integrert prosjektteam fra SKSK, USMA og ICT vil samle inn og analysere data om bruk og effekt av 3D terrengkart. Figur 1 viser en konseptuell skisse av prosessen.

Det legges stor vekt på utnyttelse av rimelig og tilgjengelig COTS 3D-teknologi som tilfredsstiller Sjøforsvarets krav til militær navigasjon. Sjøforsvaret ønsker å utnytte denne teknologien slik at et militært fartøy vil kunne opprettholde evnen til fortsatt sikker og effektiv navigasjon selv ved bortfall av GPS (Iversen, 2016). Produktet skal også være brukervennlig og kunne tas i bruk med minimalt behov for opplæring og trening.

## BAKGRUNN

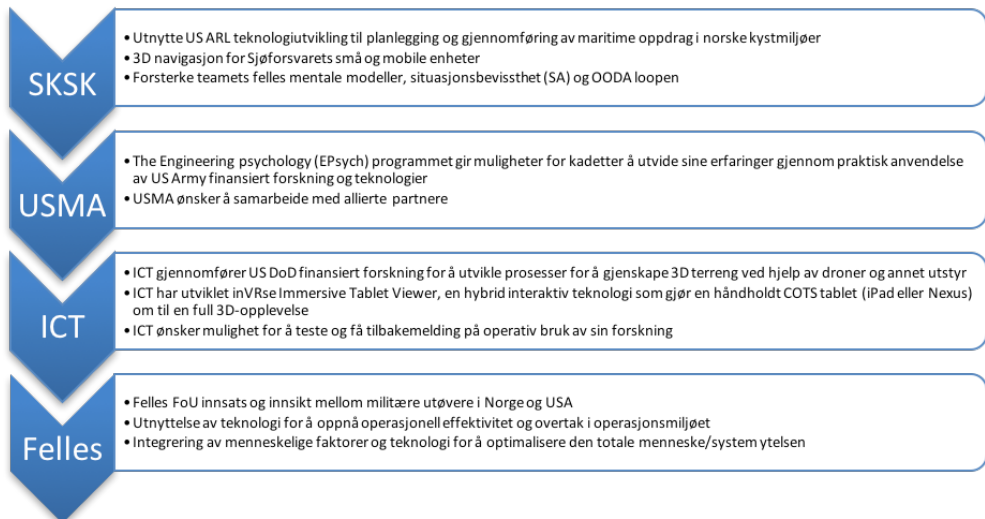
Prosjektet startet i desember 2016 og løper foreløpig frem til høsten 2017, hvor samarbeidspartnerne har både individuelle og felles mål (Figur 3). Felles mål handler i store trekk om å utnytte teknologi i den hensikt å kunne løse fremtidige oppdrag på en best mulig måte (gevinst), og definering av usikkerheter i forhold til å kunne implementere foreslåtte tiltak (Mjælde, 2016).

## GJENNOMFØRING

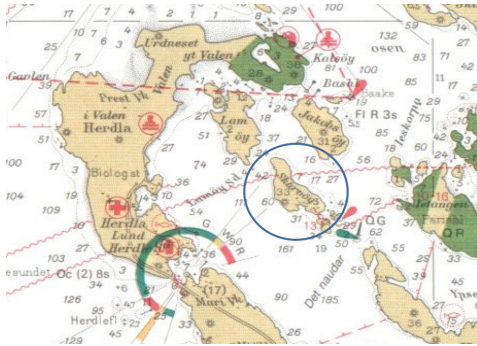
To forstudier, hvorav den ene er ferdigstilt, skal gjennomføres for å teste ut teknologien før sluttesten løpet av sommeren vil fokusere på operativ anvendelse.

### Forstudie 1

Den første studien ble gjennomført i Norge i løpet av øvelse MAROPS i februar 2017. Kadetter fra operativ og teknisk linje inngikk i SKSK 3D Terreng team og gjennomførte innsamling av data med en Phantom 3 PRO og en Phantom 4 PRO på Skarvøyna, en øy like øst for Herdla (Figur 4). Hensikten var å teste ut dronenes kapasiteter med fart, rekkevidde, styringsmuligheter, bildeklarhet, etc., og å laste bildene opp på en server for generering av 3D terreng.



Figur 3, Individuelle og felles mål med 3D Terreng prosjektet



Figur 4, Skarvøyna sjøkart

Sjøkrigsskolens skolefartøy Kvarven ble avsatt til operasjonen. Rutemønstret ble lastet opp til dronene og innsamling ble iverksatt. Etter ca 1,5 timer var bildene samlet inn. På dette tidspunktet var det ikke tilgang på ICT sin 3D terreng software og bildene ble isteden prosessert via en prøveversjon utviklet av DroneDeploy (DroneDeploy.com). Et utkast av bilder fra 3D terrenget er vist i figur 5.

Nederst til venstre i figur 5 er det et eksempel på elevasjonsdata som også vil kunne være tilgjengelig avhengig av farvannets beskaffenhet, tid på døgnet og tid på året. Selv om programmet ikke gir like godt detaljnivå som ICT sitt ville en operatør sannsynligvis kunne brukt denne visualiseringen til planlegging for oppdrag, med lettere gjenkjennbar informasjon enn fra todimensjonale papir-, og elektroniske kart.

Totalt tidsforbruk fra deployering av skolefartøy til ferdigstillelse av 3D kart vist i figur 5 var ca. 10 timer. Forstudien ga en god indikasjon på tidsbruk og viste

samtidig at SKSK manglet en bildealgoritme på vårt styringssystem som ville plassert alle bildene i et optimalt mønster for generering av 3D terreng.

### Forstudie 2

Et team fra USMA og USC ICT vil innhente dronebilder over bestemte områder av Camp Buckner, West Point. Bildene sendes så til forskere i LA for behandling i 3D terrengkart som kan sees gjennom inVRse Immersive Viewer på en Nexus tablet (Spicer, McAlinden, & Conover, 2016).

Målet for studien er å etablere en prosess som gjør det mulig for hurtig innhenting, foredling og ferdig 3D-visning for sluttbrukeren Camp Buckner forstudien vil samtidig bli brukt til å forberede et team av USMA EPsych kadetter til å delta på Sjøkrigsskolens øvelse. Testen på Camp Buckner vil skje i mars og april 2017

### Sluttet

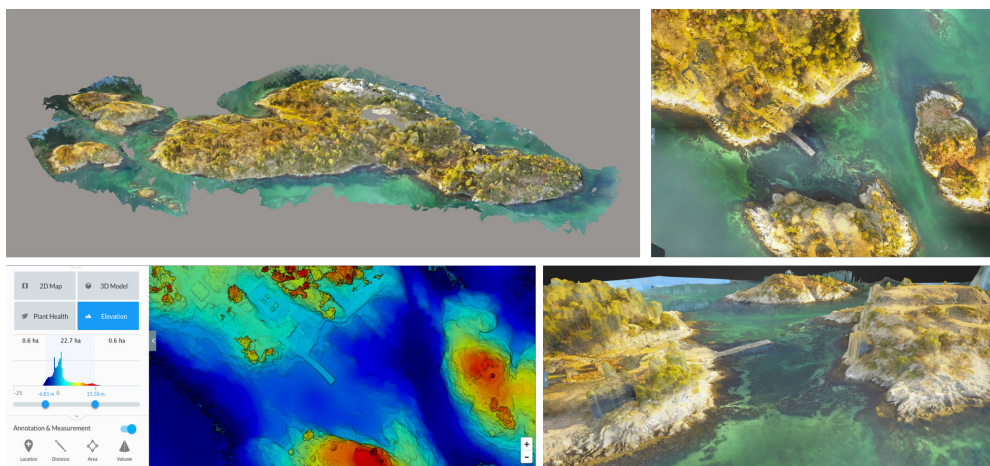
Droner vil bli brukt til å innhente bilder av et valgt kystnært terreng i Bergensområdet som er av interesse for et fremtidig oppdrag i forbindelse med en av Sjøkrigsskolens øvelser.

3D terrengkart vil deretter bli gjort tilgjengelig for SKSK kadett team under øvelsen og et integrert prosjektteam fra SKSK, USMA og ICT vil samle inn og analysere data om kadettens bruk og operativ effekt av 3D terrengkart.

### DELTAKERE OG RESSURSER

Prosjektet ledes i fellesskap av OK Frode Mjelde (SKSK), Major Charles Rowan (USMA) og Project Director Richard DiNinni (ICT). Teamet består også av ytterligere kadetter og stab fra begge krigsskolene.

3D Terreng teamet på SKSK består nå av kadetter fra operativ, logistikk og teknisk linje som alle vil dra dette videre til å skrive bacheloroppgaver om hvordan teknologi kan innføres i Forsvarets operasjoner og øke kampkraften.



Figur 5, 3D genererte utsnitt av Skarvøyna



Figur 6, 3D Terreng USC Institute for Creative Technology Campus (Bilde: ICT)

Prosjektet har således enorme utviklingsmuligheter og kan føre til en kontinuerlig FoU virksomhet på dette området så lenge SKSK fortsetter å ha lokal utdanning av alle linjene. Vi benytter våre egne øvelser som test-plattform for FoU og konseptutvikling som gir direkte overføringsevne til Forsvaret angående kapasiteter og begrensninger på personell og materiell.

Som tilskudd til drøftingen rundt modulbasert krigsskoleutdanning så kan det informeres om at dette prosjektet ville vært umulig å gjennomføre uten deltakelse fra et representativt utvalg av kadetter fra alle linjene ved Sjøkrigsskolen. Det hjelper heller ikke dersom man lager en utdanningsmodell hvor teknisk personell som studerer sivilt kommer «innom» for å delta på øvelser, da de ikke vil inneha tilstrekkelig forståelse av Forsvarets forventninger, behov og krav til ytelse.

#### OPPSUMMERING

Funn fra forstudiene vil bli benyttet til å optimalisere prosessen for sluttesten. Med nye algoritmer for billedplassering vil man kunne oppnå like god detaljgrad som på det 3D genererte terrenget fra USC Campus (Figur 6).

Totalt sett er dette arbeidet en mulighet til å utnytte US Army Research Laboratory investeringer i forskning og teknologi (McAlinden, 2016) for å utføre praktiske forsøk ved SKSK i oppdragsplanlegging og lederutvikling, gi USMA kadetter hands-on erfaring med nye prosedyrer for å samle inn data i felt og gjøre den om til operativ anvendelse, og la USC ICT å teste og få tilbakemelding på operativ bruk av sin forskning.

SKSK vil benytte anledningen til å utforske COTS basert 3D teknologi for militær navigasjon som kan gi økt visuell representasjon av terrenget for planlegging og

gjennomføring for maritime oppdrag, og å trene team cognition, felles mentale modeller, situasjonsbevissthet (SA) og John Boyds OODA loop. Prosjektet antas å kunne overføres til et prosjekt som skal evaluere 3D navigasjon for Forsvarets små og mobile enheter og må ses i sammenheng med Sjøforsvarets strategiske konsept 2016-2040 (Sjøforsvarsstaben, 2016).

Sjøkrigsskolen vil bygge videre på resultater fra dette arbeidet for å etablere grunnlag for fremtidig FoU i utnyttelse av teknologi for å oppnå operasjonell effektivitet og overtak i operasjonsmiljøet og integrering av menneskelige faktorer og teknologi for å redusere livssyklus-kostnader og optimalisere menneske/system ytelsen.

#### REFERANSER

- DroneDeploy.com. (u.d.). Hentet februar 2017 fra <https://www.dronedeploy.com/>
- Iversen, S. E. (2016). Militær navigasjon basert på Commercial Off The Shelf (COTS) produkter. (O. S. Hareide, & F. V. Mjelde, Red.) *Necesse*, 1(1), 54-58.
- McAlinden, R. (2016, April). *One World Terrain (OWT)*. Hentet 2017 fra USC Institute for Creative Technologies (ICT):<http://ict.usc.edu/prototypes/one-world-terrain-owt/>
- Mjelde, F. V. (2016). Oppnåelse av Forsvarets oppgaver gjennom teknologisk integrasjon. (O. S. Hareide, & F. V. Mjelde, Red.) *Necesse*, 1(1), 44-46.
- Sjøforsvarsstaben. (2016). *Sjøforsvarets strategiske konsept 2016 – 2040*. Bergen: Generalinspektøren for Sjøforsvaret.
- Spicer, R., McAlinden, R., & Conover, D. (2016). Producing Usable Simulation Terrain Data from UAS-Collected Imagery. *Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference (IITSEC) 2016*. NDIA.

---

# Navigasjon på nettbrett

Odd Sveinung Hareide

Bruken av nettbrett og smarttelefoner til navigasjonsformål øker. Dette kan være et godt tilskudd for sikker navigasjon, samt i enkelte tilfeller et bidrag til militær navigasjon. I denne artikkelen presenteres fordeler og ulemper med bruken av nettbrett, samt hva en må være klar over ved bruk av sjøkartapplikasjoner. Artikkelen er et utdrag av rapporten: «Elektronisk navigasjon på nettbrett» fra Navkomp som er tilgjengelig i DocuLive.

---

Sjøforsvaret innfører papirløs navigasjon, og det er kun få fartøy i Sjøforsvarets flåte som i dag benytter papirkart om bord. IMO har godkjent bruken av Electronic Chart Display and Information System (ECDIS) som erstatning for papirkart. ECDIS er et typegodkjent system basert på IMO Resolution MSC.232(82) (Revised Performance Standards for ECDIS) for fartøy fra etter 1. januar 2009, original versjon gjeldende fra før 2009 (IMO Resolution A.817 (19)). På grunn av en del krav til back-up og størrelser på skjermer så er ikke ECDIS like godt egnet i mindre fartøy.

Innføringen av stadig flere elektroniske hjelpemidler for navigatøren stiller store krav til systemforståelsen til navigatøren. Årsaken til dette er at systemene er mer komplekse, samtidig som bruken er forholdsvis enkel. Systemene er programmert og presenterer informasjon på ulike måter, og kan lese elektroniske kart og sensorinformasjon på forskjellige måter (f.eks S-57 vs TX-97 og GGA vs GLL). Studier viser at det ikke er tilstrekkelig systemforståelse blant dagens navigatører (Gould, Kjerstad, Hareide, Nyhamn), og dette kan føre til navigasjonsulykker grunnet manglende systemforståelse.

Stadig mindre fartøy ønsker å benytte seg av elektronisk navigasjonssystem, som er en samlebetegnelse for

alle systemer som ikke er ECDIS, kjent som Electronic Chart Systems (ECS). ECS kommer i mange ulike utgaver, både med tanke på hardware (datamaskinen) og software (programvaren). Det har blitt mer og mer bruk av nettbrett (datamaskin som ser ut som en skjerm) i forbindelse med navigasjon.

Sjøforsvarets Navigasjonskompetansesenter (Navkomp) ønsker ikke at brukerne skal bli bundet til IMO sine krav når det kommer til elektronisk navigasjon, men at en også kan benytte seg av andre tilgjengelige, funksjonelle hjelpemidler til elektronisk navigasjon. For at brukerne skal ha noe å forholde seg til har det blitt utgitt «Retningslinjer for gjennomføring av elektronisk navigasjon», SNP-500. Denne skal alltid ligge til grunn når elektronisk navigasjon gjennomføres. Når en ikke benytter typegodkjente systemer er det ytterst viktig at navigatøren (operatøren) har stor forståelse for hvordan systemet fungerer, slik at en er klar over muligheter og begrensninger i systemet. I DocuLive er «Retningslinjer for bruk av elektroniske kartsystemer» tilgjengelig som gir ytterligere føringer for avdelinger som ønsker å benytte seg av ECS.

## TESTER FRA NAVKOMP

Tester har blitt gjort både innendørs og om bord på fartøy (lukket og åpent fartøy).



Figur 1: Bildekollasj av de tre fartøyene (Foto: Forsvaret)

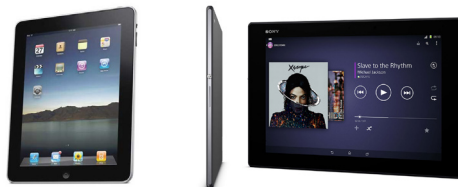
- Fartøy 1: RIB, 8m
- Fartøy 2: Lukket fartøy, AluTech
- Fartøy 3: SB90

Tester har blitt gjort på ulike nettbrett (Sony Xperia Z2 Tablet og Apple Ipad2). Utviklingen innenfor nettbrett er rask og det kommer stadig nye produkt på markedet. Det har vært prøvd ut to ulike typer nettbrett for å ha en referanse, ikke for å finne ut hvilke nettbrett som er best.

Det er her viktig å understreke at hver bruker må gjøre en vurdering på hva behovet er, og hvilket miljø nettbrettet skal fungere i. Dette vil gi føringer på hvilke type nettbrett som bør velges.

Tester har blitt gjennomført på ulike software (Navionics, NaVida, iSailor, Plan2Nav, InavX, SeaCross og SeaIQ). Det vil i denne rapporten ikke bli gjengitt fordelene og ulempene med samtlige av de 5 ulike programmene som ble testet, men i rapporten blir det gitt en sammenstilling av hvorvidt programvaren oppfyller kravene i SNP-500. Det må også understrekes at det er flere leverandører som kan levere ECS til nettbrett.

Testene har blitt gjort med ulike typer beskyttelse for nettbrett som tåler støt og væske (LifeEdge). Det finnes mange ulike typer beskyttelse på markedet, og her kom-



Figur 2: Sony Xperia Z2 Tablet og Apple Ipad2 (sony.com og apple.com)

mer stadig nye og forbedrede versjoner. For eksempel finnes det til iPad en vanntett kasse med monteringsløsning. I denne testen ble det kun benyttet beskyttelse av typen LifeEdge til iPad for å se hvorvidt nettbrettet tålte å være ute i grov sjø med mye sjøsprøyt, støt og sol på seg. Testen består derfor bare av hvorvidt beskyttelse fungerer eller ikke.

Tester har blitt gjort med ladebank. Det finnes mange ulike typer ladebanker på markedet i dag, og dette markedet er i stadig utvikling. Prisene og ytelsen varierer. Brukeren må være klar over at nettbrett har begrenset batterikapasitet som forringes ytterligere ved lave temperaturer. Hvis en ikke har tilgang på ekstern strømkilde, kan en bli avhengig av en ladebank. Det kan også være nødvendig med en løsning som sørger for varme til batteriet slik at det holder lenger. Dette er helt avhengig av bruksområde og type fartøy. Som et eksempel så holder batteriet på iPad2 ved bruk av iSailor med loggefunksjoner aktivert i 5 timer i temperaturer på -5 grader. Brukeren må gjøre en vurdering på hva behovet er, og hvilket miljø nettbrettet skal fungere i. Dette vil gi føringer på om det er nødvendig med ekstra batterikapasitet og/eller andre løsninger for å bedre batterikapasiteten.

## FUNN

Type nettbrett må velges på bakgrunn av behovet til den enkelte bruker. Det er også enkelte programvarer som bare er tilgjengelig i AppStore eller på Android, dette må brukeren gjøre seg kjent med på forhånd. Noen applikasjoner er betal tjenester, og noen trenger permits for å benytte S-63 kart. Pr 1/2-2017 er følgende applikasjoner testet på de ulike mediene:

HVA	APPSTORE	ANDROID	WINDOWS
Navionics	X	X	
Navida	X	X	
iSailor	X		
Plan2Nav	X		
InavX	X		
SeaCross			X
SeaIQ	X	X	

Tabell 1: Applikasjoner tilgjengelig på ulike medier



Programmene er generelt sett bygget opp likt. De har ulike grensesnitt, og det er stor forskjell i brukervennligheten til programmene. Samtlige program legger vekt på å ha et stort kart tilgjengelig på skjermen, og i tillegg har en mulighet til å velge ulike ekstrafunksjoner som kan vises i skjermbildet.

Det er viktig å være klar over at enkelte programmer kun kjører på spesifikke operativsystem, ref tabell 1.

Navigatoren er avhengig av å kunne stole på kartene. De fleste ECSeer har ikke «godkjente» kart ihht IMO sin S-57 standard. Årsaken til dette er at de ønsker å holde kostnadene nede, og lager derfor i stor grad sin egen versjon av kart i gjeldende område. Som et eksempel bruker Transas TX-97 format på sine elektroniske kart til bruk i iSailor. TX-97 format betyr kart cellene er konverterte ENC (S57 data) fra sjøkartverkene som tillater dette, og som Transas da igjen betaler royalties for.

Eksempevis er beste kart som dekker SKSK; havnespesial i Bergen, NO6H1010, og det navnet bærer også kartcellen i iSailor, Pilot Pro og Yacht Viewer (Transas produkter).

Oppdateringer skjer som følger:

- Kvartalsvis på kjøpte kart i iSailor
- Kvartalsvis på kjøpte kart i Yacht Viewer
- Månedlige på abonnerte kart i Pilot Pro.

Med hensyn på overgang fra S-57 til Transas TX 97 kart, så er det noe metadata som ikke følger med, samt at eksemplvis "opplyste" blinker ikke har eget symbol. Det finner en først ut ved å gå på info i Objektet, og finner at det i tillegg til eks Red Light, så er det en Floodlight.

I testen er det kun SeaCross og SeaIQ som kan benyttes med S-57/S-63 kart.

Lysstyrke samt mulighet for dimming er en utfordring på nettbrettene. Problemstillingen oppstår under natts-eilas, samt under seilas med sol som står på skjermen. De fleste navigasjonsapplikasjonene har mulighet for å sette nattmodus, kombinert med at skjermen på de aller fleste nettbrett kan en justere lysstyrken på (dimme). For eksempel iPad 2 er ikke optimal, fungerer greit å bruke under natts-eilas (lyser er noe for sterkt, men kan ytterligere dimmes langt inne i softwaren).

Det største problemet oppstår når skjermen blir utsatt for direkte sollys. Det blir da tilnærmet umulig å lese hva som står på skjermen, uavhengig av hvilket skjermminnstillingen en benytter seg av.

Samtlige applikasjoner har mulighet for tilkobling av eksterne sensorer. Dette kan være både over wifi, men også direkte via com-port eller bluetooth. Her finnes

flere produkter på markedet, blant annet finnes det wifi AIS mottakere, samt GNSS sensorer som sender både på wifi og bluetooth (som i tillegg kan kobles til com-port). Her må brukeren vurdere behov, samt gjøre en vurdering i forhold til security.

## ANBEFALING

På bakgrunn av de forsøk som ligger til grunn i denne rapporten så anbefales iSailor, SeaCross og SeaIQ. Dette er på grunn av best tilpassing til SNP-500, samt best grensesnitt for å underbygge effektiv navigasjon. Det må presiseres at dette markedet er i rivende utvikling, og at det vil skje stadige forbedringer med de andre applikasjonene som kan gjøre de til et bedre alternativ.

Nettbrettet som velges (her går utviklingen raskt, så ønsker ikke å gjøre noen anbefaling) må beskyttes godt (vanntett og støttett), samt ladebank er nødvendig. En bør også ha tilkoblet eksterne sensorer (nøyaktighet og redundans).

## KONKLUSJON

Papirløs og elektronisk navigasjon er relativt nytt for den maritime industrien generelt og Sjøforsvaret spesielt. Det er derfor viktig å være klar over at gjeldende regelverk ikke nødvendigvis klarer å holde følge med den teknologiske utviklingen innenfor elektronisk navigasjon. Bruken av nettbrett til navigasjon eller støtte til navigasjon er ikke dekket av gjeldende regelverk. Navkomp har gitt ut «Retningslinjer for gjennomføring av elektronisk navigasjon», SNP-500. Rapport om elektronisk navigasjon på nettbrett viser at nettbrett oppfyller noen av kravene til SNP-500. Ved bruk av tablett til navigasjon er det viktig at brukerne har gjort en god risikovurdering rundt bruken av dette verktøyet, dette for å understøtte sikker bruk og effektiv navigasjon. Det er viktig å understreke hvor essensielt det er at brukeren kan og forstår det systemet som anvendes, da spesielt med tanke på muligheter og begrensninger i systemet.

Når en avdeling ønsker å benytte seg av nettbrett til elektronisk navigasjon, er det viktig at det gjennomføres en god prosess med involvering fra brukerne for å avdekke behov samt gjøre en risikovurdering i forbindelse med bruken av nettbrett. Nettbrett er en ECS, og en må være klar over at dette ikke er en godkjent ECDIS. En må også forstå muligheter og begrensninger i applikasjonen som en velger å benytte.

## REFERANSE

- DocuLive 2017003289: *Rapport elektronisk navigasjon på nettbrett, Sjøforsvarets Navigasjonskompetansesenter.*
- DocuLive: *Retningslinjer for elektroniske kartsystemer, Sjøforsvarets Navigasjonskompetansesenter.*



---

# DEL 2

## Utdanning, trening og øving

---

---

# Søvn og operativ ytelse

Frode Voll Mjelde

Søvnmangel fører til humørsvingninger og redusert situasjonsbevissthet, konsentrasjon, koordinasjon, hukommelse og motoriske ferdigheter. God søvnkvalitet vil føre til smartere, raskere og mer treffsikre team med økt evne til effektiv utførelse av oppdrag i komplekse militære miljøer.

---

Mennesker har ulike behov for søvn. Gjennomsnittlig har vi behov for 7-8 timers sammenhengende søvn i døgnet (Hirshkowitz, 2005). Søvn er en av kroppens metoder for å lade batteriene og lindre effektene av tretthet. Det individuelle behovet styres i hovedsak av hvor lenge man har vært våken, genetikk, adferd og jordens 24-timers rotasjon. Det resulterer som regel i et vanlig behov, men kan også ende opp i et akutt behov dersom man har strukket strikken for langt. Tilstrekkelig lengde og kvalitet på søvnen er viktig for en normal funksjon av nervesystemet. Søvnmangel derimot har stor negativ effekt på sentralnervesystemet, menneskets helse og ytelse. Negative effekter av søvnmangel må derfor vurderes gjennom en kontinuerlig avveining mellom operative krav og personellet fysiologiske behov (Figur 1). Søvnmangel deles gjerne inn i to deler: Delvis søvn-mangel og total søvn-mangel.

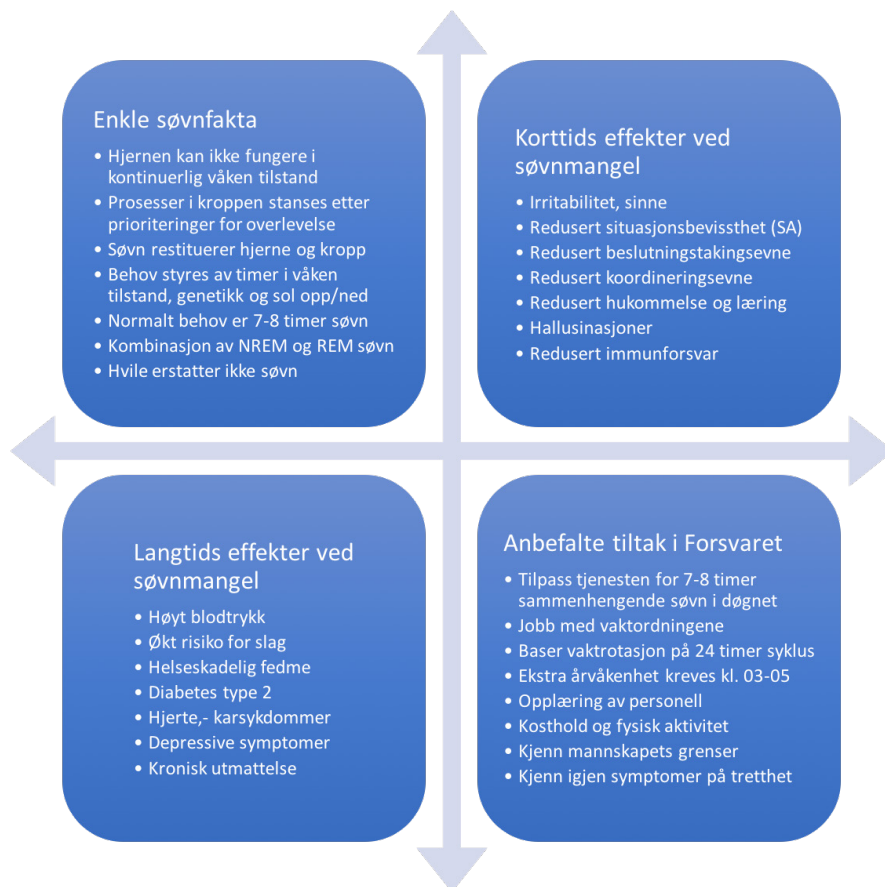
Høyt tempo, skiftarbeid, stress og andre distraksjoner i et operativt miljø kan gjøre det vanskelig å få 7-8 timers søvn per døgn. Kortsiktige effekter av utilstrekkelig søvn inkluderer manglende evne til å konsentrere seg, redusert evne til beslutningstaking, redusert koordinasjon og motoriske ferdigheter og svekket læringsevne. På lang sikt kan utilstrekkelig søvn føre til høyt blodtrykk, fedme og hjerte- og karsykdommer (Gronli & Ursin, 2009). Søvnforstyrrelser er vanlig blant militært personell, og

er ofte uunngåelig under forflytning, kritiske operasjoner og andre situasjoner som krever ekstra belastninger for å lykkes i et oppdrag (Miller, Matsangas, & Kenney, 2012). Flere militære studier tyder likevel på at søvn-mangel er normalen mer enn avviket, og at personellet heller ikke får sin anbefalte mengde søvn selv under rutinemessige operasjoner (US Naval Health Research Center, 2017). Disse resultatene gjenspeiles også for den allmenne befolkningen i samfunnet (Pallesen, 2001).

## DELVIS SØVNMANGEL

De aller fleste av oss vil klare seg med noe mindre søvn over kortere tidsperioder, men denne effekten er sterkt avhengig av antall dager dette strekker seg over (Van Dongen, Maislin, Mullington, & Dinges, 2003). 5 timer sammenhengende søvn minst en gang i døgnet er et absolutt minstekrav for å ivareta en vaktfunksjon ombord, som for eksempel vakthavende navigatør. Det er her viktig å påpeke at 5 timer søvn ikke er å anse som en anbefaling. Søvn-mangel er akkumulerende og gradvis søvn-deprivasjon vil svekke evnen til optimal ytelse. En tommelfingerregel er at én time søvn gir to timer normal ytelse. 5 timer sammenhengende søvn gir da kun 10 timer ytelse, mens det gjenstår 9 timer av døgnet.

Dersom trenden med avbrutt og oppstykket søvn fortsetter utsettes du for det som kalles delvis (partiell)



Figur 1: Faktaboks om søvn

søvnmangel. Delvis søvnmangel settes på kroppens lånekonto på samme måte som du låner penger i en bank. Akkumulert søvnmangel må derfor betales tilbake, gjerne med renter, og kan gi store utslag. Hovedårsaken i de fleste MTB grunnberøringer på 70-80-90 tallet er identifisert i Sjøforsvarets havarirapporter som mangel på hvile hos navigatøren (Gould, 2009).

Forskning gjennomført i Forsvaret viser at delvis søvnmangel har en sterk negativ påvirkning på lederadferd som motivasjon, moralsk beslutningstaking, team orientering og støttende adferd (Olsen, Pallesen, Torsheim, & Espevik, 2016) og at det reduserer mental yteevne og sinnsstemning (Teien, 2013).

#### TOTAL SØVMANGEL

Total søvnmangel er et resultat av ingen søvn i det hele tatt. Over 45 timer søvnmangel gir sterkt nedsatt funk-

sjon, og du opererer på et mye lavere nivå av din normale kognitive og motoriske kapasitet. Allerede etter 17 timer uten søvn har du en begrensning på dine motoriske og kognitive evner som om du hadde en alkoholpromille på 0,5. Etter 24 timer uten søvn tilsvarer denne sammenlikningen 1,0 promille alkohol i blodet (US Naval Health Research Center, 2017). Økende søvndeprivasjon senker samtidig evnen til å forstå hvor trøtt man faktisk er, på samme måte som at økende promille svekker evnen til å forstå hvor full man er, og man evner ikke å fatte gode tiltak for å bedre sin egen tilstand.

Se for deg at dere har vært på øvelse over flere døgn hvor du har betydelig underskudd på sammenhengende søvn. Du blir så bedt om å utføre en krevende funksjon i forbindelse med et oppdrag. Du sier følgende til sjefen: ”Jeg har ikke sovet det siste døgnet og er ganske trøtt, men jeg har tatt noen kopper kaffe så dette skal nok gå

greit". Sjefen tenker sannsynligvis at det ikke er unormalt at du er trøtt, sjefen er jo trøtt selv, samtidig som dette er en oppgave du er trent for å kunne håndtere. Du får dermed klarsignal til å utføre oppdraget. Se for deg det samme eksempelet, men at du denne gangen sier til sjefen: "Jeg har tatt meg et par drinker og er litt beruset, men jeg har tatt noen kopper kaffe så dette skal nok gå greit". Begrensningen i din kognitive og motoriske kapasitet er sammenliknbar for begge tilfellene (US Naval Health Research Center, 2017), men tror du responsen fra sjefen blir den samme når du beskriver søvndeprivasjon som beruselse?

## SØVNFORSKNING I DET AMERIKANSKE FORSVAR

Flere studier utført i US Navy, US Army, US Marine Corps og US Airforce har adressert tretthet og søvnrestriksjon i militære sammenhenger, og funn og anbefalinger fra disse er samlet i en litteraturstudie ved US Naval Postgraduate School (Miller, Matsangas, & Kenney, 2012). Sammenhengen mellom søvnmønstre og operativ ytelse er undersøkt i ulike situasjoner fra trenings-, og opplæringsmiljøer til deployering og strid i militære operasjoner.

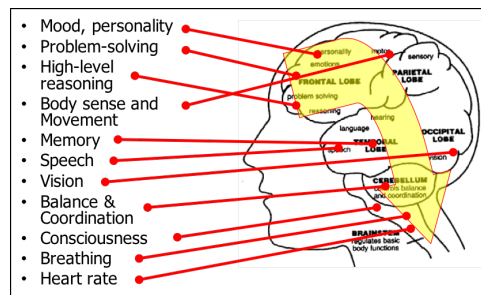
Resultatene fra trenings-, og opplæringsmiljøer viser økt læring og utvikling av ferdigheter blant personell som får tilstrekkelig søvn, og en lavere score for søvndeprivert personell. Undersøkelsen fra militære operasjoner, blant annet fra hærstyrker i Iraqi Freedom (2003), US Marine Corps helikopterpiloter i Irak (2006), samt flere studier av marinens personell ombord på krigsskip og ubåter viser at operative enheter uten en bevisst plan for søvn/aktivitet rapporterer problemer med konsentrasjon, humør og koordineringsevner, samt problemer med å holde seg våken, slitsomt å stå opp, vanskelig å sovne når man har anledning, og uregelmessig søvn med flere våkenperioder underveis. Studiene finner samtidig at enheter med en effektiv søvn/aktivitetsplan oppnår en høyere operativ ytelse enn hva som er tilfellet for enheter med ingen eller dårlig plan for søvn/aktivitet.

Studien konkluderer med at amerikanske soldater akkumulerer meget høye nivåer av søvndeprivasjon, selv under normalt OPTEMPO. Overordnede regulativer for innføring av planer for søvn/aktivitet ser ikke ut til å fungere i den spisse ende. Kontinuerlig nedskjæring og såkalt effektivisering gjør ikke saken bedre - færre må gjøre mer, og ytterligere søvndeprivasjon er et faktum. Søvndeprivasjon gir tydelige negative effekter på humør, konsentrasjon, hukommelse, vurderingsevne og beslutningstaking som igjen kan få store konsekvenser for operativ ytelse. Avslutningsvis konkluderes det med anbefalinger om at vaktrotasjoner må tilpasses et 24-timers system og at søvn må inkluderes som en faktor når man skal beregne militære effektivitet.

Military leaders would never send troops into harm's way without the safety afforded them by armor and other personal protective equipment; yet sending troops on missions when they are sleep deprived is equally as dangerous to themselves and to others in their organization.

## EFFEKTER AV SØVNMANGEL

Når hjerne og kropp utsettes for søvnmangel stenges hjernens funksjoner ned fra topp til bunn basert på prioriteringer for kroppens overlevelsesevne (Wyland, 2015). Figur 2 viser rekkefølgen på hva som påvirkes i hjernen og kroppen. Det er viktig å merke seg at noe av det første som forsvinner er evnen til problemløsning og logisk resonnement – en mangel som vanskelig kan sies å være positivt for utførelsen av komplekse militære oppdrag.

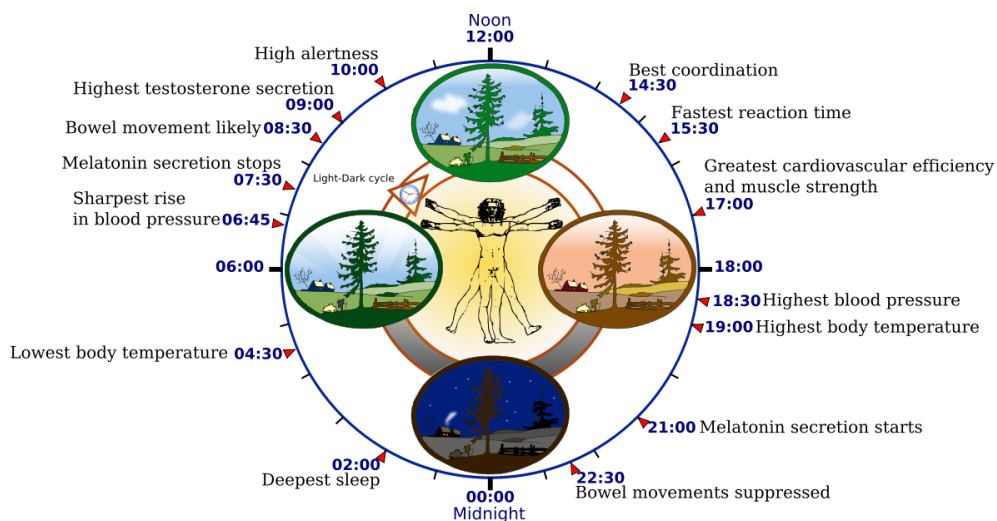


Figur 2: Hjernens funksjoner og søvnpåvirkning (Illustrasjon: US Naval School of Aviation Safety)

På et tidspunkt har kroppen stengt ned alle funksjoner som kreves for normal adferd og ytelse. Negative effekter av søvnmangel kan begrenses gjennom en kontinuerlig avveining mellom operative krav og personellens fysiologiske behov.

## 24-TIMERS SYKLUS

Kroppen innstilles på soloppgang og solnedgang på den bredde-, og lengdegrad du befinner deg og følger en 24-timers syklus som vist i Figur 3 (Smolensky & Lamberg, 2000). Tidlig om morgenen er det behov for en oppstart; blodtrykket øker, utskillelsen av melatonin



Figur 3: 24-timers syklus

(kroppens søvnhormon) opphører og man har en kort periode på tomgang (som for de fleste motorer) for utskillelse av kortisol og testosteron (turtall) økes. De ulike toppnivåene som vises i figuren utover dagen har sin betydning for utførelsen av gitte oppdrag, og må gjerne tas med i betraktningen av oppdragsplanlegging. I ni-tiden om kvelden starter utskillelsen av melatonin for å forberede kroppen på den (antatt) kommende søvnperioden. De store prosessene i magen stanser for å holde på dagens oppsamling av næring og for å fordele blod til fornying og reparasjon av celler, vev og lindring av skader/sykdom.

Den første dype søvnen inntreffer ca. 30 minutter etter innsøvningsfasen. I de dype søvnperiodene inntreffer en slags dvaletilstand og indre temperaturer senkes. Kroppens laveste temperatur inntreffer mellom klokken 0300-0500 om natten og kan hos enkelte være opptil 1°C lavere enn vanlig kroppstemperatur. Dersom man er våken i dette tidsrommet vil man være mindre årvåken og mer tilbøyelig til å gå glipp av informasjon. Det er ikke uten grunn at *angrep i grålysningen* er et kjent uttrykk i krigshistorien, og som gir en angriper et fortrinn mens forsvarerne har et rutinepreget lavt aktiviseringsnivå. Det er fortsatt mulig å være påkoblet i denne perioden så lenge oppgavene er aktiviserende eller at man samhandler med andre mennesker, men man bør unngå monotone og kjedelige arbeidsoppgaver.

24-timers syklusen endres ved forflytning østover eller vestover. Endring av døgnrytme er mulig - men det er et tregt system. En tommelfingerregel er at man tilpasser seg én time pr. døgn ved flytting av tidssoner. Tre timer ute av fase er mulig uten nevneverdig reduksjon av normal ytelse. Grunnet sollysets påvirkning er det lettere å holde seg våken når man forflytter seg vestover.

Utskillelse av melatonin påvirkes av lys, både naturlig og kunstig. Arbeidsmiljøer som ikke har tilgang på naturlig lys bør derfor ha mulighet til å justere kunstig lys for å tilpasse seg sin vanlige døgnrytme etter en periode med nattarbeid. Tilgang på kunstig lys kan være særlig viktig ombord på fartøy og enheter som opererer i nordområdene vinterstid.

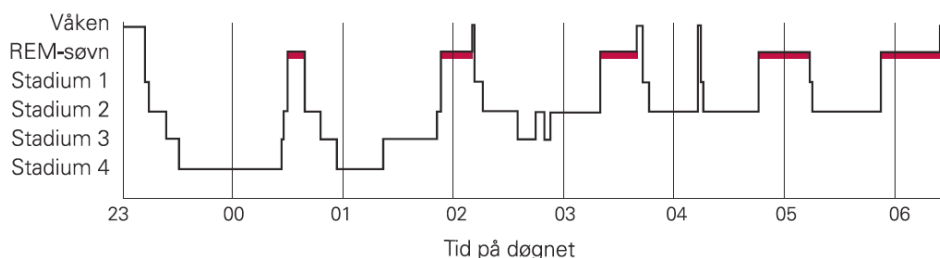
Studier gjennomført i US Navy viser at vaktrotasjoner som ikke passer inn i en 24-timers syklus fører til lav grad av fleksibilitet, lavt engasjement i organisasjonen, negativ teamadferd og svekket robusthet (Shattuck, Matsangas, & Powley, 2015).

## SØVNSTADIER

Når man sover gjennomgår man to typer søvnfaser som utfører spesifikke funksjoner for å fornye og reparere kropp og hjerne: NREM og REM (Tabell 1). Begge er nødvendige for at vi skal kunne fungere optimalt (Jansen, 2009). En forenklet beskrivelse er at NREM utfører vedlikehold av kroppen og at REM utfører vedlikehold av hjernen.

NREM og REM	
To typer søvn som utfører spesifikke funksjoner for å fornye og reparere kropp og hjerne. Begge er nødvendige for at vi skal kunne fungere optimalt.	
NREM og REM henger sammen i 3-4 sykluser i løpet av 8 timers søvn	
<b>NREM</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vedlikehold av kroppen</li> <li>• Utskilling av veksthormoner, vevsdannelser og reparasjoner</li> <li>• Dirigerer mer blod til muskler og mindre til hjernen</li> <li>• Stimulerer immunsystemet og øker kroppens motstandsdyktighet</li> <li>• NREM søvn er det første som skjer når du sovner, og har 4 nivåer: Innsøving (1), vanlig søvn (2) og dyp søvn (3&amp;4).</li> <li>• NREM faser blir kortere for hver syklus frem mot våken tilstand</li> </ul>	<b>REM</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vedlikehold av hjernen</li> <li>• Rydder bort unødvendig informasjon som har akkumulert seg i hjernen i løpet av dagen</li> <li>• Forsterker minner og opplevelser du har behov for slik at læring oppstår</li> <li>• REM søvn kommer etter hver NREM fase.</li> <li>• REM faser blir lengre for hver syklus frem mot våken tilstand</li> </ul>

Tabell 1, Forenklet oversikt NREM og REM søvn



Figur 4 Søvnstadier ved 7-8 timers søvn. REM-søvnen er markert med rødt (Grønli & Ursin, 2009)

NREM og REM henger sammen i 4-5 sykluser i løpet av 8 timers søvn (Figur 4). NREM søvn er det første som skjer når du sovner og har 4 nivåer. Nivå 1 er overgangen mellom våken tilstand og søvn. Denne fasen omtales gjerne som innsøving eller døsigheidsstadium og varer i 1-10 minutter. Nivå 2 betegnes som lett søvn, og Nivå 3 og 4 omtales som dyp søvn. Dersom man tar en "power nap" på 20-30 minutter på dagtid er man da innom fase 1 og 2, noe som gir en god restitusjon for daglig virke. Under NREM fornyes kroppsvev, eventuelle skader repareres og immunsystemet stimuleres. REM søvnen kommer i etterkant av hver NREM fase og kjennetegnes av hurtige øybevegelser. I denne fasen ryddes det bort unødvendig informasjon som har akkumulert seg i hjernen i løpet av dagen. Samtidig forsterkes minner og opplevelser du har behov for slik at læring oppstår. Når REM fasen er ferdig vil kroppen innta en ny NREM fase.

Den første syklusen inneholder alle stadier, men har en lengre periode med dype søvn (Nivå 3 og 4) enn de påfølgende syklusene. Den første REM søvnen inntreffer ca. 90 minutter inn i søvnen og fortsetter i dette mønsteret frem mot våken tilstand. Lengden på REM søvn øker utover natten og den siste delen av søvnen består stort

sett av Nivå 2 og REM-søvn (Ursin, 2007). NREM/REM syklusen fortsetter frem mot våken tilstand. Denne periodiske skiftningen mellom fasene er nødvendig for at vi skal fungere mentalt og motorisk i vårt daglige virke (Vyazovskiy & Delogu, 2014). Når hjernen anser vedlikeholdet som tilfredsstillende vil man våkne av seg selv uten behov for vekkerklokke.

#### ANBEFALINGER

Samtlige militære enheter og organisasjoner må opprettholde en fornuftig søvn-våkenhetssyklus med et tilpasset rulleringssystem i forhold til oppdragets art. Måltider, møter og aktiviteter må tilpasses slik at mannskapet får tilgang på 7-8 timers sammenhengende søvn. Administrative oppgaver som kommer i tillegg til primær oppgaven må begrenses dersom det går utover behovet for søvn. Personellet må gis opplæring av konsekvensene ved søvndeprivasjon, og ledelsen må gå foran som gode eksempler for å skape gode holdninger. Vaktrotasjon og belastning på mannskapet må vurderes opp mot behovet for å gjennomføre øvelser som skal gi kunnskap og ferdigheter da læringseffekten for et søvndeprivert mannskap vil være lav. Det kan likevel anbefales å gjennomføre øvelser i denne tilstanden dersom



formålet å skape en relativ referanse til hvilken ytelse besetningen innehar når de er søvndeprivert.

Ved valg av rullering (6/6, 4/8 etc.) er det avgjørende at syklusen går opp i 24 timer. Merk at vaktrotasjon 6/6 ikke gir tilstrekkelig sammenhengende søvn, og at delvis søvnmangel er uunngåelig i denne modellen. 4/8 skift er vist å gi bedre søvnkvalitet enn 6/6 (Short MA, 2015). Dersom innarbeidet rullering skal forskyves (for eksempel ved et 3-vaktsystem) vil kroppen lettest tilpasse seg korte forskyvninger. Det anbefales ekstra årvåkenhet og gjerne forsterket vakt i operasjoner som pågår mellom ca. 0300-0500 om natten, og både monotone og komplekse oppgaver bør om mulig unngås.

Mindre fartøyer har til gjengjeld færre folk å fordele vaktene mellom. Ofte er det kun ett broteam som navigerer, og sannsynligheten for tretthet øker. Dersom samme broteam absolutt må navigere uten vaktbytte i lange perioder uten søvn/hvile, så må dette tas hensyn til ved å legge inn ekstra sikkerhetsmarginer. Det må også konkret annonseres i teamet at man nå beveger seg inn i en periode der tretthet vil gjøre seg gjeldende, og at alle medlemmene i broteamet i enda større grad må følge med på tretthetssymptomer hos hverandre.

Arbeidsmiljøer som ikke har tilgang på naturlig lys bør ha mulighet til å justere kunstig lys for å regulere biologiske prosesser som kan skape opplevelsen av en 24-timer syklus. Det bør gjennomføres søvnstudier på seilende fartøyer for å vurdere effekten av søvndeprivasjon og hvilke tiltak man kan innføre for å opprettholde ytelsen.

Dersom søvnmangel ikke er til å unngå:

- Gi ekstra tid ved planlegging under søvnmangel.
- Tildel personell med størst søvndeprivasjonsoppgaver som er selvstyrte, interessante eller lette.
- Kritiske oppgaver kan kreve øket antall personell.
- Vektlegge kommunikasjon (gjenta ordrer, om mulig skal ordrer skrives ned).
- Fysisk aktivitet kan midlertidig motvirke søvnmangel
- Ta pauser, eventuelt 20-30 minutter powernap
- Kjenn mannskapets grenser.
- Kjenn igjen symptomer på tretthet

Det er viktig å ha klart for seg at behov for søvn er ikke et tegn på latskap, og at søvndeprivasjon ikke skiller mellom grad, stilling eller ansiennitet. Hvile er heller ikke søvn, det er mengden søvn som er viktigst. Søvndeprivasjon medfører lavere grad av fleksibilitet, lavt engasjement i organisasjonen, negativ teamadferd og svekket operativ ytelse. God søvnkvalitet opphever søvndeprivasjon og gir en positiv effekt på operativ ytelse. Gevinsten av et uthvilt mannskap gir smartere, raskere og mer treffsikre team med økt evne til effektiv utførelse av oppdrag i komplekse militære operasjoner.

“Humans are the only animals that willingly deprive themselves of sleep.”

- Eve Van Cauter

Sleep researcher (University of Chicago)

## REFERANSER

- Gould, K. S. (2009). *Faster, better, safer?* Bergen: Universitetet i Bergen.
- Grønli, J., & Ursin, R. (2009). Basale søvnmekanismer. *Tidsskrift for Norsk Legeforening*, 17(129), 1758-61.
- Jansen, J. (2009, februar 13). *Søvn*. Hentet februar 2017 fra Store medisinske leksikon: <https://sml.snl.no/søvn>
- Miller, N. L., Matsangas, P., & Kenney, A. (2012). The Role of Sleep in the Military: Implications for Training and Operational Effectiveness. I J. Laurence, & M. D. Matthews (Red.), *The Oxford Handbook of Military Psychology* (ss. 262-281). New York, USA: Oxford University Press.
- Olsen, O. K., Pallesen, S., Torsheim, T., & Espevik, R. (2016). The effect of sleep deprivation on leadership behaviour in military officers: an experimental study. *J Sleep Res.*, 25(6), ss. 683-689.
- Shattuck, N. L., Matsangas, P., & Powley, E. H. (2015). Sleep Patterns, Mood, Psychomotor Vigilance Performance, and Command Resilience of Watchstanders on the Five and Dime Watchbill. US Naval Postgraduate School, Dept of Operations Research. Monterey, USA: US Naval Postgraduate School.
- Smolensky, M., & Lamberg, L. (2000). *The Body Clock Guide to Better Health*. Henry Holt and Company.
- Teien, H. K. (2013). *Historisk gjennomgang av studier utført av FFI på Krigsskolens stridskurs*. Forsvarets forskningsinstitutt (FFI).
- Ursin, R. (2007). Søvn – en oversikt. *Tidsskrift for Norsk psykologforening*, 44(4), 372-377.
- US Naval Health Research Center. (2017). *Operational Readiness*. Hentet Februar 23, 2017 fra Naval Health Research Center: <http://www.med.navy.mil/sites/nhrc/Pages/Research-Operational-Readiness.aspx>
- Vyazovskiy, V. V., & Delogu, A. (2014, Mars 4). NREM and REM Sleep. *The Neuroscientist*, 20(3), 203-219.
- Wyland, J. (2015). *Fatigue and stress*. U.S. Naval Air station Pensacola, Command Flight Surgeon. Pensacola, FL: U.S. Naval School of Aviation Safety.

---

# Navigatøren – en multitasker?

Hans Magne Gloppen

Det er ikke uvanlig å tenke seg at en navigatør som skal navigere og manøvrere et moderne utrustet fartøy med et avansert integrert brosystem som du ser på bildet under må kunne utføre flere handlinger samtidig, eller multitasker som også noen velger å kaller det. Et spørsmål som da dukker opp er hvor god er vi egentlig til å multitasker, og da spesielt i en opplæringsituasjon?



Fig 1. Nytt brokonsoll med en mengde nyttig og unyttig informasjon.

Begrepet multitasking er et begrep som blir brukt når det tilsynelatende er mer enn en handling som utføres på en gang. Begrepet dukket første gang opp i en IBM artikkel fra 1965 der kapasiteten til IBM System/360 om å tilsynelatende gjøre flere prosesser på en gang ble beskrevet ([https://en.wikipedia.org/wiki/Human\\_multitasking](https://en.wikipedia.org/wiki/Human_multitasking)). Begrepet er senere blitt overført til også å gjelde for mennesker og vår evne til gjøre flere oppgaver samtidig.

Et søk på internett på ordet multitasking gav 1 160 000 treff og et søk på human + multitasking gav 612 000 treff. Dette indikerer at det har vært skrevet og muligens forsket en god del om emnet i siden begrepet oppstod for over 52 år siden. I denne artikkelen ønsker jeg å belyse noe av den forskningen som har funnet sted om multitasking og har tatt utgangspunkt i et kapittel i John Hattie og Gregory Yates bok Synlig læring.

Først av alt er det en oppfatning av at man tror man kan multitaske. Ungene våre sier de kan gjøre lekser mens de hører på musikk, og samtidig være på Snapchat/Instagram/Facebook med venner. Et uttrykk som ofte blir brukt om barna våre er at de er *digitalt innfødte*. Med det menes at de har vokst opp i dataalderen og dermed tror at de har utviklet ferdigheter som innebærer at multitasking er en naturlig forlengelse av menneskelig kapasitet. Flere studier har kartlagt at skoleelever påstår at de mestrer og gjøre flere ting samtidig og svaret på spørsmålet er at de ikke er spesielt gode til det. (Hattie and Yates, 2014)

Dersom vi ser nærmere på begrepet multitasking så gjelder det for følgende punkter:

1. Hjernen kan utføre to eller flere oppgaver samtidig
2. Man kan oppnå flere mål innenfor en bestemt tidsperiode ved å veksle mellom oppgaver.
3. Man kan rette oppmerksomheten mot et hovedmål, men kan tidvis prioritere andre oppgaver eller delmål
4. Man kan bevisst fordele tiden på flere viktige, ikke krevende oppgaver som å sjekke radar, få info fra utkikk og lytte/ha samtale på samband el.

Forskning viser at punkt 1 ikke har validitet. Forskningen viser blant annet at når to signaler kommer inn til hjernen vår så vil oppmerksomheten trekkes mot en av dem. En annen ting som spiller en rolle når det gjelder å gjøre flere ting samtidig på en effektiv måte, er at noen mål og oppgaver vil innebære *læring* og *tenking* mens andre oppgaver vil innebære å utføre en handling som vi allerede har lært. Dette er et svært viktig skille. Effekten av distraksjoner og tilleggskrav er langt større når man lærer nye ting, enn når man benytter noe som allerede ligger lagret i bevisstheten. Det å prøve å få en kandidat under opplæring til å prøve å lære seg to nye ting samtidig vil ikke fungere. Dette har det vært forsket på i over 150 år. Begrepet på det som oppstår i hjernen kalles *interferens* og resultatet av det er total forvirring.

Det er også viktig å huske på at en datamaskin er en svært lite hensiktsmessig metafor for menneskehjernen. Den menneskelige hjernen er svært ulik en datamaskin. Når vi driver med opplæring av navigatører er dette svært viktig å huske på. Vi kan bare lære oss en ting av gangen, og dersom oppmerksomheten blir delt kan opplæringen bli mislykket. Jo flere aktiviteter som oppstår i en læresituasjon, desto mer interferens og derav mindre læring. Derfor er tilnærmingen vi har på Sjøkrigsskolen når det gjelder å lære opp nye navigatører at vi prøver å lære enkle prinsipper, og en ting om gangen. Etter hvert som kadettene gjør progresjon og de har lært seg et prinsipp, så bygger vi på med flere. Eller for å bruke fotballtreneren Mons Ivar Mjelde sitt kjente sitat: «Vi må bygge stein på stein.»



Hva så med mentale skift, dvs. skift mellom krevende oppgaver. Forskning på dette feltet viser at når det skjer vil det skape et prestasjonsavbrudd eller en «omstillingskostnad». Her dukker det opp flere artikler og studier som viser at mennesker som prøver å gjøre flere aktiviteter samtidig blir totalt mindre effektive. Eksperimentelle studier viser også at mennesker forsetter å være blindet for at ytelsen deres svekkes med flere samtidige krav. Med andre ord så evner vi ikke selv å oppdage at ytelsen går ned når vi prøver å gjøre flere ting samtidig. I en av studiene oppdaget man til og med at de som hevdet de var gode på multitasking, var de som faktisk gjorde det dårligst.

Det som viser seg når det gjelder å utvikle ferdigheter er at vi gjør en ting om gangen og at vi gjør det i riktig rekkefølge. Dette er det mange studier på og de er i stor grad entydige. Ergo bedriver de fleste ikke multitasking, men de utvikler en effektiv metodikk for raskere kunne gjøre flere påfølgende oppgaver eller det som vi har valgt å kalle ulike faser i navigasjon.

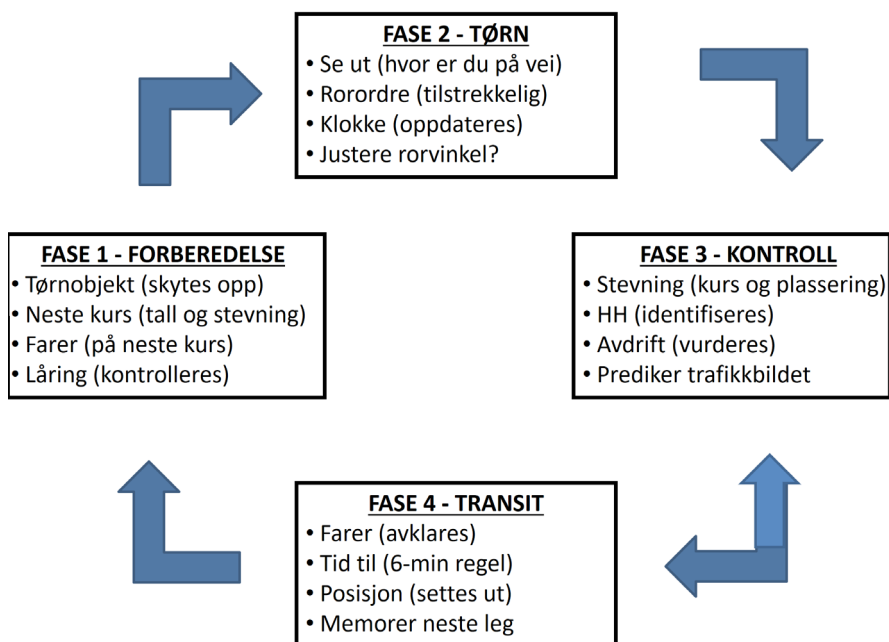


---

# Faser i navigasjon

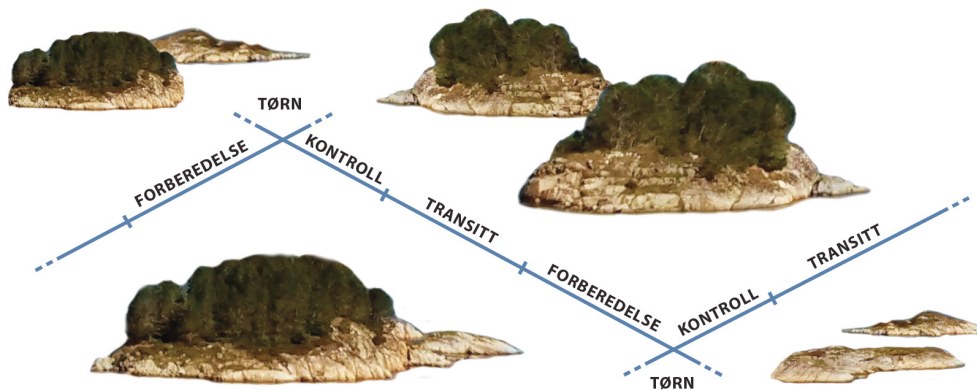
Odd Sveinung Hareide og Stig Brandal

«Selv en ape kan lære seg å navigere» påstås det, og det er et spor av sannhet i uttrykket. Årsaken til sannheten er at navigasjon handler om metodikk med tilhørende prosedyrer. Hvis en forstår og klarer å utnytte fasene i navigasjon, som er en gjentakende prosess, så vil en muligens til slutt klare å lære selv en ape å navigere.



🔍 🔄 📄 📌 📍 📏

Figur 1: Faser i navigasjon.



Figur 2: Faser i navigasjon illustrert.

Avhengig av område og hastighet, vil vanskelighetsgraden i forhold til navigasjon variere. Den norske kysten er karakterisert av mange øyer, holmer og undervannsskjær, noe som vanskeliggjør navigasjonen. De fleste militære fartøyer navigerer i høye hastigheter (>20 knop (kn)), og dette gjør at tiden for beslutningstaking reduseres. Størrelsen på fartøyet vil også spille inn, og det er forskjell på å navigere med en fregatt i Tjeldsundet i forhold til en Korvett eller en Stridsbåt 90. Uavhengig av område, hastighet eller fartøystype gjelder metodikken, og Sjøforsvaret Navigasjonskompetansesenter har gjennom en årrekk utarbeidet og videreutviklet en generisk metodikk kjent som «Faser i navigasjon».

Det er viktig å understreke at en god metodikk (faser i navigasjon), ikke fritar eller gjør det unødvendig å gjennomføre en planlegging av seilasen. En grundig planlegging legger grunnlaget for en god gjennomføring med bruk av faser i navigasjon. Faser i navigasjon inneholder fire faser; Forberedelsesfasen, tørnfasen, kontrollfasen og transittfasen.

En seilas inneholder flere kurser. Hvis seilasen er fra Bergen til Tromsø inneholder den cirka 800 kurser. Hver av disse kursene inneholder metodikken med de fire fasene i navigasjon, illustrert i figur 2.

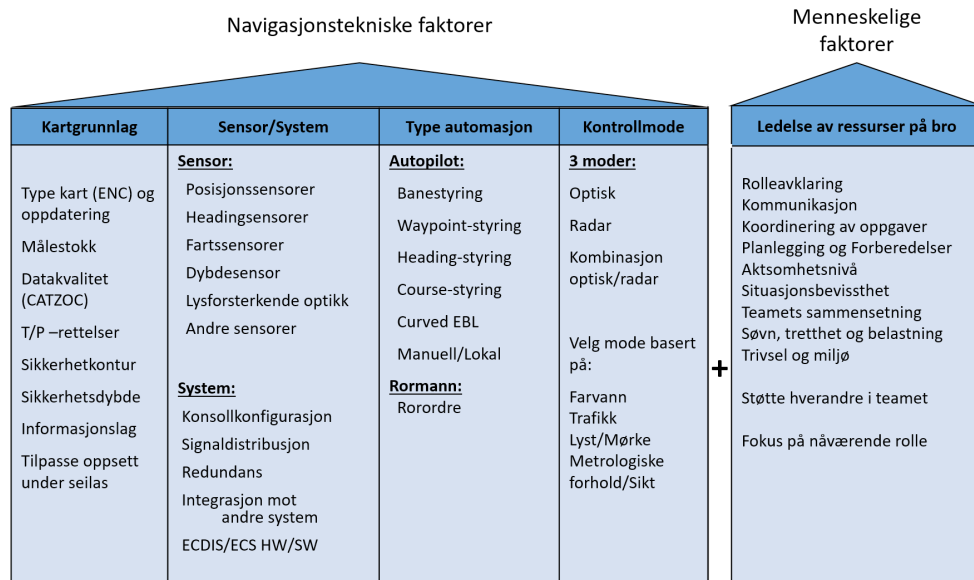
Forberedelsesfasen inneholder de forberedelser som en skal gjøre før en starter et tørn. I planleggingen dannes grunnlaget for en god seilas, og navigatøren planlegger med tørnobjekt og stevneobjekt på sine kurser. Dette gjør at den visuelle kontrollen av seilasen blir enkelt. I forberedelsesfasen identifiseres tørnobjektet, for eksempel en jernsøyle visuelt. I tillegg til denne primære visuelle identifiseringen forsikrer navigatøren seg om at dette er riktig objekt, ved for eksempel bruk av loggen som sekundær tørnindikator. Videre benyttes peilesøylen (Optical Bearing Device, OBD) til å skyte opp neste

kurs samt hvis mulig identifisere neste stevningsobjekt. Stevningsobjekten kan for eksempel være en lykt. Før en kommer inn på neste kurs er det viktig å identifisere de aktuelle farene på neste kurs, det kan for eksempel være noen skvalpeskjær om styrbord. Det er da også viktig å identifisere hjelpemiddelet som setter klar for denne hindringen (hjelpemiddel og hindringer, HH). Til slutt må en kontrollere at en ikke har noen innhentende fartøyer på låringen før en gjennomfører tørnnet, i henhold til sjøveisregel nummer 13.

Tørnfasen består av å iverksette tørnnet, samt følge dette opp. Avhengig av hvilken automasjonsmode en er i, krever dette ulik oppfølging. Hvis en har en rommann må en gi en verbal rorordre, hvis en seiler i banestyring (trackstyring), må en følge opp at rorutslag og tørnradius er som planlagt og forventet. I tørnfasen oppdateres den sekundære tørnindikatoren (logg og klokke), dette for å verifisere at tørnnet ble gjort på riktig sted, samt gjøre seg klar for neste verifisering. Det er viktig at navigatøren, så lenge siktforholdene tillater det, hele tiden ser ut og følger opp tørnnet.

Kontrollfasen er essensiell i faser i navigasjon, og skal startes på umiddelbart når fartøyet er på kurs. Navigatøren kontrollerer, enten ved hjelp av peilesøyle eller baugen, om fartøyet er i stevning på det planlagte stevningsobjektet, og om det er i riktig kurs. Hvis kursen for eksempel er for høy, så vet navigatøren umiddelbart at fartøyet ligger til babord for den planlagte kurslinjen, og en kan iverksette nødvendige tiltak. Videre har en i forberedelsesfasen blitt gjort bevisst farene på innværende kurs, og navigatøren finner hjelpemiddelet som setter klar av de aktuelle hindringene (HH). Dette kan for eksempel være en sikkerhetspeiling til stevningsobjektet. Strøm og vind gir fartøyet avdrift som navigatøren må justere som nødvendig for, samtidig som trafikkbildet kontinuerlig må predikeres for å unngå nærsituasjoner og for å handle i henhold til Sjøveisreglene.

# Militær elektronisk navigasjon



Figur 3: Faktorer som påvirker militær elektronisk navigasjon. Kilde: SNP-500, Navkomp.

Den fjerde og siste fasen er transittfasen, som er den fasen som varierer mest med tanke på lengde i tid. For eksempel vil en kurs på 0,2 nautiske mil (NM) i 30 kn være gjort på 24 sekunder, mens en kurs langs Jæren ofte kan bli over 15 NM og en vil da bruke 30 minutter på transittfasen. Uavhengig av lengde inneholder transittfasen at navigatøren må holde kontroll på farene på innværende kurs. Hvis kursen er kort kan det kanskje bare være en fare, mens hvis kursen er lang kan det være flere farer som krever flere hjelpemidler for å holde klar av hindringene. Det er derfor en gjentakende prosess også mellom fase 3 (kontroll) og fase 4 (transitt) med tanke på hjelpemidler og hindringer (HH), samt det å predikere avdrift og trafikkbildet og handle deretter. I transittfasen er det også viktig å holde kontroll på tid og rom, samtidig som posisjonen sjekkes ved å benytte seg av tradisjonelle eller konvensjonelle navigasjonsprinsipper for å kontrollere at posisjonen gitt av den primære posisjonssensoren (som oftest et globalt navigasjonssatellittsystemet (GNSS)) er korrekt. Spesielt hurtigbåtnavigasjon handler om å komme på forskudd i planen, og transittfasen benyttes aktivt for å forberede, gjøre seg kjent med og gjennomgå den videre planen med navigasjonsteamet sitt.

Det er også viktig å poengtere at sikten vil påvirke innholdet i informasjonen i Faser i navigasjon. Avhengig av sikten vil kontrollmetode avgjøres, enten optisk (vi-

suell) eller radar eller en kombinasjon av disse. Det er også viktig at navigatøren har inngående kjennskap til det integrerte navigasjonssystemet på den gjeldende fartøystypen, eksemplifisert i figur 3.

De fleste militære fartøy består av et navigasjonsteam, der to eller flere personer samarbeider om å føre fartøyet sikkert fremover. Avhengig av fartøy varierer størrelsen på navigasjonsteamet, men metodikken og prinsippene er de samme uavhengig av størrelse. Det er også viktig at det utformes prosedyrer tilpasset den enkelte type fartøy som understøtter fasene i navigasjon, og disse vil variere noe avhengig av størrelsen på fartøyene. Sjøforsvarets Navigasjonskompetansesenter fortsetter å utdanne, trene og videreutvikle faser i navigasjon med og for militære navigatører. Vårt budskap er at med en god og innøvd metodikk - faser i navigasjon - blir navigasjon enklere og tryggere.

For å lese mer og få en enda bedre forståelse for faser i navigasjon og hvordan dette benyttes i et integrert navigasjonssystem, anbefales artikkelen «Scan Pattern for the Maritime Navigator» som du finner under publiserte artikler bakerst i Necesses.

---

# Er Crew Resource Management trening effektivt?

Magne Bolstad, Frode Voll Mjelde

CRM trening er innført som et obligatorisk tiltak for personell som utfører sikkerhetskritiske operasjoner innen områder som luftfart, medisin, kjernekraft, off-shore og maritime operasjoner for å redusere sannsynligheten for ulykker. Navkomp har iverksatt en studie for å se nærmere på effekten av CRM trening.

---

CRM (Crew Resource Management) begrepet oppstod i sin tid i luftfarten som et tiltak etter anbefaling fra undersøkelseskommisjoner fra flere større flyulykker. Den mest kjente av disse er ulykken mellom et KLM-fly og et Pan Am-fly på Los Rodeos rullebanen på Tenerife i 1977. Her så man at begrensninger i menneskelige kapasiteter sammen med ugunstige faktorer i miljøet rundt kan få katastrofale følger. Til tross for høyt kvalifiserte operatører, strenge klareringsregimer og etter hvert avanserte og stabile fly opplevde luftfart altfor mange ulykker. Disse forholdene ble derfor spesielt vektlagt i obligatorisk innføring av den delen av flygerutdanningen som har fått betegnelsen CRM.

Menneskelige faktorer eller menneskelige svikt har vært påvist av internasjonale og nasjonale havarikommisjoner som en av hovedårsakene til at ulykker inntreffer. Tallene kan variere fra 60-90% avhengig av hvilken litteratur man forholder seg til. Dette har ført til at CRM konseptet har blitt videreført til bl.a. helsevesenet, off-shore og atomkraftverk (Salas, Wilson, & Burke, 2006). Med endringene i STCW-konvensjonen i 2010, ble det også et krav til sjøfarten at man skulle ha CRM-kompetanse, eller BRM/ERM (Bridge-/Engine Resource Management) for å kunne utløse maritime sertifikater.

Sjøkrigsskolen (SKSK) fant det viktig å innføre et eget CRM kurs for å fokusere på menneskelige faktorer i le-

derskap og lagarbeid som et middel til å forebygge uhell og ulykker i Sjøforsvaret og andre våpengrener. CRM kurset ble innført i den obligatoriske undervisningen i 1998, hvilket betyr at alle kategorier kadetter (operativ marine, marineingeniør og logistikk) uteksaminert fra og med 2001 har hatt kurset i sin fagplan. Gjennom forelesninger, video, teoretiske og praktiske gruppeoppgaver, simulatorøvinger og studier av menneskelige faktorer i operative situasjoner vil deltakerne få økt forståelse for grunnleggende psykologiske forhold som kan påvirke ytelse, situasjonsbevissthet, beslutningstaking, utførelse av oppgaver og samhandling i team og operasjonelle sammenhenger. Kurset legger stor vekt på tema som *kommunikasjon, rolleavklaring, eksplisitt koordinering, aktsomhet, forventninger, søvn, trivsel, situasjonsbevissthet og teamprosesser*. Motivasjonen for kursene har hele tiden vært å minimere sannsynligheten for ulykker og øke sikkerheten. Men vet vi om disse kursene fungerer etter hensikten?

## VIRKER CRM-KURSET?

Hovedproblemet med å vite om CRM-kurs fungerer etter hensikten eller ikke, er at målet er å hindre at ulykker skjer. Men hvordan vet man egentlig at en ulykke ikke har skjedd? Og hvordan vet man hva som er årsaken til at en ulykke ikke skjedde? Havaristatistikk fra sivil luftfart indikerer en positiv effekt av CRM undervisning,



hvor det fra 1950 ble registrert 35 alvorlige flyulykker per million avganger, mens det i 2013 var 0,3 flyulykker per million avganger (Myhre, 2015). Samtidig viser studier fra den amerikanske marinen at det er vanskelig å påvise effekt av forholdet mellom CRM utdanning og antall ulykker i militære operasjoner (O'Connor, Jones, McCauley, & Buttrey, 2012)

Ettersom BRM-/ERM-kurs har vært en del av den maritime utdanningen i noen år nå, så kan man tenke seg at antall ulykker på sjøen også ville gått ned slik tilfellet har vært i sivil luftfart. Imidlertid viser statistikk fra Sjøfartsdirektoratet at antall ulykker er noenlunde stabil og kanskje til og med litt økende (Sjøfartsdirektoratet, 2015). Betyr dette at den utdannelsen man i dag gir sjøoffiserer ikke er god nok? Det kan ikke utelukkes at det er svaret, imidlertid så kan man hevde at, innenfor den maritime bransjen, så har man ikke drevet med BRM-/ERM-kursing lenge nok til å se effekten enda. Salas et al. (2001) gjorde i 2001 en undersøkelse av 58 studier, og en ny undersøkelse av 28 studier i 2006 (Salas, Wilson, & Burke, 2006), som undersøkte effekten av CRM-kurs i forskjellige bransjer. Grovt oppsummert var resultatet av disse undersøkelsene at effektene av CRM-kurs er uklare fordi det er få studier som er dedikert til å måle resultatene av CRM-trening. Imidlertid ser det ut til at CRM leder til positive holdninger og ønsket atferd i både simulator og virkelighet, men at det er vanskelig å si om det har en effekt på sikkerheten.

#### CRM-STUDIE VED SJØKRIGSSKOLEN

Navkomp forestår CRM, BRM og ERM kurs for kadetter ved SKSK, for tjenestegjørende personell i Sjøforsvaret, Hæren, Luftforsvaret og Heimevernet, samt sivile beredskapsinstitusjoner som Politiet, Sivilforsvaret og andre. CRM Grunnkurset (2,5 dager) inngår som en del av det omfattende BRM/ERM kravet fra Sjøfartsdirektoratet. Avdelingen bruker mye tid og ressurser på gjennomføring av disse kursene og ønsker å se nærmere på effekten i operativ tjeneste. Navkomp har derfor satt i gang et forskningsprosjekt for å undersøke hvilken nytte elever på Operativ Marine-linjen ved Sjøkrigsskolen har av CRM-kurs.

Studien er planlagt å foregå fra 2016 til 2018. Første del består av en forstudie hvor elever fra OM2 gjennomfører CRM kurs og deltar på to seilasuker. For å begrense studiens omfang har vi valgt å fokusere på seks av de mest sentrale temaene fra CRM undervisningen:

#### Kommunikasjon

Kommunikasjon er utveksling av informasjon, tilbakemeldinger og respons. (Navkomp, 2017)

#### Rolleavklaring

Evne til å synliggjøre og fordele roller tilpasset oppdraget. Krav og forventninger til rolleadferd må avklares. (Navkomp, 2017)

#### Eksplisitt koordinering

Klar og tydelig fordeling og prioritering av oppgaver, for å unngå misforståelser og antakelser (Navkomp, 2017).

#### Rolleorientering

Valg om å være i rollen. Ikke overta andres oppgaver uten at det er koordinert eller unnlåte å ta det ansvaret som tilhører tildelt rolle.

#### Aktsomhet

Hvor klar man er til å løse oppgavene man er satt til å løse. Nivå av aktsomhet bør tilpasses til situasjonen da for høyt aktsomhetsnivå vil være svært slitsomt over tid, mens for lav aktsomhet minsker muligheten til å oppdage endringer i situasjonen (Navkomp, 2017).

#### Forventninger

Forventninger kan være bevisste eller ubevisste. Er de bevisste, er vi samtidig ofte klar over at de ikke nødvendigvis vil gå i oppfyllelse. Ubevisste forventninger kan være vanskeligere å ha med å gjøre, nettopp fordi vi ikke er fullt klar over at de er der. Unngå «*Expectation Bias*» og «*Confirmation Bias*».

Under navigasjonsøvelsene *Stadt* og *Ryfylke* blir elevene observert av navigasjonsveiledere som under og etter gjennomført seilas fyller ut et observasjonsskjema (Figur 1) som er ment å belyse utført CRM adferd. I tillegg settes det en score for helhetsinntrykk av seilasen.

Hvert år gjennomfører OM2 flere sammenhengende seilaser. På seilasene bemanner elevene roller som Navigatør, Assistent (Bestikk) og Ror. Gjennom disse rollene må elevene utvise effektiv samhandling for å forhindre misforståelser og uhell, og å sikre effektiv og taktisk navigering under alle forhold. Et velfungerende broteam krever at besetningen utfyller hverandre med individuell kunnskap, ferdigheter og holdninger.

#### FORSTUDIE 1, ØVELSE STADT 2016

En av seilasene som er valgt for studien er Øvelse Stadt 2016 som gjennomføres i høstsemesteret. Denne øvelsen markerer starten på elevenes praktiske utdanning i Militær Navigasjon. Øvelsen foregår i moden *Optisk Kontroll med manuell posisjonering* (GPS ikke tilgjengelig) (Navkomp, 2017). Deler av elevene har hatt CRM-kurs i forkant av seilasen, mens andre starter rett på seilasuken uten kurs. Uken etter bytter elevene plass. Gjennom observasjoner ønsker vi da å se på om det er forskjeller i elevenes atferd og fokus på de seks utvalgte parameterne og veileders totale vurdering av seilasen. Forventningen er at elever med kurs i forkant vil ha økt fokus på CRM-ferdigheter enn de som starter rett på seilas uten CRM-kurs, og at gruppe 1 får høyere score på helhetsinntrykk.

Dato og tidsrom: \_\_\_\_\_ Vurdert av: \_\_\_\_\_ Bro/Fartøy: \_\_\_\_\_ Gruppe: \_\_\_\_\_

Navigator: \_\_\_\_\_ Assistent: \_\_\_\_\_ Rormann: \_\_\_\_\_

<b>1. Kommunikasjon:</b>						
Broteamet utvekslet informasjon klart og tydelig og med tilbakemelding og respons.						
Uakseptabelt	Under forventet nivå		Forventet	Over forventet nivå		Eksepsjonelt
1	2	3	4	5	6	7

<b>2. Rolleavklaring:</b>						
Broteamet viste evne til å synliggjøre og fordele roller tilpasset situasjonen. Krav og forventninger til rolleadfærd ble avklart.						
Uakseptabelt	Under forventet nivå		Forventet	Over forventet nivå		Eksepsjonelt
1	2	3	4	5	6	7

<b>3. Eksplisitt Koordinering:</b>						
Broteamet hadde klar og tydelig fordeling og prioritering av oppgaver, og det var få misforståelser og antakelser.						
Uakseptabelt	Under forventet nivå		Forventet	Over forventet nivå		Eksepsjonelt
1	2	3	4	5	6	7

<b>4. Rolleorientering:</b>						
Medlemmene i broteamet forholdt seg til de roller og gjøremål de var tildelt. Enkelt medlemmer overløt ikke sitt ansvar til andre eller tok over oppgaver som andre skulle utføre uten at det var avtalt. (F.eks: Nav.ass begynner å navigere).						
Uakseptabelt	Under forventet nivå		Forventet	Over forventet nivå		Eksepsjonelt
1	2	3	4	5	6	7

<b>5. Aktsomhet:</b>						
Medlemmene i broteamet hadde fokus på å endre aktsomhet ift situasjonen. (F.eks: Høy aktsomhet i trangt farvann/krevende situasjoner, lavere aktsomhet i åpent farvann)						
Uakseptabelt	Under forventet nivå		Forventet	Over forventet nivå		Eksepsjonelt
1	2	3	4	5	6	7

<b>6. Forventninger:</b>						
Medlemmene i broteamet hadde fokus på å verifisere sitt situasjonsbilde for å unngå «bekreftelsesfellen» og tok hensyn til informasjon som kunne endre situasjonsbildet. (Jeg trodde at..., Skulle ikke du...?)						
Uakseptabelt	Under forventet nivå		Forventet	Over forventet nivå		Eksepsjonelt
1	2	3	4	5	6	7

<b>Hovedinntrykk av seilasen:</b>						
Uakseptabelt	Under forventet nivå		Forventet	Over forventet nivå		Eksepsjonelt
1	2	3	4	5	6	7

Har gruppen hatt CRM-undervisning før seilasen? Ja Nei

Hadde noen i gruppen hatt CRM-undervisning tidligere? Ja Nei  
Hvis ja, hvem? Navigator Assistent Rormann

Hadde noen i gruppen tidligere tjenesteerfaring fra fartøy eller lignende? Ja Nei  
Hvis ja, hvem? Navigator Assistent Rormann

Kommentarer:

Figur 1 CRM Observasjonsskjema

Observasjonene for øvelse Stadt er gjennomført, men analysene er ikke helt klar enda. Foreløpige resultater indikerer imidlertid at elevene med CRM-kurs i forkant av øvelsen har scoret noe høyere på både CRM-ferdigheter og helhetsinntrykk. Om disse forskjellene utgjør en signifikant forskjell er det foreløpig for tidlig å si noe om.

#### FORSTUDIE 2, ØVELSE RYFYLKE 2017

Læringseffekter avtar over tid. Det er derfor en forventning om at CRM-ferdigheter vil være mest synlig i tiden like etter kurset, og at effekten vil avta etter hvert som tiden går, med mindre man gjennomfører en oppfriskning (Flin, O'Connor, & Crichton, 2008).

På bakgrunn av dette blir de samme observasjonene gjennomført ca. seks måneder senere ved en ny seilasperiode på Øvelse Ryfylke 2017, men denne gangen uten at man gjennomfører CRM-kurs eller en oppfriskning. Øvelse Ryfylke foregår i moden *Radar Kontroll med manuell posisjonering* (Navkomp, 2017). Vi ønsker å dokumentere om observert atferd like etter CRM-kurset ble gjennomført, også er tilstede en viss tid etter kurset. Vi antar at enkelte CRM-ferdigheter har avtatt for begge gruppene, men at tilstrekkelig CRM adferd fortsatt er synlig og effektiv. Forskjeller observert mellom gruppene på Øvelse Stadt bør nå være utjevnet. Nedgang eller bortfall av ønsket adferd vil således indikere at CRM er ferskvare som må bevisstgjøres via oppfriskningskurs, temadager eller lignende.

Forstudie 2 gjennomføres i skrivende stund og ingen resultater er foreløpig klare for analyse.

#### VEIEN VIDERE

Forstudie 1 og 2 ble/blir gjennomført høsten 2016 og våren 2017. På bakgrunn av observasjoner og erfaringer gjort i disse forstudiene vil metode og utforming for hovedstudien bli evaluert for å sikre validitet og reliabilitet. Observasjonsskjemaet vil også bli evaluert og om nødvendig justert. Nye observasjoner vil bli gjennomført høst 2017 og vår 2018 for å vurdere effekten av CRM-kurs og CRM-ferdigheter. Studien vil videre danne grunnlag for en masteroppgave i Ledelse av Maritime Operasjoner ved NTNU i Ålesund med innlevering sommeren 2018.

#### REFERANSER

- Flin, R., O'Connor, P., & Crichton, M. (2008). *Safety at the sharp end: A guide to non-technical skills*. Surrey: Ashgate Publishing.
- Myhre, G. (2015, jan 30). *Da psykologien fikk innpass i luftfarten*. Retrieved april 2017, from Psykologisk.no: <https://psykologisk.no/2015/01/da-psykologien-fikk-innpass-i-luftfarten/>
- Navkomp. (2017). *SNP-500 Reglement for utøvelsen av militær navigasjon på Forsvarets fartøyer*. Bergen: Sjef Sjøforsvaret.

- O'Connor, P., Jones, D., McCauley, M., & Buttrey, S. E. (2012). An evaluation of the effectiveness of the crew resource management programme in naval aviation. *Int. J. Human Factors and Ergonomics*, 1(1), 21-40.
- Salas, E., Burke, C. S., Bowers, C. A., & Wilson, K. A. (2001). Team training in the skies: Does crew resource management (CRM) training work? *Human Factors*, 641-674.
- Salas, E., Wilson, K. A., & Burke, C. S. (2006). Does Crew Resource Management Training Work? An Update, an Extension, and Some Critical Needs. *Human Factors*, pp. 392-412.
- Sjøfartsdirektoratet. (2015). *Ulykkesstatistikk næringsfartøy 2015*. Sjøfartsdirektoratet.

---

# Utnyttets potensiale i skolefartøyene godt nok ved SKSK?

Bård Hess

Utdanningen av operative offiserer ved Sjøkrigsskolen foregår i stor grad som klasseromsundervisning. Utfordringen er å samle trådene mellom de ulike fagene for å øke helhetsforståelsen for kadettene, og på den måten gjøre dem bedre rustet til sin videre karriere etter profesjonsutdanningen.

Et naturlig samlingspunkt vil være skolefartøyene Nordnes og Kvarven.

«Jeg hører og jeg glemmer.  
Jeg ser og jeg husker.  
Jeg gjør og forstår.»

- Konfucius



Bilde 1: Kvarven (Forsvaret)

---

## BAKGRUNN

I henhold til «Fagplan for Bachelor i militære studier Lederskap med fordypning i nautikk» skal kadettene etter endt utdanning ha følgende kunnskaper og ferdigheter (utdrag):

- «Bred kunnskap innen maritime fag i henhold til relaterte kapitler i STCW-konvensjonen....»
- «Bred kunnskap om drift og operasjon av Sjøforsvarets fartøyer.....»
- «Benytte metoder, simulatorer, skolefartøy og annet verktøy som danner grunnlag for å navigerer og operere Sjøforsvarets fartøyer sikkert og effektivt...»

Utdanningen ved Sjøkrigsskolen er i dag stort sett basert på teoriundervisning i klasserommet, bortsett fra faget «Militær navigasjon» som er en kombinasjon av teori, simulator og praksis på skolefartøyene (Nordnes og Kvarven). Flere læringsteorier fremhever erfaringsbasert læring for størst læringseffekt. I den sammenheng finnes det et uforløst potensiale i skolefartøyene.

## LÆRINGSTEORI

Definering av læring kan i hovedsak deles i to tradisjoner. Den ene tradisjonen vektlegger individets kognitive prosesser hvor individet danner mentale modeller og tanke-mønstre, hvorpå den andre tradisjonen tar utgangspunkt



Figur 1: Kolbs lærings sirkel (Høgskolen i Innlandet)

i at mennesket lærer gjennom å handle og i samhandling med andre (Sfard, 1998). Man kan se på læring som noe som bygger på erfaring med involvering av både handling og tanke, samtidig som det er en sammenheng mellom disse to elementene (Kiær og Mørk, 2011).

Teoretikeren Dewey knytter læring og kunnskap sammen med erfaring (Dewey, 1966). Han hevder at mennesker erfarer kontinuerlig, og at enhver samhandling med omgivelsene danner erfaring gjennom refleksjon. Læring defineres da som reorganisering og rekonstruering av erfaring gjennom refleksjon.

Kolb definerer erfaringslæring som «en prosess der kunnskap utvikles gjennom de erfaringer man tilegner seg. Kunnskap er et resultat av kombinasjonen av å tilegne seg og omforme erfaringer» (Kolb, 1984, s. 41).

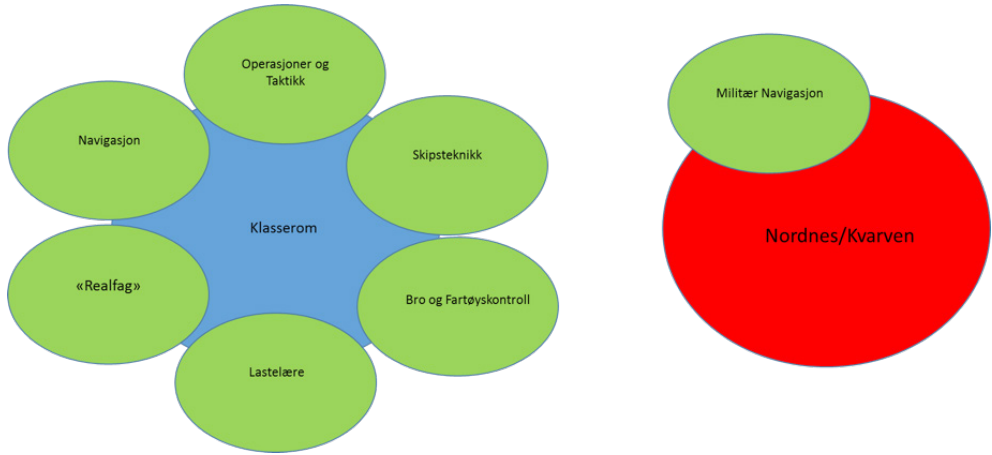
Kolbs lærings sirkel har store likhetstrekk med Boyds OODA-loop, som er velkjent i militær kontekst. Boyds OODA-loop og Kolbs Lærings sirkel tar begge utgangspunkt i at en utført handling danner grunnlaget for videre aktivitet. Man bygger da et erfaringsgrunnlag som kan benyttes til å ta nye beslutninger, utføre nye handlinger og få nye erfaringer. Dersom man reflekterer over aktiviteten, kan dette erfaringsgrunnlaget gi kunnskap (Kiær & Mørk, 2011).

#### NÅVÆRENDE UNDERVISNINGSMODELL FOR OPERATIV MARINE

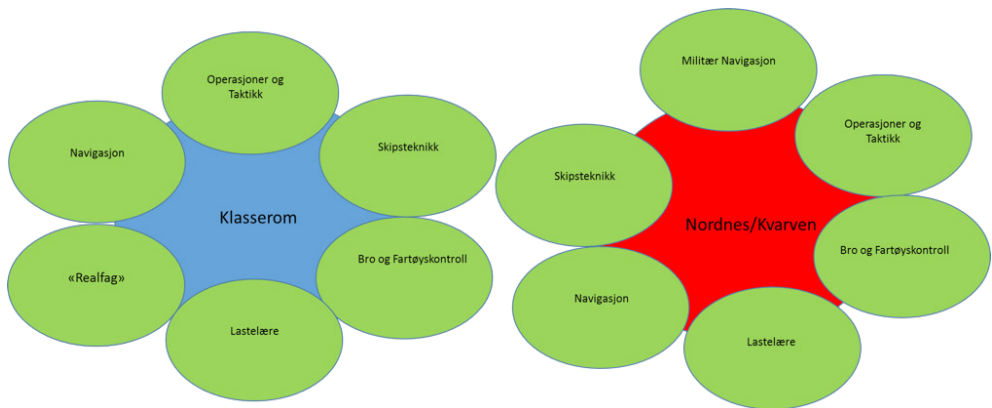
Dagens undervisning blir i hovedsak gjennomført som teoriundervisning i klasserom, gjerne med tunge powerpoint bolker. I følge Kolb vil fokus på teori uten tilhørende handling gi kadettene mindre mulighet for å tilegne seg egne erfaringer innen fagfeltet, og dermed mindre læring. De fleste fag som undervises har elementer som det er mulig å få en praktisk tilnærming til. Økt praksis vil ifølge Sfard, Dewey og Kolb øke forståelsen, og dermed gjøre kadettene i bedre stand til å løse oppgaver etter endt utdanning.

«...du vet ikke hva salt er før du har smakt det»

- Tarberg, HiT



Figur 2: Nåværende undervisningsmodell (Bård Hess)



Figur 3: Mulig undervisningsmodell (Bård Hess)

## MULIG MODELL

Skolefartøyene (Nordnes og Kvarven) blir i all hovedsak brukt til å øve kadettene fra OM-klassene i Militær navigasjon. Fartøyene er spesialdesignet for dette formålet, og fungerer utmerket som læringsplattform. Samtidig ligger det et uforløst potensiale i fartøyene med tanke på å gi en helhetsforståelse i drift av fartøy. Ved å dra inn elementer fra andre fag (Eksempelvis Bro og Fartøyskontroll, skips-teknikk, Operasjoner og taktikk) vil man øke forståelsen innen spesifikke fagområder, samtidig som det er en gylden mulighet til å etablere en rød tråd gjennom utdanningen ved å skape en helhetsforståelse for både drift av fartøy, og for militære operasjoner.

De fleste fag inneholder emner som har et praktisk tilsnitt. Ved å gjennomføre en praktisk øving kombinert med teoriundervisning vil læringsutbytte heves betraktelig. Eksempelvis kan man i faget Bro og Fartøyskontroll både planlegge og gjennomføre ankring, sleping og buksering i forbindelse med teoriundervisningen. I skips-teknikk kan man gjennomføre krengeprøver, manøvertester og skipsutrykk. Faget «Operasjoner og Taktikk» legger grunnlaget for den sjømilitære utdanningen, både når det gjelder planlegging og gjennomføring av operasjoner. STP-41 (Stabshåndbok for Sjøforsvaret) beskriver Taktisk Maritim Planlegging (TAMP). Denne beskriver operasjonsplanlegging helt ned til stridsteknisk nivå. Dette er et velutviklet planleggingsverktøy som kan brukes til alt fra å planlegge en kveldsseilas til større operasjoner. Ved å innføre TAMP som mal for planlegging av all aktivitet ved Sjøkrigsskolen, vil dette øke kadettenes helhetsforståelse maritim planlegging, samt gjøre dem bedre rustet til tjenesten etter endt utdanning. Videre bør ordreverket for daglige operasjoner i Marinen benyttes ved seilas med skolefartøyene. Dette vil medføre at kadettene får forståelse for gjeldende ordreverk, samt at fartøyene blir bidragsytere til å løse Sjef Marinens oppdrag.

## KONKLUSJON

Både Kolb og Dewey, som ansees som noen av de største teoretikerne innen læring fremhever fordelene ved erfaringsbasert læring. Forståelsen for et tema vil øke betraktelig hvis undervisningen innbefatter både en tanke og en handling. Dette vil gi kadetten mulighet til refleksjon, som igjen muliggjør læring gjennom reorganisering og rekonstruksjon av etablerte mønstre.

Skolefartøyene vil være en naturlig arena for tilrettelegging av erfaringsbasert læring. Tilgjengeligheten er god, og det er bare fantasien som setter grenser for hva som kan øves og trenes om bord. Det er også mulig å gjennomføre praktiske leksjoner selv om fartøyene ligger til kai, og man er dermed ikke avhengig av skipsførere og hjelpemenn. Økt utnyttelse av skolefartøyene vil skape en økt forståelse for hvordan de enkelte fagene henger sammen og gi et bedre helhetsinntrykk av utdanningen ved Sjøkrigsskolen.

## VEIEN VIDERE

Hvis man i større grad lykkes med å flytte undervisningen om bord for OM-klassene bør man også se på mulighetene for å integrere de andre linjene i fartøyene. Etter mitt syn ligger det uante muligheter for at også andre linjer kan ha utbytte av skolefartøyene. Dette er alt fra logistikk oppfølging (Logreq, proviantering, bunkring) til vedlikehold av navigasjonssystemer og skipsteknisk materiell.

Sjøkrigsskolen avholder også en rekke kurs for andre statlige etater (eks politi og brannvesen). Dette gir store muligheter for tverretattlig samarbeid allerede tidlig i karrieren for kadetten.

## KILDER:

- [www.hihm.no/prosjektsider/phs/prosjekter/laeringskort-hjelp-til-refleksjon](http://www.hihm.no/prosjektsider/phs/prosjekter/laeringskort-hjelp-til-refleksjon)
- Margareta G. Kiær og Ingrid C. Mørk (2011). *Erfaringslæring i Forsvaret – en casestudie av formelle og uformelle læringsarenaer basert på en intervjuundersøkelse i et OMLT*. FFI-Rapport 2011/01894
- Sfard, A. (1998) On Two Metaphors for Learning and the Dangers of Choosing Just One. *Educational Researcher*
- Dewey, J. (1966). *Democracy and education: an introduction to the philosophy of education*. New York, NY: The Macmillian Com

---

# Mønstringer i militær navigasjon 2016

Lasse Hiis Bergh

Sjøforsvarets navigasjonskompetansesenter (Navkomp) gjennomførte i 2016 i alt 17 mønstringer i militær navigasjon på Sjøforsvarets fartøyer. Det er gledelig å melde at de fleste av Sjøforsvarets broteam holder en høy standard. Artikkelen gir en beskrivelse av mønstringsprosessen og beskriver erfaringer, funn og anbefalinger fra mønstringer i 2016.

---

Sjøforsvarets navigasjonskompetansesenter (Navkomp) gjennomførte i 2016 i alt 17 mønstringer i militær navigasjon på Sjøforsvarets fartøyer. Mønstringer gjennomføres på oppdrag for Sjøf Marinen og Sjøf Kystvakten. Bestemmelser nedfelt i SNP 500 gir retningslinjer for hvordan en mønstring skal gjennomføres. Sjøforsvarets ledelse stiller store krav til navigasjon i Marinen og Kystvakten. Kravet er at våre fartøyer skal kunne navigere sikkert og effektivt i våre farvann under alle vær og lysforhold både med intakte og degraderte navigasjonssystemer. Sjøforsvarets navigatører skal beherske alle aspekter innen Militær navigasjon, noe som innebærer evne, aksept og vilje til å operere på sikkerhetsmarginer og ikke på komfortmarginer. Under mønstring har derfor Navkomp behov for å observere og evaluere navigering med degraderte systemer. Det vil i hovedsak bety sikker og effektiv seilas uten input fra satellittbaserte navigasjonshjelpemidler. Flere tiår med erfaring viser at når broteam behersker radar- og optisk navigering med degraderinger så vil de også beherske de andre navigasjonsmodene.

Denne artikkelen belyser og beskriver erfaringer og funn fra mønstringer i 2016, samt anbefalinger til videre trening, øving og operasjoner. Erfaringene fra 2016 er at Navkomp er generelt meget fornøyd med den høye standarden som Sjøforsvarets broteam holder. Samtidig

må det påpekes at enkelte fartøyer ikke trener tilstrekkelig for å opprettholde det nivået som kreves.

Kystens beskaffenhet, lys og værforhold setter våre broteam på harde prøver hver eneste dag. Navigasjon er ferskvare og må trenes jevnlig. Det er et skipssjefsansvar at alle broteam får tilstrekkelig trening for at fartøyet skal kunne løse pålagte oppdrag raskt og effektivt. Operative myndigheter må også være en pådriver for at alle fartøyer får avsatt tilstrekkelig med tid til navigasjonstrening for å opprettholde det nivå som kreves for å løse Forsvarets oppgaver i fred, krise og krig.

## MØNSTRINGSRUTINER OG ERFARINGER FRA 2016

En navigasjonsmønstring varer normalt fra 48 til 60 timer. Noen ganger er vi lenger om bord, men da fordi deler av tiden er avsatt til støtte for navigasjonstrening. Fartøyer oppfordres til å be om støtte fra Navkomp enten om bord eller ved simulator. Støtte bør gjennomføres i god tid før mønstring.

Når Navkomp er om bord på mønstring har vi to «hatter» på. Den ene er å være positivt støttende og motiverende for broteamene. Den andre er å bedømme prestasjonene og gi en status med anbefaling til Sjøf Marinen eller Sjøf Kystvakten





For å bli vaktsejef på Skjold klassen må kandidatene gjennom et omfattende vaktsejefkurs.

Navigasjonsmønstringen inneholder følgende hovedelementer:

1. Bok og materiellkontroll
2. Teoriprøver og utspørring
3. Praktisk seilas i ulike moder
4. Småbåt mønstring.
5. Rapport etter mønstring

### **1. Bok og materiellkontroll**

Det er sjelden noe å utsette ved gjennomføring av bok og materiellkontroll. På flere fartøy ser vi imidlertid at øvingsdagbok for navigasjon ikke føres i henhold til intensjonen. Følgende må være med: 1) Hvem skal øve, 2) Hva skal øves, 3) Hvor skal det øves, 4) Resultat fra øvingen og 5) Når skal det øves neste gang. Dersom øvingsdagboken føres skikkelig blir den et nyttig hjelpemiddel for skipssjefen og navigasjonsteamene i opplæringsøyemed og ikke bare et dokument som skal forevises på bokfremvisning.

Fartøyet regime for vaktsejefklarering skal også være beskrevet. Noen fartøy har dessverre ikke fått på plass et godt og sporbart regime for klarering av vaktsejfer.

### **2. Teoriprøver og utspørring**

#### Forståelse og bruk av brosystem

Generelt meget bra. Viktig at den enkelte i broteamet er interessert i å tilegne seg mest mulig inngående kun-

skap til navigasjonssystemene. Er du i tvil les manualer, spør kolleger og for all del bruk ledig tid på brovaktene til å trykke og finne ut hvordan systemene fungerer!

#### Sjøveisregler

Det anbefales at alle navigatører regelmessig repeterer sjøveisreglene og reflekterer over anvendelsen av disse. Overaskende mange navigatører i Sjøforsvaret blander regler som gjelder når man er i sikt av hverandre med regler som gjelder under navigering i nedsatt sikt. **NB!** Regel 15 om kryssende kurser gjelder ikke under nedsatt sikt.

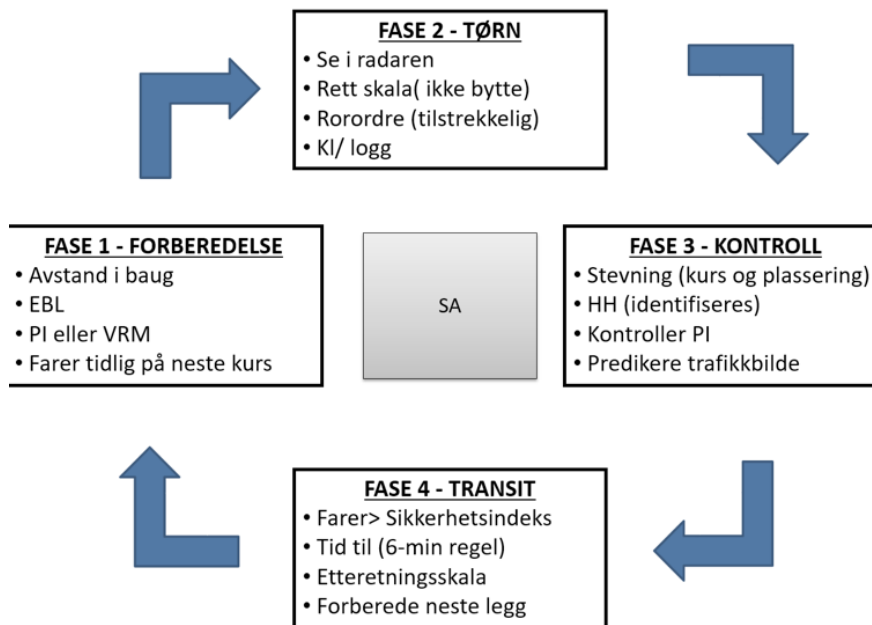
### **3. Praktisk seilas i ulike moder**

#### Forberedelser til seilas

Alle Sjøforsvarets fartøyer viser gode rutiner for forberedelser til seilas. Navigasjonsbriefer er gode, kurser er satt ut for optisk nattseilas slik som det skal og systemparameter er korrekt satt. Mange kan dog bli enda bedre til å planlegge hvilke objekter som skal brukes til posisjonering, og hvor i farvannet ulike prinsipper for navigering kan anvendes. Det kan i enda større grad planlegges med halvstrek passering på kurser hvor det ikke er stevningsobjekt.

#### Radarseilas

Under mønstring legges radarseilas primært til den lyse



Figur: Faser i navigasjon radar.

delen av døgnet for å gjøre det lettere for sikkerhetskontrolløren å kontrollere seilasen og sette grenser for når det må gripes inn.

Justeringer som gir best mulig bilde og bruk av riktig skala til enhver tid er en stadig utfordring for mange. Navigatørene må alltid være veldig interessert i å oppdage ekko i tilstrekkelig god tid for hensiktsmessig klarering, samtidig som små ekko (f.eks. liten farkost) må oppdages før det er for sent. Husk at det alltid skal være litt støy på skjermen, hvis ikke anvendes sannsynligvis for lite gain. Kontroller så ofte som mulig radarens ytelse opp mot små ekko som jernsøyler, staker og lignende for alltid å ha god kontroll på hvilken avstand du kan forvente å oppdage små ekko.

Under utførelse av radarseilas er det spesielt viktig at navigatøren finner gode objekter som er lett å identifisere på radaren til posisjonering. Parallellindeks på en jernsøyle eller lignende er bra fordi radarskyggen blir lik på begge sider av objektet.

Det er viktig at radarmetodikken alltid følger fasene i navigasjon.

#### Optisk seilas

Gjennomføres primært i mørke på en mønstring. Det er gledelig å se hvor dyktige de fleste av våre navigatører er i optisk nattseilas, men mer fokus på farer på kursen og hva som setter klar er sterkt ønskelig. Når fartøyet er

kommet på ny kurs må vaktsejfer ha kontroll på farene på den nye kursen, stålkontroll på hva som setter klar, tilgjengelige hjelpemidler og hvilken metode som skal brukes for å kontrollere seilasen. Dette må også kommuniseres i broteamet slik at alle i teamet kan bidra til sikker seilas. Bruk av kikkert er essensielt i å oppdage farer, og Sjøforsvarets broteam kan bli mye bedre til kikkertbruk. Særlig må fokus rettes mot det mørke området forut. Du må ville se den mørklagte kajakken rett forut. Forsvarets nye enhets kikkert er dessverre ikke spesielt godt egnet for bruk på bevegelige plattformer, da forstørrelsen 10 x 42 blir for mye. Navkomp anbefaler Sjøforsvarets fartøy å fortsatt bruke den utmerkede Swarovski kikkerten med 7 x 42 forstørrelse.

#### Fartøysklarering

Våre fartøy seiler stort sett uten å oppgi egen AIS posisjon. Dette fordi Forsvaret ikke ønsker at posisjonen til våre fartøy skal være tilgjengelig for alle. Ekstra aktsomhet kreves derfor med tanke på at øvrig trafikk gjerne forventer AIS og dermed kan oppdage våre fartøy sent. Bruk av VHF for å avtale klarering med andre fartøy er en vanlig og akseptert metode i så måte. Sjøforsvarets fartøy bør, av samme grunn som at vi ikke sender på AIS, også begrense bruk av VHF i forbindelse med klarering. Når VHF må benyttes bør effekten på utsendelsen være redusert.

## CRM/BRM

I tillegg til prinsipper og metoder vurderes også broteamets totale ytelse ved mønstring. Ytelsen til et broteam henger sammen med rolleavklaring, koordinering og kommunikasjon i teamet. God rolleavklaring øker teamets effektivitet og evne til måloppnåelse. Klar og tydelig rolleavklaring er derfor meget viktig både for teamets standard operasjonsmønster og for nye eller spesielle operasjoner. Dersom sjefen skal inngå i broteamet må han/hun være innforstått sin betydelige rollepåvirkning. Sjefen må tydelig kommunisere hvilken rolle som bekles. Misforståelser oppstår når sjefen kommenterer eller korrigerer utførelsen av navigasjon uten å formelt overta ansvaret. Dette medfører usikkerhet i broteamet om hvem som har ledelsen og navigasjonssikkerheten reduseres. Erfaringene fra 2016 indikerer heldigvis at dette ikke er et særlig problem. I dag ser vi oftere godt forberedte skipssjefer som på en positiv motiverende måte støtter broteamene med sine kunnskaper og erfaringer. Koordinering av oppgaver innebærer at vakt sjef eksplisitt kommuniserer delegering av oppgaver slik at alle vet hvem som skal gjøre hva. Uttalte prioriteringer øker oppmerksomheten for tildelt oppgave og minsker mulighetene for misforståelser og antakelser. En god vakt sjef må være i stand til å monitorere teamets ytelse og treffe nødvendige tiltak basert på egne vurderinger. Effektiv kommunikasjon er avgjørende for god samhandling, og god og riktig kommunikasjon innad i broteamet er en meget viktig faktor for oppgaveforståelse og oppdragsløsning. Det er spesielt viktig at vakt sjefen utveksler informasjon klart og tydelig og med tilbakemelding og respons fra broteamet slik at alle involveres i seilasen. Dette hever navigasjonssikkerheten betraktelig. I Sjøforsvaret har vi en god kultur for å bygge effektive broteam og resultatene fra årets mønstringer viser at fartøyene besitter nødvendig forståelse for hvor viktig broteamenes ytelse er for operativ evne.

### **4. Småbåt mønstring**

På de fartøyer hvor båtmateriell brukes til andre oppdrag enn mann over bord oppgaven, gjennomføres navigasjonsmønstring også for disse enhetene. Denne gjennomføres enten i forbindelse med fartøyets navigasjonsmønstring eller som en egen mønstring. De båtmannskapene som har vært mønstret av Navkomp har vært meget motiverte og godt trent til sine oppgaver. Følgende tekniske mangler på småbåt materiellet ønsker Navkomp at det fokuseres på: 1) Kartplottere med kart som ikke er oppdaterte reduserer navigasjonssikkerheten, 2) Mangel av AIS på en del småbåter gjør at det er vanskelig for broteamet å følge med på båtens seilas, og 3) Mangel av radar på småbåter gir unødvendige vær-begrensninger.

### **5. Rapport etter mønstring**

Etter gjennomført mønstring utarbeider Navkomp en detaljert statusrapport med anbefalinger om hva bro-

teamene må fokusere på fremover. Navkomp forventer at broteamene studerer rapporten nøye og at anbefalinger følges opp.

## AVSLUTNING

Å være navigatør i Sjøforsvaret er krevende. Man har et stort og viktig ansvar, og det stilles strenge krav til broteamenes kunnskaper, evner og ytelser. Å mestre det å navigere langs vår kyst under ulike forhold uten å være avhengig av input fra satellitt baserte navigasjons-hjelpemidler er et utfrakkelig krav og et fortrinn som Sjøforsvarets enheter forventes å kunne utnytte når det kreves. Å beherske denne form for navigering er en del av vår profesjon og identitet som militære navigatører.

Navkomp sin generelle erfaring er at de aller fleste av Sjøforsvarets navigatører innehar de rette holdninger, profesjonalitet, kunnskaper, ferdigheter, handlekraft og integritet i utøvelsen av rollen som vakt sjef og som medlem av et broteam.



*Kystvakten har tatt gode grep for å fremme militær navigasjon på fartøyene. Sjef Kystvaktens direktiv for navigering i Kystvakten, som er basert på SNP 500, fastsetter hva standarden skal være. Navkomps erfaring er at de fleste broteamene på kystvaktens fartøy presterer meget godt.*

---

# Nasjonal virtuell beredskap

Frode Voll Mjelde, Magne Bolstad, Hans Magne Gloppen, Petter Lunde

Bruk av simulert støtte til øving av nasjonal beredskap er en kosteffektiv utnyttelse av teknologi for å validere prosedyrer og regelverk og for trening av interdepartemental samhandling. Teknologien er moden og tilgjengelig, og Norge har et stort potensial for å bygge opp et høyt kompetansenivå i et virtuelt miljø som er representativt og effektivt for håndtering av reelle hendelser.



Figur 1, Norsk økonomisk sone

Denne artikkelen fokuserer på det maritime aspektet av nasjonal beredskapstrening, men det understrekes at den konseptuelle idéen med virtuell trening kan anvendes på de aller fleste områder.

Øvelser er nøkkelen til å få samhandling til å fungere. Et viktig grunnlag for effektiv beredskap er tverrsektorielle krisehåndteringsøvelser der aktørene øver på samhandling innen visse scenarier (Forsvarets Forskningsinstitutt, 2016).

Norge har ansvar for enorme havområder (Figur 1) hvor værforhold og kostnadsaspekter gjør det spesielt utfordrende å gjennomføre reelle øvelser. Virtuell trening har den fordel at identifiserte læringspunkter fra øvelser kan gjentas så ofte man vil uten store kostnader. Tilbakemeldinger og evalueringer kan sammenliknes med eksisterende prosedyrer og regelverk i en iterativ prosess for utarbeidelse av fleksible og robuste nasjonale prosedyrer.

## BEHOV FOR TVERRSEKTORIELL SAMTRENING

I statsbudsjettet for 2015 ble det utarbeidet ti nye mål for justisdepartementet. De nye målene ble satt på de områdene der utfordringene er store og behovet for endring er størst (Justis- og beredskapsdepartementet, 2014). Fire av disse målene gjelder for Samfunnsikkerhets- og beredskapskjeden:

- Redusere sårbarhet i samfunnet
- Styrke samhandling i beredskap og krisehåndtering
- Kunnskapsbasert forebygging
- Bedre ledelse og styrket ledelseskultur

Viktigheten av disse målene er understreket av FFI i sine BAS prosjekter. Gjennom BAS-6 prosjektet utviklet FFI relevante fare- og trusselsituasjoner for det nasjonale arbeidet med samfunnsikkerhet i Norge, samt utviklet 20 scenarier som beskriver ulike utfordringer.

Analysen fra disse scenariene (Forsvarets Forskningsinstitutt, 2016) identifiserte følgende mangler:

- uavklarte ansvarsforhold mellom ulike sivile aktører
- manglende kunnskap om nasjonale kriseplaner i departementene
- manglende øving på prosedyrer og planer

Utredningen om forebyggende nasjonal sikkerhet (Norges offentlige utredninger, 2016) fremmet forslag om en ny lov. Den foreslåtte loven gir en helhetlig tilnærming til forebyggende sikkerhet på tvers av samfunnssektorer og vil gjelde for alle virksomheter som er av kritisk betydning for grunnleggende nasjonale funksjoner. Knappe ressurser i samfunnet fordrer at aktuelle sikringstiltak må ha en samfunnsøkonomisk nytte som samlet overstiger kostnadene. Utvalget påpeker også viktigheten av regelmessige øvelser som skal teste om etablerte sikkerhetstiltak fungerer etter hensikten og om den enkelte virksomhet har den nødvendige kompetansen til å håndtere hendelser innen eget ansvarsområde. Grunnleggende prinsipper for arbeidet med samfunnsikkerhet og beredskap inneholder samvirkeprinsippet (Figur 2) som skal fremme overordnet tverrsektoriell tenkning og samordnende styring.

**Samvirkeprinsippet** som betyr at myndigheter, virksomheter eller etater har et selvstendig ansvar for å sikre et best mulig samvirke med relevante aktører og virksomheter i arbeidet med forebygging, beredskap og krisehåndtering.

Figur 2, Samvirkeprinsippet (Norges offentlige utredninger, 2016)

I november 2016 gjennomførte Kystverket nasjonalt seminar for beredskap mot akutt forurensning med 150 deltakere fra sivile og offentlige virksomheter. Foredragsholdere tok blant annet opp behovet for å øke og utvikle forståelsen av norsk tverrsektorielt samarbeid og samvirke i maritime kriser (Carlström, 2016) og at en forutsetning for å lykkes er forbedret samhandling mellom private og statlige aktører (Sørby, 2016), men også at vi ikke evner å lære nok av øvelsene og at det er de samme læringspunktene som går igjen (Næss & Pedersen, 2016).

#### EFFEKTIV BEREDSKAPSTRENING

Effektiv nasjonal beredskap krever trening på samhandling gjennom 1) Rolleavklaring mellom instanser, 2) Kommunikasjon mellom disse og 3) Koordinering av arbeidsoppgaver iht. gjeldende hendelse/opdrag.

Tverrsektorielle øvelser som verifiserer og trener rolleavklaring, kommunikasjon og koordinering av oppgaver krever ikke store fullskaløvelser, og kan med fordel trenes ved bruk av simulatorsystemer (Mjelde, Smith, Lunde, & Espevik, 2016). Det kan argumenteres at enkle table-top eller papirøvelser også kan gjøre nytten, men et virtuelt miljø gir en helt annen virkelighetsforståelse og øker overføringsevnen til et reelt miljø (Lunde, 2016).

#### Rolleavklaring

God rolleavklaring øker teamets effektivitet og evne til måloppnåelse. Klar og tydelig rolleavklaring er derfor meget viktig både for teamets standard operasjonsmønstre og for nye eller spesielle operasjoner. Funn fra nasjonale og internasjonale havarikommisjoner har identifisert mangelfull rolleavklaring som en av de vanligste grunnene til teamsvikt (Gould, 2009; Flin, O'Connor, & Crichton, 2008), som igjen har vært medvirkende eller direkte årsak til tap og skader av personell og materiell. Rolleavklaring mellom departementer og offentlige sektorer må defineres og trenes slik at det ikke oppstår misforståelser og forsinkelser om hvilke roller som skal besettes for operasjonsmønstre. Det må samtidig defineres hvilke kunnskaper, ferdigheter og holdninger som kreves og forventes av de ulike rollene.

#### Kommunikasjon

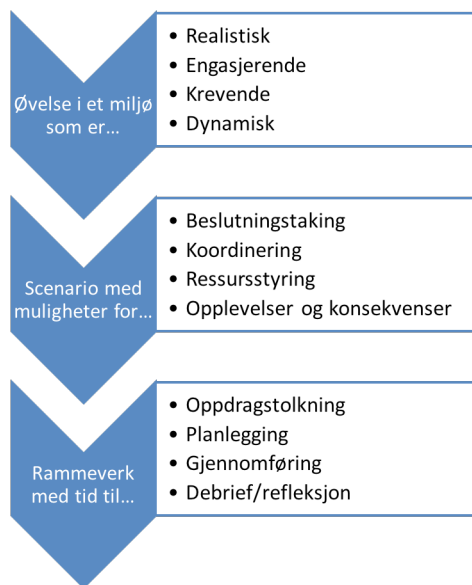
Kommunikasjon er utveksling av informasjon, tilbakemeldinger og respons, og er en viktig aktivitet i koordinering mellom teamets medlemmer for å oppnå sine mål. Dårlig og/eller mangelfull kommunikasjon er kjent for å bidra til mange uhell og ulykker. Det betyr at god og riktig kommunikasjon er en meget viktig faktor for situasjonsbevissthet, oppgaveforståelse og oppdragsløsning. Kommunikasjonstrening øker sannsynligheten for at informasjon blir klart og konsist overført, mottatt, og riktig forstått og at de forskjellige aktører bruker lik terminologi.

#### Koordinering av oppgaver

Koordinering av oppgaver innebærer at ledelsen eksplisitt kommuniserer delegering av oppgaver slik at alle vet hvem som skal gjøre hva. Medlemmer av teamet har da en klar og tydelig oppgavefordeling som definerer hvordan de forholder seg til oppgaven. Team som evner til å sette av tid til å holde alle oppdatert på prioriteringer og situasjonsbilde øker teamets forståelse og evne til måloppnåelse og reduserer mulighetene for misforståelser og antakelser (Orasanu, 1995). Beredskapstrening må derfor inneholde muligheten for delegering og prioritering av oppgaver basert på teamets komplementære ferdigheter og oppdragets art.

#### PEDAGOGISK TILNÆRMING

Det hersker liten tvil om behovet for samtrenting og samvirke mellom samfunnets sivile og offentlige virk-



Figur 3, Forutsetninger for effektiv virtuell beredskapstrening

somheter. Samtidig skal treningen være økonomisk forsvarelig slik at ressurser utnyttes hensiktsmessig. Dette kan trenes virtuelt uten å måtte bruke ressurser på feltøvelser i stor skala, både for land-, sjø-, og luftoperasjoner. Personell og enheter i ”den spisse ende” er som regel godt trent i utførelsen av sitt daglige virke og vil evne omstilling fra enkle arbeidsoppgaver til mer avanserte uten altfor store problemer. Det viktigste treningsbehovet er samhandling mellom offentlige og private instanser som skal utføre koordinerende ansvar. Dette krever en effektiv og samfunnsøkonomisk beredskapstrening som kan gjennomføres i simulatorsystemer som allerede er anskaffet for offentlige midler.

Riktig design av virtuelle øvelser (Figur 3) er kritisk for at trening og øving kan leve opp til mål og forventninger. Simulatorøvelser må emulere (gjenskape) den samme adferd som kreves i reelle situasjoner siden adferd styres av stressorer og motivasjon. Vitenskapelig forsøk gjennomført på Sjøkrigsskolen (Mjelde, Smith, Lunde, & Espevik, 2016) viser at man kan predikere fremtidig teamytelse, men at god predikasjon betinger likhet av stressorer i både virtuelt og reelt miljø.

Øvelsen må foregå i et miljø som er realistisk, engasjerende og dynamisk. Det må gi muligheter for å styre ressurser, koordinere samhandling og fremstå som relevant for treningsmålene. Det må samtidig være satt av tilstrekkelig tid til innledende faser, selve gjennomføringen og etterarbeid gjennom debrief, refleksjon og tildeling av oppfølgingsansvar.

## NASJONALE MARITIME SIMULATOR RESSURSER

I Norge har vi flere lokasjoner som er utstyrt med simulatorsystemer for navigasjon. De fire maritime høyskolene og flere av de maritime fagskolene har simulatorutstyr fra samme leverandør. Det er videre et utstrakt samarbeid mellom de fleste skolene, Sjøkrigsskolen og leverandøren når det gjelder utvikling og finansiering av norske databaser, herunder også databaser i arktiske strøk.

Høyskolene er lokalisert henholdsvis ved universitetet i Tromsø, ved NTNU Ålesund, Sjøkrigsskolen i Bergen, Høgskolen på Vestlandet i Hugesund og ved Høgskolen i Sørøst-Norge i Vestfold. Maritime høyskoler har gjennom mange år hatt et godt samarbeid i råd for høyere maritim utdanning (HMU). Dette gjør at man lett kan opprette kontakt med de andre institusjonene dersom det skulle bli aktuelt med et samarbeid om beredskapstrening i arktiske strøk. Med UIT som bidragsyter kan man få tilgang på personell med stor kompetanse på arktiske forhold. I tillegg har Forsvaret tilgang på kompetanse fra Kystvakten for operasjoner i polare områder.

Når det gjelder de maritime fagskolene (11 stykker) er de også i stor grad utrustet med Kongsberg simulator. Et samarbeid med fagskolene er fullt mulig opp mot et mulig scenario mot virtuell beredskapstrening.

De nautiske miljøene i Norge er små og fragmenterte, men nasjonal virtuell beredskapstrening kan bidra til at flere aktører dras inn i ulike scenario og man kan spille på lokalt personell. Eksempel på dette kan være personell som har erfaring fra fiske og fangst i nordområdene. Siden institusjonene har simulator fra samme leverandør kan disse kobles sammen i en kjede av simulatorsystemer hvor man kan drive realistisk beredskapstrening i sanntid mellom flere lokasjoner. Det at sentrale aktører kan sitte på ulike steder rundt i landet mens de deltar i samme scenario gjør at man kan dra inn flere etater og spare både tid og kostnader. I tillegg er de nevnte simulatorsystemene anskaffet gjennom offentlige midler, noe som styrker argumentasjonen for at systemene bør nyttes til offentlig beredskapstrening.

I tillegg kan det nevnes at Sjøforsvaret i Danmark, Canada og USA har den samme navigasjonssimulatoren (Kongsberg Maritime). Det er da mulig å utveksle databaser for polare og tilstøtende områder (slik at alle jobber i samme miljø), samt at det er teknisk mulig å utveksle informasjon mellom simulatorene i de respektive land for internasjonal samtrening i sanntid.

## EKSEMPEL PÅ BEREDSKAPSTRENING I SIMULATOR

Anta at det oppstår en havarisituasjon på et skip i polare strøk, med store potensielle konsekvenser for både personell og miljø. Med aktuelle aktører som

befinner seg i et virtuelt miljø (les simulator) vil man kunne få frem utfordringer med å overføre situasjonsbevissthet mellom havaristen og beslutningstagerne i et krisesenter. Man vil kunne trene på overføring av informasjon mellom aktører med lang geografisk avstand, identifisering av riktige informasjonskanaler (hvem rapporterer til hvem og når), identifisere ansvarsforhold (hvem tar hvilke beslutninger), tid fra beslutning til handling, osv.



Figur 4, Hurtigruteskipet Fram på vei til Nordvestpassasjen.  
Foto: Chelsea, Claus/HURTIGRUTEN

En slik situasjon krever at Norge har en robust beredskapsplan, at vi har ressurser tilgjengelig og at operasjonen kan ledes sentralt og lokalt. Et slikt scenario kunne vært kjørt i simulatorene til de omtalte høyskolene (flere om gangen, eller kun enkeltvis). Operasjonen kunne vært ledet sentralt (Oslo eller liknende), og lokale offentlige representanter kunne rykket ut til nærmeste høyskole for å bemanne distribuerte ledelsesfunksjoner.



Figur 5, Koordinerende ansvar i et kontrollcenter

Inne på de enkelte simulatorene hadde man så hatt personell som opererer selve fartøyene eller helikoptrene som er tilgjengelige for operasjonen. Fartøy/helikopter styres inn mot operasjonsområdet i sanntid (da tar det så lang tid som det ville tatt i virkeligheten før ressurser er på plass), enhetene gjennomfører så operasjonen i tildelt område så langt det lar seg gjøre på simulator, og deretter transittere til angitt sted for å losse passasjerer, bytte mannskap, etterforsyne diesel, flybensin etc. helt til situasjonen er klarert.

Dersom man kjører et slikt virtuelt scenario så realistisk som mulig bl.a. ved hjelp av simulatorer vil man kunne ha god sjanse til å synliggjøre og avklare hvilke ansvarsforhold som skal være gjeldende, tette kunnskapshull og øve på prosedyrer og planer før en krise inntreffer. Magne Aarset, førsteamanuensis ved NTNU og forfatter av boken *Kriseledelse*, sier at «kriseledelse handler om å avverge kriser» (Aarset, 2010) og nettopp dette kan virtuell scenario-basert trening bidra til.



Figur 6, Eksempel på simulatorsystem (bilde: Forsvaret)

Sjøforsvaret har lang erfaring i å lage slike realistiske scenarier for nordområde problematikk mtp. suverenitetshvoldelse, globale søk- og redningsoperasjoner (SAR), anti-pirat scenarier i Aden bukten, etc., og vi ser at slike øvelser har en positiv effekt på operativt yteevne for Sjøforsvarets enheter. I 2014 gjennomførte Royal Caribbean Cruiseline (RCCL) i samarbeid med Norwegian Hull Club (NHC) og Sjøkrigsskolen et havariscenario vest for Nordkapp for å trene RCCL sin beredskapsavdeling i Miami. Hendelsen ble fasilitert på Sjøkrigsskolens navigasjonssimulator med reelle meteorologiske værdata, tid på døgnet, etc. Interne beslutninger ombord på den virtuelle havaristen var enten forhåndsdefinerte eller på ordre fra Miami. Kontorene i Miami fikk korte videosamtaler med kapteinen, der de fikk møte ham «live» på bro i situasjonen mens scenariet utspilte seg på simulatoren. Beslutningstaking og koordinering av eksterne enheter foregikk i sanntid i Miami, og RCCL rapporterte om et meget positivt utbytte av treningen. Beredskapsavdelingens «møte» med kapteinen hadde gitt dem en helt annen realitetsopplevelse av situasjonen, og de hadde følt presset mye mer på kroppen enn tidligere øvelser uten denne koblingen. Forsvarets Forskningsinstitutt har dokumentert tilsvarende scenarier for oljevernberedskap i Barentshavet (Østereng, 2010). En slik rapport kan enkelt fungere som et script for gjennomføring av en virtuell beredskapsøvelse med alle aspekter nødvendig for troverdig trening av maritim beredskap.

## OPPSUMMERING

Nasjonal virtuell beredskap vil gi Norge muligheter til å teste og evaluere om beredskapsplaner er effektive uten å måtte gjennomføre en større øvelse ute på havet. Fullskala øvelser kan gjennomføres i etterkant av en simulatorøvelse. Scenariobasert trening for tverrsektoriell rolleavklaring, kommunikasjon og koordinering gjør læringseffekten i et virtuelt miljø overførbar til et reelt miljø. Det sparer tid og penger, samt at reelle øvelser blir mer effektive når man kan styre mot konkrete øvingsmål identifisert i simulatorøvelsen.

Utnyttelse av simuleringsskapabilitet som en naturlig del av styrkeproduksjonen vil bidra til samfunnets evne til å håndtere tilsiktede handlinger, ulykker og uønskete hendelser ved at vi har enheter og ledelselementer med et høyere kompetansenivå, og med en trent evne til samhandling og utnyttelse av kapasiteter innen alle beredskapsområder, nasjonalt og som en del av internasjonalt samarbeid.

## REFERANSER

- Cannon-Bowers, J. A., & Salas, E. (1998). *Making Decisions Under Stress*. Washington DC, USA: American Psychological Association.
- Carlström, E. (2016). Krishanteringens centrala utmaningar. *HSN - Senter for beredskap og integrert krisehåndtering*. Horten: Kystverket Nasjonalt beredskapseminar.
- Flin, R., O'Connor, P., & Crichton, M. (2008). *Safety at the sharp end: A guide to non-technical skills*. Surrey: Ashgate Publishing.
- Forsvarets Forskningsinstitutt. (2016). *Beskyttelse av samfunnet i en ny tid*. Forsvarets Forskningsinstitutt.
- Gould, K. S. (2009). *Faster, better, safer?* Bergen: Universitetet i Bergen.
- Justis- og beredskapsdepartementet. (2014, November 24). *Mål for justis- og beredskapssektoren*. Retrieved Mars 2017, from Regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/no/tema/lov-og-rett/innsikt/mal-for-justis-og-beredskapssektoren/id2076236/>
- Aarset, M. (2010). *Kriseledelse*. Bergen: Fagbokforlaget
- Lunde, P. (2016). Simulator eller simulering? (O. S. Hareide, & F. V. Mjelde, Eds.) *Necesse*, 1(1), 51-53.
- Mjelde, F. V., Smith, K., Lunde, P., & Espevik, R. (2016). Military teams – A demand for resilience. *WORK Journal special issue "Workplace Resilience"*, 54(2), 283-294.
- Norges offentlige utredninger. (2016). NOU 2016:19 *Samhandling for sikkerhet*. Forsvarsdepartementet. Oslo: Departementenes sikkerhets- og serviceorganisasjon Informasjonsforvaltning.
- Næss, E., & Pedersen, G. H. (2016). Læring etter øvelser- hva gjøres nasjonalt? *Direktorat for samfunnsikkerhet og beredskap*. Horten: Kystverket Nasjonalt beredskapseminar.
- Orasanu, J. (1995). Training for Aviation Decision Making: The Naturalistic Decision Making Perspective. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 39(20), 1258-62.
- Serfaty, D., Entin, E. E., & Johnston, J. H. (1998). Team Coordination Training. In J. A. Cannon-Bowers, & E. Salas, *Making decisions under stress* (pp. 221-245). Washington, DC: American Psychological Association.
- Sørby, H. (2016). Kommunal beredskap. *Miljødirektoratet*. Horten: Kystverket Nasjonalt beredskapseminar.
- Østereng, T. (2010). *Er oljevernberedskapen i nord god nok? – ei scenarioanalyse av stort oljeutslipp fra tankskip i Barentshavet*. Forsvarets Forskningsinstitutt.



---

# Pedagogisk modell for Militær Praktisk Navigasjon anno 2017

Henning Sulen

I 200 år har kadetter på Sjøkrigsskolen fått opplæring i å navigere Sjøforsvarets fartøy. Denne opplæringen har hatt ulike navn som «Navigasjon», «Navigasjonsundervisning», «Sjømannskap, Sjøkrigshistorie og sjøtaktikk», «Praktisk utdanning», «Sjømannskap og manøvre» (Kvam 1967). Etter 1967 er «Praktisk Navigasjon» det mest brukte navnet. For å synliggjøre at «Praktisk Navigasjon» er Sjøforsvarets måte å utøve «Militær Navigasjon» på, ble navnet «Militær Praktisk Navigasjon» (MPN) innført i 2016. «Militær Praktisk Navigasjon» er opplæringen i å navigere Sjøforsvarets fartøy i militær navigasjon.

---

## MILITÆR NAVIGASJON?

Kompetansesenteret i Navigasjon (Navkomp) definerer militær navigasjon i SNP-500 (Navkomp 2017).

Definisjonen på militær navigasjon er:

*Et fartøys evne til å kunne gjennomføre operasjoner iht. den ytelse og operasjonsområde fartøyene er anskaffet for å ha.*

Militær navigasjon omhandler altså effektiv og taktisk navigering under alle forhold, i et utfordrende operasjonsområde for å løse oppdraget.

Definisjon av effektiv navigasjon er å:

*Utnytte fartøys til enhver tid tilgjengelige systemer og fartspotensielle for å navigere fartøyet sikkert i henhold til målet med seilassen.*

Definisjon av taktisk navigering er å:

*Utnytte farvannet og fartøys potensielle for å oppnå en taktisk fordel mot fienden.*

Militær navigasjon er unik og skiller seg på mange måter fra sivil navigasjon. Det er en høy kompleksitet samtidig som den er en kritisk del av fartøys operasjon. Militære fartøyer må forholde seg til de forskjellige elementene i Navigasjonskrigføring (NAVWAR).

## HISTORISK PEDAGOGISK MODELL

Den pedagogiske tilnærmingen til læring har endret seg mye i løpet av de 200 årene Sjøkrigsskolen har eksistert. Synet på hvordan skolen har utført læring har gjenspeilet samfunnet for øvrig i de ulike tidsaldrene. A. Kvam skriver i boken «Beretning om Sjøkrigsskolens virksomhet 1817 – 1967» om kadettoffiser Christian Ahle Bendz. Han var Sjøkrigsskolens nestkommanderende fra 1817 og lærer i sjømannskap og regning samt sjef Sjøkrigsskolen fra 1832 – 1850. I tillegg var han sjef for kadettskipene på en rekke tokt. Med sine 33 år ved ledelsen satte Bendz sitt preg på skolen. Følgende sitat sier mye om den pedagogiske modellen: «Bendz holdt stram disiplin blant kadettene...for å oppnå dette tillot han villig kadettunderoffiserene å bruke tamp...». «Passende kilevink eller noen slag tamp» var vanlig metode for å rette på kadettenes mangler. Sjøkrigsskolens system tillot at de eldre kadettene hadde både dømmende som refsende myndighet. Straff med pisking av tamp ble først avskaffet i 1855 da forholdet kom frem i offentlighetens lys (Kvam 1967). Kvam skriver videre at forholdene kullene imellom bar stor preg av denne misbruken av myndighet.

Jeg var kadett ved Sjøkrigsskolen fra 1982 – 1986, og observerte og opplevde selv gjenlevende rester av denne misbruken av myndighet fra kullet over. I min klasse ble nær sagt alle refset en eller flere ganger i løpet av sko-

letiden. I nesten alle tilfellene var anmeldelsen skrevet og levert av de på kullet over oss. Rot på lugaren, ikke propert antrekk og for sent oppmøte til vakt var årsaken til de fleste refselsene.

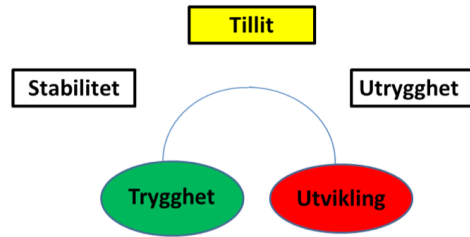
Opplæring i praktisk navigasjon (MPN) på skolefartøyene KNM Hessa og KNM Vigra var preget av den pedagogiske modellen i Sjøforsvaret på den tiden. Vi på kullet kalte den «Hyl og Skrik metoden». Teknikkene i navigasjon ble ikke demonstrert av skipssjefen eller veileder, men ble formidlet ved veto. Det vil si høyrosetet utskjelling, dytting i ryggen med den tunge messing rullelinjalen eller ved å smelle hånden i kartbordet når du etter skipssjefens oppfatning, ikke utførte teknikken riktig. Dersom en metode ble riktig utført ble det ikke sagt noe. Vi kadettene lærte å navigere av hverandre ved å observere og lære av de periodene uten utskjelling. Det var en opplæring under frykt, og vi gruete oss til seilasene med skolefartøyene. Det var frykten som var motivasjon til å lære praktisk navigasjon. 2 av kadettene i klassen sluttet etter den første seilasen om bord fordi «*dette klarer jeg ikke i 4 år*» og «*Jeg skjelder i knærne ennå*». Det var først i tjenesten etter Sjøkrigsskolen jeg satte pris på navigasjonens gleder og så frem til å gå på vakt på bro.

#### PEDAGOGISK MODELL I MILITÆR PRAKTISK NAVIGASJON ANNO 2017

Sjøkrigsskolens lederutviklingsfilosofi «Alle mann til brasene!» kom i boks form i 2009. Boken oppsummerer lederskapsfilosofien som er benyttet på Sjøkrigsskolen fra årene før 2009. Lederskapsfilosofien inkluderer den pedagogiske modellen Sjøkrigsskolen skal bruke. I militær praktisk navigasjon har den pedagogiske modellen i «Alle mann til brasene» vært utgangspunktet siden 2000.

Det etterfølgende gir en oppsummering av menneskesyn og læring i «Alle mann til brasene!» satt inn i den pedagogiske modellen for militær praktisk navigasjon (Sjøkrigsskolen 2009).

I opplæringen legges det til grunn et positivt menneskesyn hvor mennesket forstås som en sammensatt helhet av kropp, fornuft og følelser hvor hvert enkelt individ er unik. Positive forventninger fra omgivelsene motiverer mennesket til å ta større ansvar og stimulere de positive sidene i seg selv. «*Mennesket lærer ved å konstruere sine kunnskaper i samspill med omgivelsene. Kunnskapstilegnelsen skjer derfor i et vekselspill mellom hva man vil oppnå, den kunnskap man allerede har, de problemer man opplever og de erfaringer man gjør, samt konklusjoner basert på disse*». I veiledning i MPN skal veileder ta utgangspunkt i hvem som skal veiledes, hans/hennes erfaringer og tilnærming til virkeligheten. Veilederen skal hjelpe den veiledede til å skape bilder av fremtidige mål som gir sammenheng og mening og derved retning, relevans, interesse og engasjement (Sjøkrigsskolen 2009).



Figur 2: Tillitsbroen i læringsmiljø

Læring og utvikling i MNP bygger på tillitsbroen (figur 1). Drivkraften i kadettens utvikling i MPN er spenningen som oppstår mellom eksisterende og nye erfaringer og kunnskaper. Læringen i MNP er å gå fra det trygge som kjente metoder og teknikker med stor grad av stabilitet, til det utrygge som å prøve nye teknikker og metoder. Den veiledede skal kjenne en indre trygghet på at han/hun kan forstå og lære de nye teknikker i MPN. Læringsmiljøet hvor enkelte av erfaringene man skal prøve virker vanskelig og u håndterlig, er det tilliten mellom alle involverte som får den veiledede «over broen» fra det trygge til det utrygge. Dette er viktig fordi det er i det utrygge utvikling og læring kan finne sted. «*Et læringsmiljø preget av støtte, hvor den veiledede kjenner seg trygg til nettopp å prøve det usikre og får lov til å feile er derfor helt avgjørende*» (Sjøkrigsskolen 2009).

Det sosiale samspillet forsterker læringen. Vi oppfatter og vurderer situasjoner ulikt. Om veilederen underveis og i etterhånd prøver å skape en felles forståelse, vil dette øke læringen for kadetten om utføring av metodene i virkeligheten (Sjøkrigsskolen 2009).

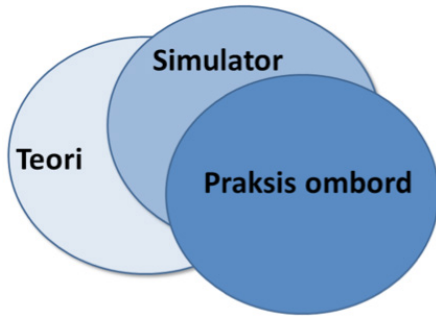
Militær praktisk navigasjon er erfaringsbasert læring. «Alle mann til brasene!» definerer erfaringsbasert læring som: «*Læring skjer som en transformasjon av konkrete erfaringer til økt/endret virkelighetsforståelse. Konstruksjonen skjer i en aktiv bearbeiding av inntrykk. I en refleksjonsprosess. Kjernen i refleksjonen er at det er mulig for den veiledede å trekke konklusjoner av sine erfaringer. Konklusjoner som han/hun kan møte nye situasjoner med. Konkrete erfaringer er kjernen i det som læres.*»

MPN skiller mellom læring, observasjon og veiledning på den ene siden og evaluering. Ingen av navigasjonsøvelsene eller seilasene blir evaluert til en karakter. Evalueringen er skilt fra opplæringen ved å definere evalueringen som eksamen i MPN. Eksamen er tilpasset øvingsmålene i de ulike semestrene og lagt til slutten av semestrene: MPN 3 Optiske metoder i semester 3, MPN 4 Nedsatt sikt (Radarnavigering) i semester 4 og MPN 5 Selvstendig navigator i semester 5. Praktiske eksamen gjennomføres som seilaser i simulatoren for å sikre like og rettfærdige forhold samt et lyd og bromiljø som sikrer

sensorene oversikt. Den eksterne sensoren er en erfaren skipssjef eller vaksjef fra Marinen, og den interne sensoren er en av Navkomps veiledere.

#### PEDAGOGISK PLATTFORM I 2017

I militær praktisk navigasjon følger vi den pedagogiske plattformen:



Figur 4: Pedagogisk plattform (NAVKOMP)

Teorien for et emne, metode eller teknikk foregår både i klasserommet, på simulatoren og om bord. I simulatoren demonstrer læreren metoden for kadettene utforsker og prøver den ut i praksis under veiledning. Den siste læringsplattformen foregår om bord på skolefartøyene. Den metoden kadettene har lært i simulatoren blir øvingsmålet i en praktisk seilas om bord på Kvarven/ Nordnes med veiledning.

#### SJØFORSVARETS NAVIGASJONS PUBLIKASJON (SNP-500)

Militær praktisk navigasjon har et dokument som angir deler av innholdet i MPN. SNP-500 Reglement for utførelsen av navigasjon på Sjøforsvarets fartøyer beskriver «*hvordan Sjøforsvarets tradisjonelle prinsipper for innenskjærs navigasjon skal videreføres ved bruk av moderne elektroniske hjelpemidler som elektroniske kart, globale posisjoneringssystemer og integrerte brosystem*» (Navkomp 2017).



Figur 3: Skolefartøyet «Nordnes» (NAVKOMP)

#### GANGEN I EN ØVELSE I MILITÆR PRAKTISK NAVIGASJON

Kompetansesenteret i navigasjon følger den samme gangen i øvelsene i MPN både for seilas i simulatoren samt om bord på skolefartøyene i kveldseilas-, helgeseilas eller navigasjonsovelsene.

Kadettene mottar en øvelsesordre med detaljene for seilassen. Kadetten utarbeider en navigasjonsplan for seilassen og foreviser denne til veilederen sin dagen før avgang. Kadetten justerer planen sin etter forevisningen. Daghavende navigatør holder før avgang en detaljert navigasjonsbrief for medkadetter, besetning og veileder. Kadetten gjennomfører seilassen sin om bord under veiledning i rollen som navigatør. Etter seilassen gir veilederen kadetten en veiledning om positive sider av seilassen samt områder med potensiale for forbedringer som kadetten skal fokusere videre på i de kommende seilassene. Ved kai etter seilassen gjennomfører kadettene og veilederen en oppsummering av læringsmålene. Hver kadett legger frem sin erfaring av seilassens øvingsmål med fokus på hva medkadetter og veileder kan lære av kadettens erfaringer.

#### REFERANSE

- Kvam, K. (1967). *Beretning om Sjøkrigsskolens virksomhet 1817 – 1967*. Oslo, Norge: Sjøkrigsskolen
- Sjøkrigsskolen. (2009). *Alle mann til brasene! Sjømilitært operativt lederskap og lederutvikling*. Bergen, Norge: Sjøkrigsskolen
- Sjef Sjøforsvarets Skoler. (2013). *Reglement for utførelsen av navigasjon på Sjøforsvarets fartøyer*. Haakonvern, Norge: Generalinspektoren for Sjøforsvaret



---

# DEL 3

Bacheloroppgaver  
SKSK Operativ Marine

---

---

# Bruk av lysforsterkende optikk ved taktisk navigasjon

KL Odd Sveinung Hareide, Fagleder Elektronisk Navigasjon  
LT Henrik Knutsen, Navigasjonsoffiser Kystkorvett

Lysforsterkende optikk kan bidra til å understøtte og effektivisere optisk kontroll, i farvann med minimalt med lys og ingen radarstøtte basert på taktiske hensyn. «Nattbriller» er blitt tilgjengelig på Sjøforsvarets fartøy, og bør også benyttes for å øke operativ evne i forbindelse med militær navigasjon. Effektivitet og optimal bruk er avhengig av kunnskap, erfaring og fordeling av arbeidsoppgaver ved bruk. Denne artikkelen er et sammendrag av Bacheloroppgave fra Operativ Marinelinjen i 2016.

---

Lysforsterkende optikk kommer i forskjellige utgaver og generasjoner, og spesifikasjonene har blitt bedre i takt med utviklingen. Lysforsterkende optikk benytter passiv lysforsterkning, det vil si at brukeren ikke tilfører noe lys. I stedet blir det synlige lyset som finnes i området forsterket og presentert, samt noe av spekteret for Infrarød (IR) bølglengder for generasjon 3 og nyere.



Figur 1: Monocular Night Vision Device (MNVD), Generation 3, F6015 Series. Foto: ITT Night Vision & Imaging

Night Vision System (NVS) gir brukeren et mer lyssterkt bilde som øker sannsynligheten for deteksjon. Det vil si at det bidrar til å effektivisere oppdateringen av det relative bildet innad i brolaget. Ved å presentere et mer lyssterkt bilde vil NVS også gi mulighet til å navigere i farvann som ellers ville vært for mørke til å ferdes i, uten radarstøtte. Dermed øker operasjonsområdet og operativ evne. Ved å detektere farer og objekter på et tidligere tidspunkt vil NVS være en bidragsyter til mer overskudd innad i brolaget. Dette på grunn av at brolaget bruker mindre tid på å lete etter objekter, som kan brukes opp mot faser i navigasjon.

Disse fordelene kommer derimot på bekostning av noe. Ved bruk av NVS vil forståelsen av rommet, det vil si det relative bildet, bli påvirket. Siden synsfeltet snevres vil flere referansepunkter som påvirker evnen til å orientere fjernes og krever dermed mer bevegelse av hodet/syn for å dekke det samme synsfeltet. Det er her viktig å tenke på farvannet fartøyet befinner seg, noe som vil ha noe å si for hvor stor denne ulempen er. Ved at bildet presenteres i nyanser av grønn, samt at skarphet og kontrast ikke er optimal vil avstander virke større enn de i virkeligheten er. Når stavene i øyet er tilvendt lave lysforhold blir synet som sansorgan sensitivt og vil reagere på alle lyskilder. Effekten kan være at brukeren kan føle seg blendet i det NVS skrues på. En naturlig refleks

etter å ha blitt blendet er å begynne å blunke i en mindre periode. Dette vil igjen føre til at selve blunkebevegelsen kan bli et uromoment som stjeler fokus fra de reelle arbeidsoppgavene. Nattsynet er kritisk for navigatøren, og det vil ta ca 5 minutter å oppnå full lysfølsomhet igjen etter bruk av NVS. Bildet som blir presentert brukeren av NVS er et ensfarget grønt bilde i forskjellig nyanser, og grønn fargen er den som påvirker nattsynet minst (figur 2). En kan derfor argumentere for at NVS ikke påvirker nattsynet i så stor grad som kanskje antatt.



Figur 2: Eksempelbilde NVS. Foto: US DoD

Ulempene med NVS er primært en innsnevring av synsfeltet. Synsfeltet til NVS er ca 40° grader sirkulært (uten forstørrelse). Sett opp mot det uhindrede synsfeltet er dette en stor innsnevring, og innsnevringen blir større med økende forstørrelse. En annen negativ effekt ved å innsnevre synsfeltet er at mye av perifersynet forsvinner. For å effektivt orientere seg er man avhengig av perifer-

synet. Med økt innsnevring av synsfeltet vil det fjerne referansepunkt og informasjon som hjelper til med å orientere det relative bildet. Dette kan sammenlignes med å se igjennom en kikkert.

For at NVS skal fungere optimalt og bidra til effektivitet er det derfor viktig med kunnskap og erfaring, noe som kommer gjennom undervisning og praktisk bruk. Mangel på prosedyrer eller en gitt praksis gjør derimot at bruk av NVS ikke er noe som trenes på, men noe som gjøres fordi situasjonen krever det. Dermed er fordeling av arbeidsoppgaver mindre klare og skaper unødvendig friksjon når det først benyttes. Dette kan for eksempel løses ved at det bestemmes at en i brolaget skal bruke NVS og en har ansvaret for informasjonsflyten. Dette må ses i sammenheng med at skjermene på bro i dag ikke er forenelige med NVS og ansvarsfordeling innad brolaget.

I et helse, miljø og sikkerhets (HMS) perspektiv er det to ting som må ses på. Hvordan det at brukeren må lene seg over konsollene påvirker kroppen, her også med tanke på bevegelsen fra fartøyet. Og noe grad bevegelsen av hodet, med vekt fra NVS, og hvordan det påvirker nakke og rygg. Dette må reflekteres både i anskaffelser samt i implementering med undervisning og bruk av prosedyrer.

Bruken av NVS på Sjøforsvarets enheter, både store og små, bør utnyttes i større grad. Anbefalingen vil være å øke kunnskapen om NVS teori og praktisk bruk, etablere en praksis for hvordan brolaget burde organiseres og hvordan arbeidsoppgaver bør fordeles. For så å gjøre dette til gitte prosedyrer ved bruk av NVS. Det er først når det er på plass og besetningene trener på bruken, at brolaget kan bli mer effektive ved bruk av NVS.



Figur 3: Skjold-klassen i innskjærs farvann. Foto: Forsvaret

---

# Broeksersis - Et hjelpemiddel for å sikre kommunikasjon i broteam

Mariell Halstensen, KNM Utsira

Militær navigasjon henger nøye sammen med korrekt bruk av prosedyrer som er tilpasset fartøystype, utstyr, personell, oppdrag og omgivelser.

Denne artikkelen er et sammendrag av en bacheloroppgave fra 2016 som illustrerer prosedyrens positive innvirkning på broteamets evne til sikker og effektiv navigasjon.

---

## INNLEDNING

Denne teksten er basert på en bacheloroppgave skrevet våren 2016 og ser på sammenhengen mellom korrekt bruk av prosedyre og navigasjonssikkerhet. En observasjonsstudie ble gjennomført i Navigasjonssimulatoren på Sjøkrigsskolen for å undersøke hvorvidt graden av presis prosedyrebruk henger sammen med graden av sikker navigasjon. Det ble vurdert om høy grad av prosedyrebruk var ensbetydende med høy grad av sikker navigasjon, eller om mindre grad av prosedyrebruk likevel kan gi tilstrekkelig effekt. Oppgavens problemstilling tar således for seg i hvilken grad bruk av prosedyre for broeksersis har innvirkning på broteamets evne til å navigere sikkert og effektivt.

Navigasjonstreningen på Sjøkrigsskolen utføres av broteam bestående av tre kadetter som ivaretar rollene som navigatør, rormann og assistent. Når funksjonene deles på tre minsker den kognitive belastningen på

den enkelte, noe som kan bidra til økt overskudd og økt sikkerhet. Samtidig kan dette åpne opp for kommunikative utfordringer. For å sikre kommunikasjon og ivareta navigasjonssikkerheten benyttes ”Kvarven broeksersis - KONGSBERG-system på Kvarven-klasse skolefartøy versjon 1.3”, videre kalt prosedyren.

## TEORI

Etter en inngående studie av harde og myke barrierer<sup>1</sup>, front line-personell<sup>2</sup> og fem grunnleggende faktorer for effektivt samarbeid<sup>3</sup> ble oppgavens teoretiske utgangspunkt felles mentale modeller (FMM) og closed loop communication (CLC).

Studier av ekspertteam i Sjøforsvaret viser at team med felles mentale modeller benytter mindre kontrollerende informasjon i kritiske faser av en operasjon, sammenlignet med team som ikke har en felles mental modell<sup>4</sup>. I følge Orasanu<sup>5</sup> vil operative team som har utviklet felles

---

<sup>1</sup> Grech & Horberry 2002, ref i Hetherington et al., 2006

<sup>2</sup> James Reason, *Managing the risks of organizational accidents* (1997)

<sup>3</sup> Salas et al., 2005

<sup>4</sup> Espevik, Johnsen, Eid, Brun og Laberg, 2001

<sup>5</sup> Orasanu, 1993 ref Johnsen & Eid 2006



mentale modeller gjennomføre mer vellykkete operasjoner. Opprettholdelse av felles mentale modeller i et team foregår ved at man til enhver tid deler viktig og riktig informasjon med hverandre<sup>6</sup>.

CLC benyttes som en kommunikasjonsmetode som skal forhindre at det oppstår misforståelser når viktig informasjon kommuniseres, ved at man forsikrer seg om at utsendt informasjon er mottatt og tolket på riktig måte<sup>7</sup>. Et teammedlem sender en beskjed, mottaker mottar beskjed, tolker den og kvitterer at beskjeden er mottatt og forstått. På denne måten vil sender til enhver tid være sikker på at mottaker har forstått beskjeden i sin helhet, og kan utføre tiltak hvis omstendighetene har ført til at beskjeden ikke er blitt tolket i henhold til intensjon.

## METODE

For å besvare problemstillingen ble det gjennomført en observasjonsstudie av 8 grupper á tre kadetter i Sjøforsvarets Navigasjonssimulator på Sjøkrigsskolen. Fire grupper fra OM2 og fire grupper fra OM3. Alle åtte grupper seilte en rute som var forhåndsplanlagt på ECDIS. Observatører vurderte underveis om bruk av prosedyren førte til en mer sikker og effektiv seilas, og i så fall til hvilken grad.

Både kvalitativ og kvantitativ tilnærming ble benyttet under datainnsamling og analyse slik at de to metodene gav gjensidig styrke<sup>8</sup>. Kvantitativ metode ble anvendt i

utforming og bruk av et observasjonsskjema for seilansen, hvor bruk av prosedyre ble tallfestet. Dette ga hver enkel gruppe en prosentvis oppnåelse i bruk av prosedyren, og ble sett i sammenheng med sikkerhet og effektivitet basert på data som ble loggført i gjeldende programvare på simulatorsystemet (SEA-system i simulator). Begrenset tilgang på testpersoner gav et lavere antall kvantitative data enn ønskelig, og dette ble da kompensert for gjennom kvalitativ datainnsamling for å gjøre den totale vurderingen mest mulig gyldig og pålitelig. En mer inngående utredelse av metodevalg, styrker og svakheter finnes i bacheloroppgaven som er tilgjengelig på SKSK.

## RESULTAT

Med enkelte unntak kan man se en tydelig, og nesten overaskende klar sammenheng mellom korrekt prosedyrebruk og sikkerhet.

## DRØFTING

Gruppen fra OM2B hadde den beste gjennomføringen. Dette på tross av at kadettene fra OM3 er forventet å ha et bedre utgangspunkt for effektiv navigasjon enn OM2 siden de har kommet lengre i utdanningen. En av årsakene til suksess for OM2B kan være at de også fikk den høyeste score på effektiv prosedyrebruk. Andre grupper med høy sikkerhetsscore kunne også vise til god prosedyrebruk, noe som tyder på en positiv sammenheng mellom utvist prosedyrebruk og sikkerhet.

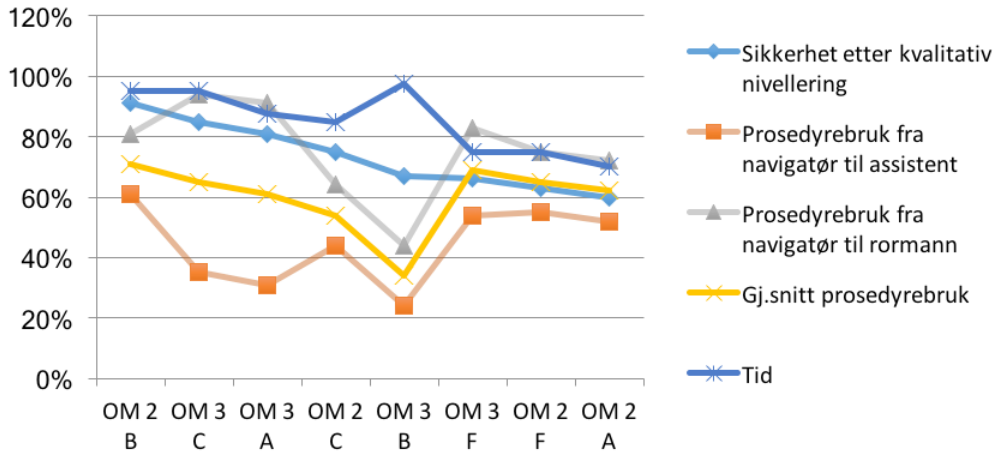
GRUPPE	SEA-SYSTEM	SEA-SYSTEM	KVALITATIV NIVELLERING	PROSEDYRE	PROSEDYRE	GJ.SNITT PROSEDYRE	TID (EFFEKTIVITET)
	Maks p:520	%	Pluss/min 10%	Nav - assistent	Nav - ror-mann		Optimal tid: 28 min
OM 2 A	340	66 %	60 %	52 %	72 %	62 %	31.00
OM 2 B	420	81 %	91 %	61 %	81 %	71 %	27.30
OM 2 C	390	75 %	75 %	44 %	64 %	54 %	29.40
OM 2 F	228	63 %	63 %	55 %	75 %	65 %	30.50
OM 3 A	420	81 %	81 %	31 %	91 %	61 %	29.15
OM 3 B	400	77 %	67 %	24 %	44 %	34 %	28.17
OM 3 C	420	81 %	85 %	35 %	94 %	65 %	28.30
OM 3 F	340	66 %	66 %	54 %	83 %	69 %	30.30

Tabell 1: I vedlagt tabell er alle resultatene presentert. Rubrikker markert med grått har på bakgrunn av spesielle observasjoner fått sikkerhetsscoren nivellert opp/ned.

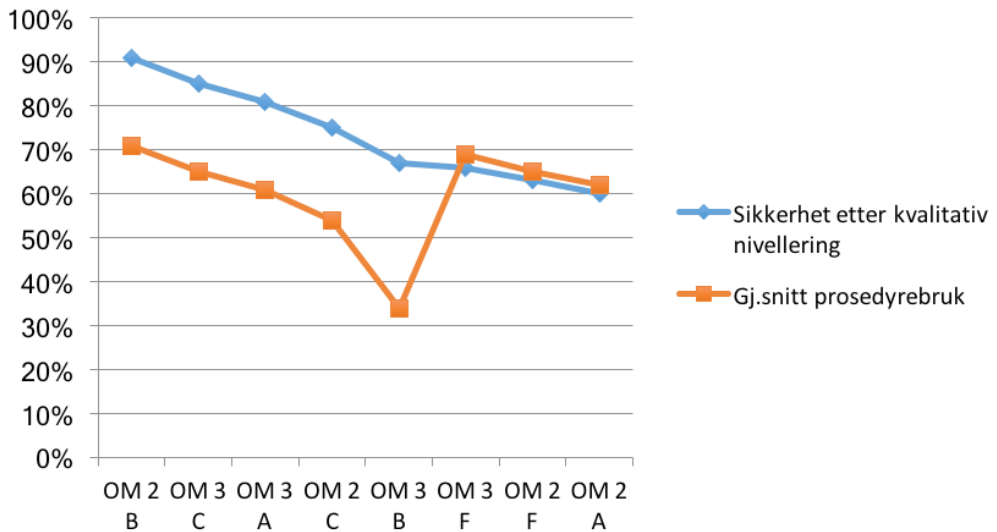
<sup>6</sup> Salas et al., 2005

<sup>7</sup> Salas et al., 2005

Holme&Solvang, 1996, s.82



Figur 1: Representerer funn etter simulortesten. Til høyre i grafen er det beskrevet hva de ulike fargene representerer. Til venstre finnes resultatet rangert fra beste gruppe, til dårligste gruppe mot høyre. Sikkerhetsscoren blir presentert ut ifra SEA-Systemets tall med observatørs kvalitative/skjønsmessige vurdering, kalt nivellering i grafen. Sikkerhetsresultatet fremkommer som prosent mellom 91% til 62%.



Figur 2: Grafen gir en fremstilling av sammenheng mellom de to viktigste elementene i figur 1: Prosedyrebruk og sikkerhet.

Gruppen som presterte best startet seilassen med gode forberedelser og en klar rollefordeling hvor det var tydelig hvem som skulle gjøre hva i broteamet. De delte informasjon om dynamiske parametere uoppfordret mellom teammedlemmene, noe som hadde en direkte påvirkning på teamets evne til å skape, og å oppdatere, gode felles mentale modeller. God prosedyrebruk bedret sikkerhet i stor grad, men de viste også at det er flere faktorer som skaper sikkerhet. Her så man en tydelig leder med et skarpt og klart overblikk over situasjonen. De gode ledelseegenskapene kom også til uttrykk gjennom nøye planlegging og tro bruk av CLC.

Noen grupper hadde høy grad av prosedyrebruk, men scoret likevel relativt lavt på gjennomsnittlig sikkerhetscore. Disse gruppene brukte også lengst tid på gjennomføring av seilassen, og presterte dermed dårligst på effektiv navigasjon. Blant annet var kommunikasjonen mellom navigatør og assistent svak, mens det mellom navigatør og rormann gikk betraktelig bedre. Gruppene viste tendenser til overdrevet fokus på bruk av korrekt prosedyrebruk og sikring av CLC som fikk en hemmende effekt på deres totale prestasjon. Dette var en utfordring for dem i trange farvann, hvor de fravek både prosedyren og god CLC, og gikk over til kroppsspråk i form av peking, noe som førte til misforståelser og usikkerhet blant teammedlemmene. Det antas at dette resultatet beror på for lavt nivå av samtrenting i de aktuelle gruppene slik at de ikke evner å falle tilbake på prosedyren når vanskelighetsgraden øker. Gruppene som presterte bedre hadde god nok kunnskap og forståelse av prosedyren slik at de evnet å tilpasse denne til farvannet og fant enklere måter å sikre CLC på.

Team bestående av de mest erfarne navigatørene brukte prosedyren overraskende lite i forhold til hvor sikkert de navigerte. Selv om resultatene fra studien indikerer en sterk sammenheng mellom prosedyren og sikkerheten, ser man også at en annen form for CLC kan bidra til å ivareta sikkerheten i noen grad. De handlet ikke nødvendigvis i tråd med prosedyren, men utvilsomt i tråd med prinsippet om CLC hvor klare og tydelige ordre ble gitt og lest tilbake. Da dette var en enkel oppgave for erfarne team fungerte denne formen for kommunikasjon sannsynligvis godt nok for effektiv navigasjon. Til tross for dette er det en klar anbefaling å forholde seg til prosedyren da misforståelser har større grobunn når man bruker andre kommunikasjonsmetoder.

## KONKLUSJON

God bruk av prosedyre er ofte et resultat av god forståelse for sikkerheten, og god forståelse for sikkerheten resulterer dermed ofte i god prosedyrebruk. Dette fremgår i resultatene og observasjoner som er gjort i studiet. Samtidig kan det virke som om de lange og omfattende ordrene virker for tungvinte i trange farvann, noe som kan vise seg å være en svakhet ved prosedyren.

Et annet funn fra studien er at man ikke bare kan fokusere på bruken av selve prosedyren for å vurdere navigasjonssikkerheten. Det er viktig å sette det i en større sammenheng med andre faktorer som blant annet closed loop communication for effektiv ordregang. Militær navigasjon er en såpass kompleks oppgave at personlige egenskaper, god ledelse, erfaring og evner spiller synergisk inn på prosedyrebruken og sikkerhetsresultatet.

---

# Bacheloroppgaver 2017, en oversikt

Innlevering juni 2017

Siste års kadetter ved operativ marine gjennomfører emne PP3051 Bacheloroppgave hvert vårsemester. Dette emnet innebærer 270 timer studietid. Bacheloroppgaven skal gi kadettene anledning til å anvende kunnskaper og ferdigheter de har tilegnet seg ved bransjeutdanningen ved Sjøkrigsskolen. Oppgaven skal gi erfaring i å arbeide med en problemorientert oppgave. Den skal gi øvelse i å gjennomføre et større arbeid alene eller i gruppe. Den skal gi kadetten tid til fordypning og trening i å løse teoretiske, eksperimentelle eller praktiske problemstillinger.

Sjøforsvarets Navigasjonskompetansesenter har de siste årene hatt fokus på å styrke arbeidet med bacheloroppgaven, som et ledd i rettet forsknings- og utviklingsarbeid (FoU). Det er ønskelig at bacheloroppgaven skal besvare en relevant operativ problemstilling, som både kadetten og (Sjø)Forsvaret for øvrig skal ha nytte av.

Gode ugraderte bacheloroppgaver vil bli gjort offentlig tilgjengelig via Bibsys Brages<sup>1</sup>.

Oppgavene for 2017 vil bli presentert med postere på Navigasjonskonferansen på Sjøkrigsskolen 7. desember, og overskriftene er som følger:

<sup>1</sup> <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2382908>

- 
1. REDUNDANS I INTEGRERT NAVIGASJONSSYSTEM  
Denne oppgaven ser på et spesifikt integrert navigasjonssystem og redundans i forhold til å bygge et integrert navigasjonssystem.
  2. SIKKERHETSKULTUR I SJØFORSVARET  
Ønsker å se nærmere på tendenser/avvik innenfor sikkerhetskulturen i Sjøforsvaret. Da først og fremst mellom avdelinger/våpen.
  3. HODEREGNINGSMETODIKKER – INNENSKJÆRS NAVIGASJON  
Metodikker ifm beregning av posisjoner. Hvilke matematiske hoderegningssystemer fungerer optimalt?
  4. RADAR/ TERRESTRISK NAVIGASJON  
Se på bruken av radar ifm terrestrisk navigasjon. Nøyaktighet og feilkilder.
  5. IVARETAGELSE AV PERSONELL VED OVERGANG FRA ULA KL TIL UVB P-6346  
Ifm ny ubåt, hvordan skal en på en god måte klare å ivareta personell, og dermed kompetansen, i forbindelse med denne transaksjonen.
  6. AUGMENTED REALITY (AR)  
Bruken av AR for økt situasjonsforståelse (SA) ifm maritime operasjoner.
  7. TERRESTRISK NAVIGASJON  
Sammenligne tiden det tar å utføre en avstand/peiling på radar, samt 2 stedlinjer, og sammenligne resultatet i tid og nøyaktighet.
  8. CRM  
Crew Resource Management i Sjøforsvaret.
  9. S102, 3D KARTPROJISERING  
Fremstilling av kartet i 3D. Hvordan påvirker dette planlegging og gjennomføring av (avanserte) maritime operasjoner.
  10. HEAD UP DISPLAY (HUD)  
Bruken av HUD for økt SA ifm avanserte maritime operasjoner (hurtigbåtoperasjoner).
  11. NAVIGASJONSBRIEF  
Hvilke informasjon er navigatoren avhengig av å ha for å få en effektiv gjennomføring av seilas. Videreutvikling til en applikasjon i samarbeid med ECC.



---

# DEL 4

Gjengivelse av publiserte  
vitenskapelige artikler

---

---

Sammendrag vitenskapelig artikel

# Understanding the Eye of the Navigator

Odd Sveinung Hareide, Runar Ostnes, Frode Voll Mjelde

*Reprinted from European Navigation Conference Proceedings (2016):  
Understanding the Eye of the Navigator*

The daily job of the navigator has changed significantly with the introduction of electronic navigation and integrated navigation systems. The navigator has progressed from using most of his time to find and fix the position, to understand and control complex system design to increase situation awareness and facilitate safe navigation for the officer of the watch. This article presents Eye Tracking data that has been collected onboard the world's fastest littoral combat ship, compared with similar datasets collected in a bridge navigation simulator. The data has been analyzed to determine how we better can use maritime navigation simulators and develop bridge design and general user interface to ease the burden of the navigator.

Hele artikkelen finner du på:  
<https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2395053>



---

Sammendrag vitenskapelig artikel

# Developing a High-Speed Route Monitor window

Odd Sveinung Hareide, Frode Voll Mjelde,  
Øystein Glomsvoll, Runar Ostnes

*Reprinted from Human-Computer Interaction Conference  
Proceedings (2017): Developing a High-Speed Route  
Monitor window (accepted, in press).*

High-speed navigation in littoral waters is an advanced maritime operation. Reliable, timely and consistent data provided by the integrated navigation systems increases safe navigation. The workload of the navigator is high, together with the interaction between the navigator and the navigation system. Information from the graphical user interface in bridge displays must facilitate the demands for the high-speed navigator, and this article presents how eye tracking data was used to identify user requirements which in combination with a human-centred design process led to the development of an improved software application on essential navigation equipment.

Hele artikkelen finner du på:  
<https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2440518>

---

# Maritime usability study by analysing Eye Tracking data

Odd Sveinung Hareide and Dr. Runar Ostnes

*Reprinted from Conference Proceeding International Navigation Conference 2016  
and In press Journal of Navigation*

Artikkelen finner du på nettsiden til Cambridge University Press:  
<http://dx.doi.org/10.1017/S0373463317000182>

# Maritime usability study by analysing Eye Tracking data

*Odd Sveinung Hareide<sup>1</sup> and Dr. Runar Ostnes<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> (The Royal Norwegian Naval Academy, Navigation Competence Center, Bergen, Norway)

<sup>2</sup> (Norwegian University of Science and Technology, Department for Advanced Maritime Operations, Aalesund, Norway)

(E-mail: [oddsveinung.hareide@sksk.mil.no](mailto:oddsveinung.hareide@sksk.mil.no))

**The aim of the Integrated Navigation System (INS) on a ship bridge should be to provide the navigator with added value and aid in the complex task of conducting a safe and efficient passage in high speeds in demanding waters. This article presents a method for analysing eye tracking data to reveal sub-optimal design in the bridge layout and in the software graphical user interface on a maritime navigation display. The analysis of eye tracking data with focus on scan path events indicates sub-optimal design, and the paper provides suggestions for improvement in design and interface. Pros and cons of using Eye Tracking Glasses in a maritime environment is presented. The importance of not affecting the normal behaviour of the navigator by collecting data is stressed, and also how the software should provide good visualisation and interpretation of the eye tracking data.**

## KEYWORDS

1. Eye Tracking    2. Maritime usability study    3. Navigation    4. High Speed Craft

## 1 INTRODUCTION

Maritime ship bridges are getting increasingly complex (Luraas, 2016), and INS are being fitted on most new ships coming out from the yards. The International Maritime Organization (IMO) recognize the need to “enhance the safety of navigation by providing integrated and augmented functions to avoid geographic, traffic and environmental hazards” (IMO, 2007, P.1). This provide the navigator with added value when it comes to planning, monitoring and controlling the safe progress of a ship. The information presented by the INS should be correct, timely and unambiguous. In addition, the design of the INS “should ease the workload of the bridge team and pilot in safely and effectively carrying out the navigation functions incorporated therein” (ibid., P.8).

With new technology aiding the situational awareness (SA) of the navigator, the bridge layout has evolved. On state-of-the-art ship bridges information is presented on Multi-Function Displays (MFD), which consist of several applications that can be chosen based on what information is necessary for the navigator. The modern maritime ship bridge consists of several screens, most common is the Electronic Chart Display and Information System (ECDIS), Radar and Conning display, which is part of the INS. It could also be a variety of other MFDs which present essential navigation information such as position, heading, speed, Automatic Identification of Shipping (AIS) information, wind data and more. The ship bridge has thus evolved from stand-alone analogue information with the use of paper charts to a digital display based presentation of all relevant maritime information in one MFD screen.

A concern from both government institutions and industry is that this technological evolution actually decreases the SA of the navigator (Wingrove, 2016). It has also been raised concern with the navigator addressing to much of the attention to the digital displays (Norris, 2010, Hareide et al., 2016, MAIB, 2008).

This paper presents a usability study conducted on board the world’s fastest littoral combat ship, the Royal Norwegian Navy Corvettes. Collected eye tracking data is analysed with regards to the usability

of the bridge layout and the graphical user interface (GUI) of the software incorporated in the INS. eye tracking data is used and presented to conduct a usability study of the working environment of the navigator on the ship bridge. The eye tracking data is collected with two different types of Eye Tracking Glasses (ETGs). The advantages and challenges of collecting eye tracking data is presented together with a method for collecting, analysing and interpreting eye tracking data with regards to understanding usability. The objective of the research is to identify any specific issues with regards to usability in the bridge design and GUI in the working environment of the navigator.

### *1.1 Previous Findings And Limitations*

In the maritime community there is not much research when it comes to understanding the visual perception and utilization of the navigators' visual perception and time distribution with regards to areas of interest (AOIs). The authors have earlier written an article presenting a comparative study of bridge- and simulator navigation training (Hareide and Ostnes, 2016), with a follow up on understanding the visual perception and time distribution of the navigator (Hareide et al., 2016).

Limitations in the data set are related to the use of bridge navigation equipment on board the Corvette which has been defined as AOIs for the navigator. This includes the ECDIS, Radar, trip meter, controls (conning information) and the surroundings of the ship (outside). The data was collected during day time with good visual detection range, and the use of radar is thus not representative. The data presented is collected from the navigator. Military navigation does not solely rely on Global Navigation Satellite Systems (GNSS), and consists of traditional navigation techniques (Hareide, 2013, Appendix G).

There are more than 30 different ECDIS producers in the market today (ECDIS Ltd, 2016), all with different GUIs. This study is undertaken on the Kongsberg ECDIS version 3.4.

## 2 BACKGROUND

Eye tracking has shown to be promising in the analysis and development of a human-centred bridge design approach of an advanced Dynamic Positioning bridge (Bjørneseth et al., 2014), where eye tracking data has been used with regards to usability study of the Dynamic Positioning Operator (DPO) workstation. The use of eye tracking has also proven to be useful in differentiating the performance between expert and novice high speed navigators (Forsman et al., 2012). Analysing scan path events such as look-backs (revisits), indicates differences between experts and novices. A higher amount of look-backs can indicate a larger degree of control and thus novice mistakes can be avoided (Rosengrant et al., 2009). Van Westeren (1999) reports of the visual perception on pilots in Rotterdam, which concludes that in times with high workload up to 90% of the time is used to observe the surroundings of the ship (fairway in front of the ship), while Bjørneseth et al. (2014) reveals that the DPO spent in average 35% of their time looking outside the window. Depending on type of operation, the amount of time spent in looking out the window will be differentiated.

Several studies have also been conducted in other safety critical domains, such as power plant control rooms and aviation (Holmqvist et al., 2011). It has also been outlined the effectiveness of using eye tracking data in a Multi-Model approach in usability evaluation of the ship's bridge (Papachristos et al., 2012). Car industry has used eye tracking data for optimisation of design and layout with good results (Chisholm et al., 2008).

Eye tracking is widely used for user interface design, and the purpose and usefulness of it is not much questioned (Bergstrom and Schall, 2014). If the goal of the usability evaluation is to assess if a user interface enables a human to conduct a specific task or operation, eye movements might provide a valuable insight into human behaviour. However, it should be noted that it might also provide limited

information on evaluating whether a particular design facilitates task resolution (Groen and Noyes, 2010). Bergstrom and Schall (2014) points out some general considerations and drawbacks when it comes to using eye tracking in usability studies. They highlight that it is a time consuming process, that it is an investment in both hardware and software, and that by purely using the equipment one could affect the techniques and user groups in a usability study.

There are several Original Equipment Manufacturers (OEMs) which produce different supportive equipment to be used in the conduct of safe navigation on board the ship bridge. The lack of standardisation of this equipment on the ship bridge has been pointed out as a concern (Meck et al., 2014). Kataria et al. (2015) points out the use of human centred design and evolving it to crew-centred design as a solution in designing a better integrated navigation system. The International Organization for Standardisation (ISO) has published a standard on the “Human-centred design for interactive systems” (ISO 9241-210). This standard provides requirements and recommendations for human-centred design principles and activities, which outlines terms and definitions and the principles of human-centred design, and the importance of an iterative process in the plan and activities of designing for a human centred system (ISO, 2010).

Weiner (1989) introduced the term *clumsy automation* to describe automation that places additional and unevenly distributed workload, communication and coordination demands on pilots without adequate support. In short clumsy automation is automation that makes easy tasks easier and hard tasks harder in challenging situations.

### 3 EXPERIMENTAL DESIGN AND METHODS

The eye tracking data is valuable because it shows both conscious and unconscious processes of people looking at a specific area (Bergstrom and Schall, 2014).

#### 3.1 Study Design

Collection of the data was undertaken on board the Royal Norwegian Navy Corvettes. The Corvettes INS consists of Radar, ECDIS, Trip meter with navigation information and the Consoles with conning information concerning the ships propulsion and manoeuvring system. This is illustrated in Figure 1.

Based on the INS and the navigators use of the different sub-systems, AOIs were identified in a pre-study (Hareide and Ostnes, 2016), and five areas of interest were identified:

1. Outside (AOI<sub>O</sub>): Consists of the surroundings of the ships, and are defined by the boundaries of the windows at the ships bridge.
2. ECDIS (AOI<sub>E</sub>): The Electronic Chart Display and Information System (ECDIS) which is presented on the MFD in front of the navigator.
  - a. Route Monitor (AOI<sub>M</sub>) window is in the lower right corner of the ECDIS software
3. Radar (AOI<sub>R</sub>): The radar picture, presented on the centre MFD on the ships bridge
4. Trip Meter (AOI<sub>T</sub>): The Electromagnetic Log (EML) which presents speed and distance is located on a display above the navigator.
5. Consoles (AOI<sub>C</sub>): Ships propulsion control (water jets) and autopilot (AP).

White Space (AOI<sub>W</sub>): The other areas than those defined by the AOIs.

The areas of interest are illustrated in Figure 1. The navigation team of the Corvettes consists of two persons, the Officer of the Watch (OOV) and the Navigator.

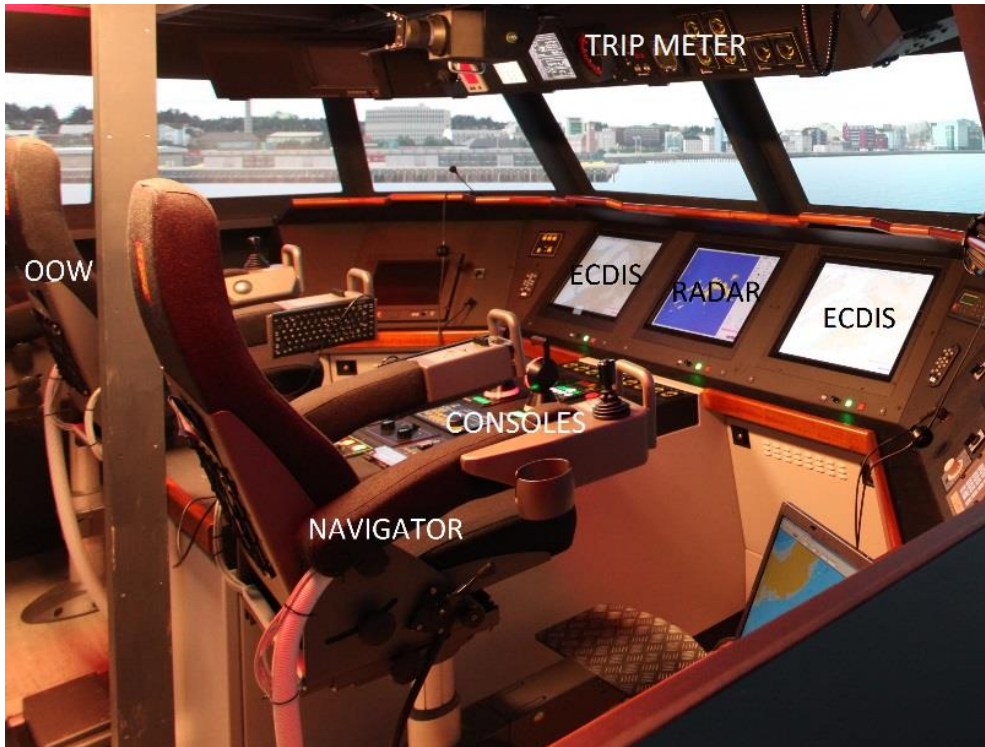


Figure 1: Corvette bridge layout

### 3.2 Eye Tracking

The eye tracking data was collected with two different sets of Eye Tracking Glasses, as shown in Figure 2 and 3.



Figure 2: SMI ETG 2w (Photo courtesy SMI)



Figure 3: Tobii Glasses 2 (Photo courtesy Tobii AB)

The two different technologies are compared in Table 1 (Tobii, 2016, SMI, 2016).

Table 1: Comparison of Eye Tracking Glasses

	SMI ETG 2w	Tobii Pro Glasses 2
Sampling rate	60Hz/120Hz	50Hz/100Hz
Field of View	60° horizontal, 46 vertical	82° horizontal / 52 vertical
Calibration	1/3-point calibration	1 point calibration
Gaze tracking accuracy	0,5°	0,5°
Gaze tracking range	80° horizontal, 60° vertical	>160° horizontal, 70° vertical
Scene camera resolution	Resolution:1280x960p@24 fps 960x720p @30 fps	1920 ×1080 at 25 fps
Frame dimension (WxH)	173 mm x 58 mm	179 mm × 57 mm
Weight	47g	45g
Interchangeable nose piece	Yes (3)	Yes (3)

### 3.2.1 Eye Tracking Data Collected With Tobii Pro Glasses 2

The dataset collected with the Tobii Pro Glasses 2 was collected on board one of The Royal Norwegian Navy Corvettes in spring 2016, and the outside surroundings and weather conditions are corresponding to those collected with the SMI 2W ETGs (Hareide and Ostnes, 2016).

A precondition for interpreting the two datasets are that the outside surroundings and weather conditions are similar.

### 3.3 Eye Tracking Metrics And Data

**Fixation** is defined as the state when the eye is remaining still over a period of time on a specific point (Holmqvist et al., 2011), and in this data set the period is given as more than 80 milliseconds (ms). Fixation time is the time period of a specific fixation.

**Saccade** is defined as the rapid eye motion between two fixations, understood as from one fixation to another (ibid.).

A **Dwell** is defined as one visit in an AOI, from entry to exit (ibid.) The *dwell time* is defined as the total amount of time spent in the specific AOI. The dwell time in each of the AOIs from the eye tracking dataset is presented in Figure 4. .

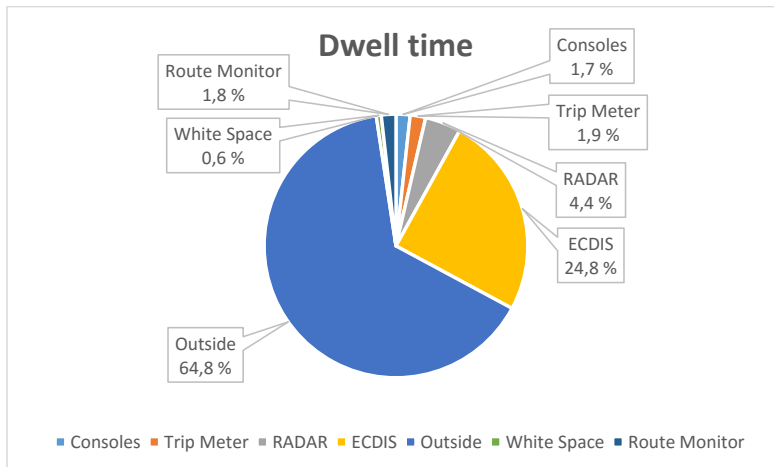


Figure 4: Dwell time in the AOIs.

**White space** is all the area that is not defined by the AOIs in Figure 1 where the participant's eye movements are recorded. Dwell time in all the above AOIs and white space should sum up to 100%, but there could be a 10-13% deficit due to eye tracking data loss. The reason for this loss could be blinking, eye's position outside the tracking range of the eye tracker and connection losses in the device.

**Attention maps** are visualisations and representations of the eye tracking data, and could also be defined as the presentation of spatial distribution of eye-movement data. Examples of attention maps are *heat maps* or *focus maps*. These attention maps are generated by the eye tracking software. Heat maps shows area with many fixations or data samples highlighted with warm colours (red) and regions with less data are marked with colder colours (blue), with reference to Figure 5

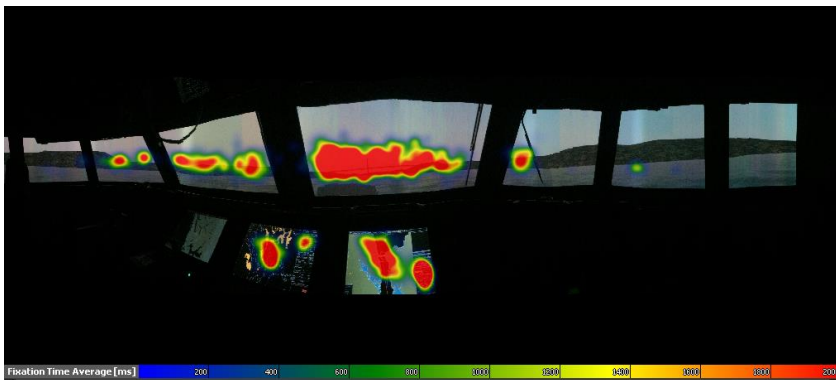


Figure 5: Heat Map of Eye Tracking data.

Focus maps are similar, but they present areas with few or no fixations as blind zones, with reference to Figure 6.



Figure 6: Focus Map of Eye Tracking data.

**Scan path** is defined as the route of oculomotor events through space within a certain timespan (Holmqvist et al., 2011). A fixation is shown as a circle, which size defines the period of the given fixation. The lines between the fixations represents a saccade. This is shown in Figure 7.



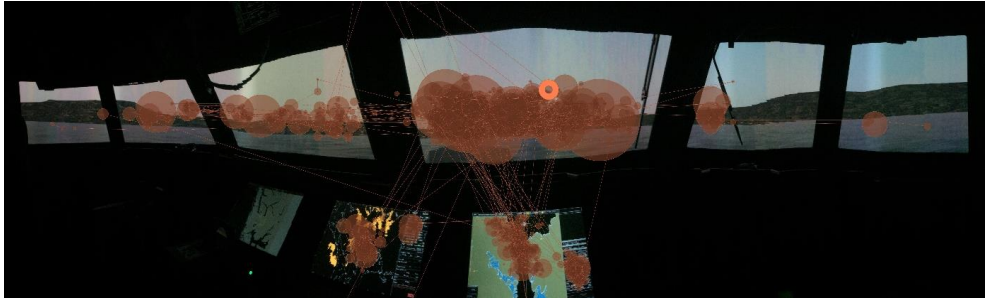


Figure 7: Scan Path presentation of the collected Eye Tracking data.

**Sequence chart** is a representation for the AOIs over time. The sequence chart shows the order and duration of dwells in the AOIs, and is shown in Figure 8 (ibid.).

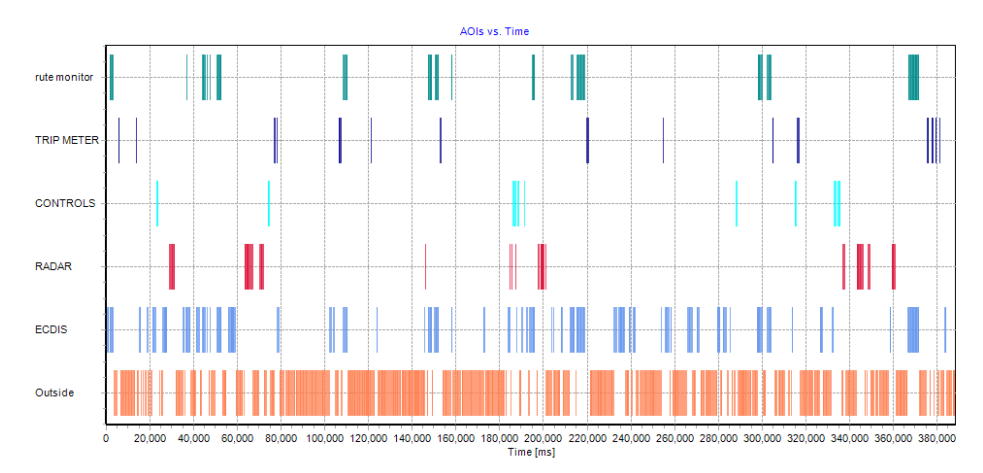


Figure 8: AOI Sequence Chart from Eye Tracking data from SMI software.

**Look-back** are operationalized as saccades to AOIs already looked at, and is also known as returns and refixation. Look-backs are closely related to “inhibition of return” which is the observation that attention is unlikely to be re-directed to previously inspected areas (ibid.). A look-back could constitute a failure of memory (Gilchrist and Harvey, 2000), but one must also account for that working memory has a limited temporal capacity. When using look-backs one must define how long ago the AOI was previously looked at for fixations there to count as a look-back, which is typically 10 seconds. In web-page interaction interpretation of the number of times a user looks at a link before clicking it, represent confusion over the purpose of that link. The user looks back at the link (revisits) several time to make sure it is the correct link for their task (Bergstrom and Schall, 2014). Look-backs can also indicate that the user is double checking the information in the given area, and could be interpreted as importance of information in the given area (Mitzner et al., 2010). Whether and when looking at how often a participant is looking back/rechecking the content they were seeking in a given AOI, could imply a difficulty in understanding it’s content or a specific user attraction to the AOI (Bergstrom and Schall, 2014). The number of returns could also indicate an semantically informative area, which is the same reason as number of dwells (Holmqvist et al., 2011). In a complex environment like the maritime bridge, the look-back or return/refixation will indicate the importance of the AOI. The look-backs for the eye tracking data collected in this study are presented in Figure 9.

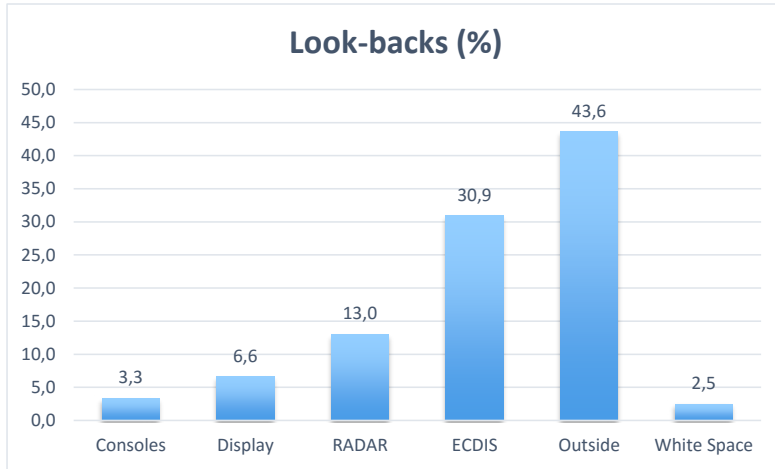


Figure 9: Look-backs in percentage in AOIs.

A **Backtrack** is the specific relationship between two subsequent saccades where the second goes in the opposite direction of the first (Holmqvist et al., 2011). It is also known as a regressive saccade which is rapid eye movements that are backtracked such that a user looks back at content previously seen. This behaviour can be indicative of confusion or uncertainty (Bergstrom and Schall, 2014). Holmqvist et al. (2011) points out that backtracks are notoriously ambiguous events, and must be related to other scan path events or eye tracking data when analysed.

For usability studies, one could argue that use of backtracks is a better representation due to changes in goals and an indication of a mismatch between the users' expectation and the interface layout (Goldberg and Kotval, 1999). With the AOIs defined in this study (Figure 1), a backtrack will be interpreted as an eye movement from a specific AOI to another, and back to the specific AOI. This can indicate that the navigator finds it challenging to interpret the information in that AOI, and thus needs to backtrack to the AOI to validate the assumption. The amount of backtracks in Figure 10 is given in percentage to identify the relative relationship between the different backtracks. More than 50% of the backtracks is concerning outside and the ECDIS, which could represent a challenge for the navigator to interpret or understand and to memorize the information given from the ECDIS.

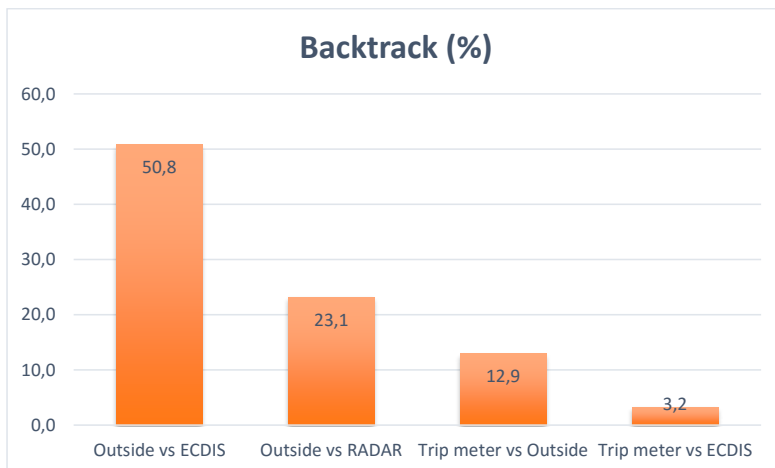


Figure 10: Backtracks in percentage between four AOIs.

### 3.4 Methods

In order to conduct a usability study to identify usability issues in the bridge layout and in the GUI, the following methods were selected:

1. Analysis of ocular behaviour (visual perception).
  - a. Dwell time.
  - b. Attention maps.
  - c. Sequence charts.
2. Analysis of scan path events.
  - a. Look-backs.
  - b. Backtracks.
3. Identify sub-optimal design and GUI solutions in the working environment of the navigator.
  - a. Present a possible solution to compensate for the sub-optimal design.

This should be conducted as an iterative process in accordance with the principles in ISO 9241-210.

## 4 FINDINGS

In the findings three interesting observations are presented from the eye tracking data regarding the bridge layout and software GUI together with the pros and cons with the use of eye tracking data in maritime usability studies.

### 4.1 Maritime Usability Study Of Bridge Design And Software GUI With Eye Tracking Data

The design of a bridge should be conducted in accordance with Human-Centered Design (HCD) principles. To understand how the bridge is laid out, it is important to understand the context of use. The context of use is defined as “hardware, software and materials, and the physical and social environments in which a product is used” (ISO, 2010). The Corvettes are warships, and it’s use in navigation is outlined in earlier work (Hareide and Ostnes, 2016).

#### 4.1.1 Heading Repeater

When analysing AOI Radar (AOI<sub>R</sub>), an interesting observation is done in the attention maps in Figure 5, 6 and 7. All the attention maps indicate an extra attention drawn to the upper right corner of the AOI<sub>R</sub>. Looking at the GUI of AOI<sub>R</sub>, the upper right corner is presenting the current heading and speed, shown in Figure 11.

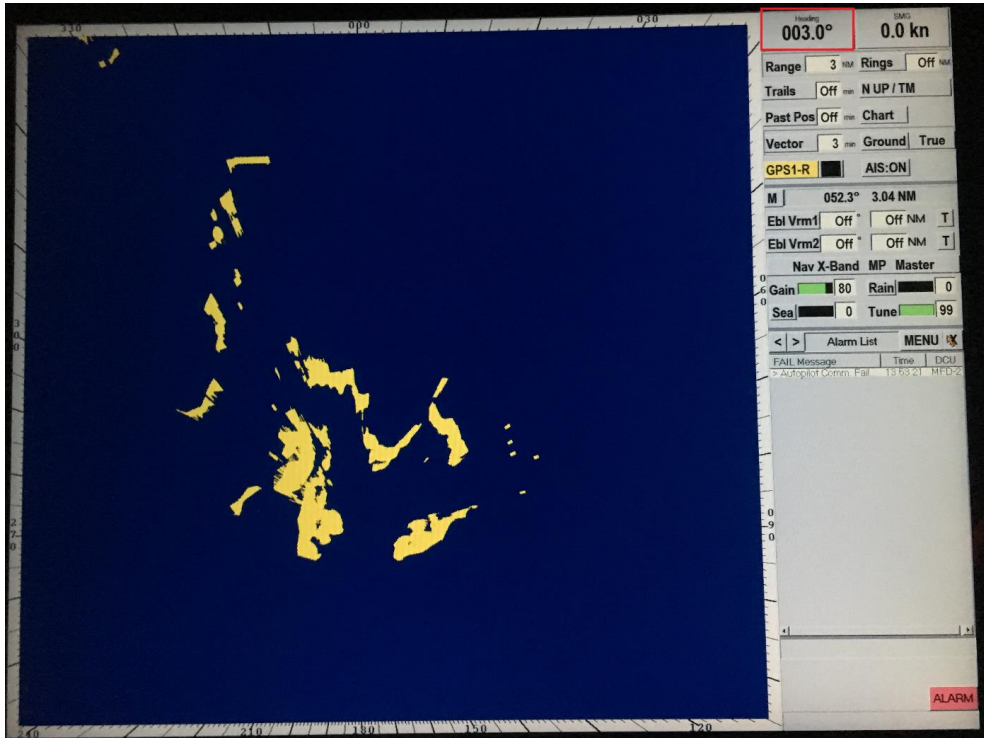


Figure 11: Radar GUI, heading information in upper right corner.

Comparing dwell time and look-back in Figure 2 and 9 for AOI<sub>R</sub>, there is a ratio of 4,4 in advantage of look-backs compared with dwells for AOI<sub>R</sub>. 23,1% of all backtracks (Figure 10) were conducted to AOI<sub>R</sub>, indicating difficulty in interpreting the information. To understand if this is due to difficulties to understand or interpreting the AOI, or if it is due to double checking, the context of use has to be known. The context of use in AOI<sub>R</sub> is during the turn and control phase of the navigation, when the navigator conducts the turn as a helmsman and controls the heading of the vessel. This is done by the navigator after every turn, and the frequency is high when navigating in high speeds in littoral waters. The navigator compares the planned course with the current heading, and assesses whether the ship is in the correct and expected position. This is an important control mechanism for high speed navigators in littoral waters, and it is thus essential that the heading is easily available for the navigator. Based on the amount of look-backs and backtracks, the context of use does not explain the high numbers even though one should expect a high number of look-backs due to the frequency of turns. The eye tracking data has revealed a challenge for the navigator to understand and interpret the heading information, which is compensated by revisiting (look-back) and backtracking to the AOI to avoid a misunderstanding.

To better provide heading information for the navigator, a more accessible heading repeater should be integrated in the navigation system.

#### 4.1.2 Trip Meter Layout

The context of use of AOI<sub>T</sub> is as a distance measurement tool for the navigator. When conducting a turn, the navigator should plan and conduct the turn with more than one turning indication, known as primary and secondary turning indication. This could be the trip meter and a visual bearing. The

navigator uses the trip meter on each leg to verify the distance before starting on a new leg, which is known as a primary or secondary turning indicator. The EML could also be used in position fixing by the means of bearing calculations known as a 4 point bearing (Hareide, 2013, Appendice G).

Figure 2 shows  $AOI_T$  consuming 1,9% of the navigators' visual attention. Analysing backtracks in Figure 10, points out that 12,9% of the backtracks is between  $AOI_T$  and  $AOI_O$ , and this could indicate poor usability. Looking at the ratio of look-backs compared with the dwell time, the ratio is 5,2. This ratio also indicates either confusion or double checking from the navigator.

The attention maps and the sequence chart also indicates that the  $AOI_T$  is drawing the navigators' attention.

The physical placement of  $AOI_T$  is above the navigator shown in Figure 1. The navigator interacts with the display by reading out the values of the trip counter and by resetting the trip counter. This is shown in Figure 12.



Figure 12: HMI Electromagnetic Log

The EML display is designed with six soft key buttons, which has the same size and shape, on a line at the bottom of the display. One of the buttons is used for resetting the trip meter. Both during day time and especially during night time it is difficult for the navigator to select the correct button without giving the  $AOI_T$  visual attention. The procedure of resetting the trip metre is safety critical as it has a function as a primary or secondary turn indicator, the navigator puts extra effort into doing this task. To be sure that the trip meter is reset, the navigator changes his focus and shifts the head position to monitor that the trip meter is reset. In addition, the button needs to be pressed for 2 seconds in order to reset it, which further hampers the procedure.

From the eye tracking metrics of look-backs and backtracks, together with an understanding of the context of use, it is shown that the navigator must double check  $AOI_T$ . The scanpath events of backtrack and lookbacks has identified poor usability and sub-optimal bridge design. A possible solution for this challenge is a reset button and read out display for the trip metre which is more available and efficient for the navigator.

#### 4.1.3 Usability Study Of Software GUI

The dwell time could represent the importance of an AOI (Jacob and Karn, 2003). In the challenging environment of high speed navigation in littoral waters, the main focus of the navigator must be in the surroundings of the ship. This is supported by navigation techniques, such as the Dynamic Navigation (DYNAV) concept (Forsman et al., 2011). Related to the eye tracking data, most of the

navigators' attention should be in AOI<sub>o</sub>. Dwell time identifies which AOIs the navigator spends the most time focusing on. 24,8% of the navigators' attention is drawn to the ECDIS, making it the largest contributor for visual attention drawn away from the outside of the ship.

When analysing look-backs in Figure 8 compared with dwell time in Figure 3, it is identified that the navigator revisits the AOI<sub>E</sub> more than the AOI<sub>o</sub> with a ratio of 1,9. This ratio could indicate a difficulty in interpreting information in AOI<sub>E</sub>, or simply a need to verify the information for the navigator. This double-checking could also be an indication of problems with collecting the relevant information from the ECDIS GUI. One could also argue that the ratio of 1,9 is not significant compared to the ratios from AOI<sub>R</sub> and AOI<sub>T</sub>. Analysis of backtracks in Figure 9 reveal that more than 50% of all backtracks are between AOI<sub>o</sub> and AOI<sub>E</sub>, which could indicate a challenge in the usability of the ECDIS GUI. Backtracks must be used with care due to the ambiguity of the event, but used together with other scan path events or eye tracking data provides accumulated information pointing towards an GUI usability challenge.

For further analysing the AOI<sub>E</sub>, we use the scan pattern in Figure 6. Most of the attention is drawn towards the chart, but it is also identified that the navigator's attention is attracted to the lower right corner of the AOI<sub>E</sub> GUI. Usability studies should be an iterative process, and based on this finding, a need for redefining the AOI is identified and conducted as shown in Figure 14.

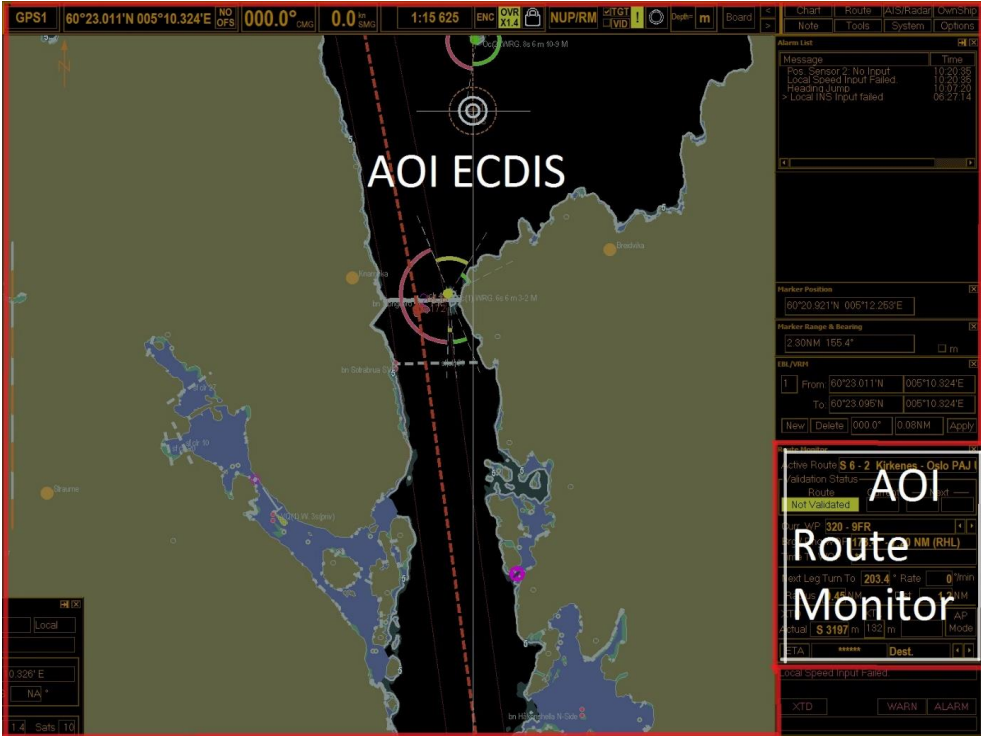


Figure 13: Redefining AOIs with AOI Route Monitor

Redefining the AOI identifies the new AOI Route Monitor (AOI<sub>M</sub>) window. The purpose of the Route Monitor window is to present the position of the ships against the planned route for the navigator. When looking at the dwell time in Figure 3, it is identified that the navigator spends 1,8% of the time

interpreting the data from this AOI. AOI<sub>M</sub> is attracting the navigators' attentions shown by the visual distribution of time in the sequence chart in Figure 7.

The navigators' context of use of the route monitor window is to collect information regarding turning information (1), heading mark information (1), time to wheel-over-point (WOP) (2), course information (3), distance on leg information (4) and cross-track distance (5) which is the shortest distance between the own-ship and the intended route. This is shown in Figure 14. This information is also incorporated in a voice procedure in the navigation team.

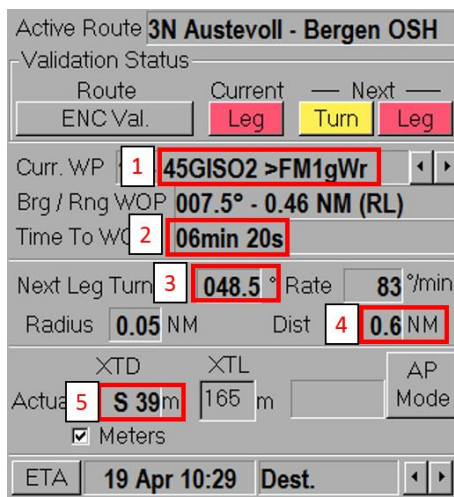


Figure 14: Content of the Route Monitor Window

The Route Monitor Window is in the bottom right corner of the ECDIS GUI, and is at a distance of approximately 2 metres from the navigator. The numbers and letters are too small for the navigator to read, and the navigator must use extra attention and focus on interpreting these data. The large amount of backtracks also indicates a challenge in usability in the AOI, and a redesign of the GUI should be considered. A better GUI with regards to presentation of relevant information to the navigator would reduce the effort and time for the navigator in collecting this vital information for the voyage.

#### 4.2 Maritime Usability Study With The Use Of ETGs

It is important not to disturb the techniques and behaviour of the user group when collecting eye tracking data with ETGs. A challenge is identified when it came to loss of data due to the participants looking outside the frame dimension. This is caused by the navigator looking over or under the glasses, mostly under due to the angles from the operator to the screens. The physical reasons for this is the size of the frame where the eye movements are collected, in addition to the distance from the eye to the lenses. From Figure 2 and 3 it is also shown a difference in the thickness of the frames, which could influence the navigator. If the distance is too long, it is a higher risk of the participant looking under the glasses. This can also be adjusted by the different nose pieces that comes with the ETG, but they are primarily used to conduct a calibration of the equipment before starting the recording and should not be changed. From the producers it was suggested to set up a physical barrier so that the participant did not look outside the frame of the ETG, but this was not conducted as it was considered to affect the natural behaviour of the navigator.

The use of ETGs together with a binocular is challenging. Especially for those who is not accustomed with wearing glasses. The use of binoculars is safety critical in high speed operations in littoral waters, and the subject has to be trained and comfortable with using ETGs together with binoculars before collection of the dataset to prevent interruptions in the data collection.

When using the ETGs in twilight, the light pollution from the scene cameras are distressing for the navigator. During dusk the binocular is frequently used to identify objects during the passage. The light pollution in addition to the challenges with the use of binoculars makes the use of current generation ETGs impossible in twilight and during night time.

Using the ETGs during daytime, especially when the sun is close to the horizon, a glare in the ETGs occurs which is shown in Figure 15. This is disruptive for the navigator, and makes the use of ETGs a challenge.



*Figure 15: Glare in ETGs*

Collecting eye tracking data, especially in a field study with a dynamic environment as on board the Norwegian Corvettes, is challenging with limited battery capacity and the use of cables for ETG connection and charging. This can be mitigated with the use of power banks and wireless connections, but has to be accounted for in the design of the study.

When collecting data in a dynamic environment on board a ship, it is important that the calibration process is simple, accurate and quick. The calibration process can be challenging if there is a considerable contrast in the brightness of the light between the environment and the background of the calibration. This is often the case on board a ship where the bridge is more dimmed than the outside during daytime. This could result in lost calibration, and thus extra post-process work which also could make some of the data ambiguous.

The software presentation concerning visual presentation of the attention maps is important to better understand and analyse the eye tracking data. The use of sequence chart, shown in Figure 7, is an important feature which not all producers provide. The sequence chart is a good visualization of time stealing displays and areas when optimising the design of the bridge layout and software GUI on an integrated navigation system.

When using the automatic eye tracking data processing, there are indications that this process is not thorough and can be experienced as not fully developed. The manual work of analysing eye tracking data is a time consuming job, where approximately 60 minutes of processing goes into every 10



minute of recorded eye tracking data. When the automatic eye tracking data processing function is fully developed, this will make the use of eye tracking data more accessible.

## 5 CONCLUSION

The work as a navigator on a high speed craft is a demanding job, and in the past years several new displays and technologies has been introduced to aid and provide added value for the navigator. When introducing new technology to the navigator, it is important to make a good interface in accordance with the human-centred design concept. The design of the bridge must facilitate the attention of the navigator to the surroundings of the ship, for continuous control and monitoring of the safe passage of the ship.

This article shows how eye tracking data, with a method utilizing scan path events and attention maps, can be used to identify which areas of interest attracts the navigator the most. Three examples of areas of interest which draws too much of the visual attention of the navigator is presented, with suggestions for improvements in the bridge layout and software GUI. Eye tracking data shows a good potential in analysing the usability of a bridge layout and software GUI on a ship bridge, when using the correct methods.

The advantages and challenges with using ETGs are laid down, with emphasize on the importance of not affecting the normal behaviour of the navigator by collecting data, and also how the software should provide good visualisation and interpretation of the eye tracking data.

### 5.1 Further Work

Implement the current findings on board with development and optimization of software GUI and bridge layout.

Contextualize and develop a recommended navigator scanning pattern when conducting navigation on an integrated navigation system.

Concept and development of graphical user interface for presentation of relevant information for the navigator.

## 6 ACKNOWLEDGEMENT

A special thanks to:

- the crew of the Royal Norwegian Navy Corvettes which participated in the collection of the dataset both in the field study and in the simulator.
- the Norwegian University of Science and Technology (NTNU) Aalesund for providing the Eye Tracking Glasses from Tobii.
- the Institute for Energy Technology (IFE) for providing the SMI ETGs and assisting in processing the data collected by the SMI Eye Tracking data.

### 6.1 Financial Support

The work was sponsored by the Royal Norwegian Naval Academy.

### 6.2 Ethical Standards

The authors assert that all procedures contributing to this work comply with the ethical standards of the relevant national and institutional committees on human experimentation and with the Helsinki Declaration of 1975, as revised in 2008. Consent forms is used in all data collection.

## 7 REFERENCES

- Bergstrom, J. R. & Schall, A. 2014. *Eye tracking in user experience design*, Elsevier.
- Bjørneseth, F. B., Clarke, L., Dunlop, M. & Komandur, S. Towards an understanding of operator focus using eye-tracking in safety-critical maritime settings. International Conference on Human Factors in Ship Design & Operation, 2014.
- Chisholm, S., Caird, J. K. & Lockhart, J. 2008. The effects of practice with MP3 players on driving performance. *Accident Analysis & Prevention*, 40, 704-713.
- Ecdisltd. 2016. *ECDIS manufacturers* [Online]. Available: <http://www.ecdis.org/manufacturers/> [Accessed 19.10.2016].
- Forsman, F., Dahlman, J. & Dobbins, T. Developing a Standard Methodology For Dynamic Navigation in the Littoral Environment. Royal Institute of Naval Architects, International Conference, Human Factors in Ship Design and operation, 2011.
- Forsman, F., Sjørs, A., Dahlman, J., Falkmer, T. & Lee, H. C. 2012. Eye Tracking During High Speed Navigation at Sea. *Journal of Transportation Technologies*, Vol.02No.03, 8.
- Gilchrist, I. D. & Harvey, M. 2000. Refixation frequency and memory mechanisms in visual search. *Current Biology*, 10, 1209-1212.
- Goldberg, J. H. & Kotval, X. P. 1999. Computer interface evaluation using eye movements: methods and constructs. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 24, 631-645.
- Groen, M. & Noyes, J. 2010. Using eye tracking to evaluate usability of user interfaces: Is it warranted? *IFAC Proceedings Volumes*, 43, 489-493.
- Hareide, O. S. 2013. *Control of position sensor input to ECDIS on High Speed Craft*. Master of Science (MSc), University of Nottingham.
- Hareide, O. S. & Ostnes, R. 2016. Comparative Study of the Skjold-Class Bridge- and Simulator Navigation Training. *European Journal of Navigation*, 14, 57.
- Hareide, O. S., Ostnes, R. & Mjeld, F. V. Understanding the Eye of the Navigator. In: NAVIGATION, N. I. O., ed. European Navigation Conference, 2016 Helsinki. Confedent International.
- Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H. & Van De Weijer, J. 2011. *Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures*, OUP Oxford.
- Imo 2007. RESOLUTION MSC.252(83): Adoption of the Revised Performance Standard for Integrated Navigation Systems. London.
- Iso 2010. 9241-210: 2010. *Ergonomics of human system interaction-Part 210: Human-centred design for interactive systems*.
- Jacob, R. & Karn, K. S. 2003. Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Ready to deliver the promises. *Mind*, 2, 4.
- Kataria, A., Praetorius, G., Schröder-Hinrichs, J.-U. & Baldauf, M. 2015. Making the case for Crew-Centered Design (CCD) in merchant shipping.
- Luraas, S. 2016. *Systemic design in complex contexts: an enquiry through designing a ship's bridge*, Oslo School of Architecture and Design.
- Maib 2008. Ecdis-assisted grounding MARS Report 200930. London: Marine Accident Investigation Branch.
- Meck, U., Schiller, F. & Brüggemann, U. 2014. Interaction Design in Ship Building: an Investigation Into the Integration of the User Perspective Into Ship Bridge Design. *Journal of Maritime Research*, 6, 15-32.
- Mitzner, T. L., Touron, D. R., Rogers, W. A. & Hertzog, C. 2010. Checking it Twice: Age-related Differences in Double Checking During Visual Search. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 54th Annual Meeting*, 1326-1330.
- Norris, A. 2010. *Integrated Bridge Systems vol 2 ECDIS and Positioning*, London, Nautical Institute.
- Papachristos, D., Koutsabasis, P. & Nikitakos, N. Usability evaluation at the ship's bridge: A multi-method approach. 4th International Symposium on Ship Operations, Management and Economics, 2012. 8-9.
- Rosengrant, D., Thomson, C. & Mzoughi, T. Comparing experts and novices in solving electrical circuit problems with the help of eye-tracking. 2009 PHYSICS EDUCATION RESEARCH CONFERENCE, 2009. AIP Publishing, 249-252.
- Smi 2016. iViewETG User Guide.
- Tobii 2016. User's Manual Tobii Pro Glasses 2. Tobii AB.
- Van Westrenen, F. 1999. The maritime pilot at work. *Evaluation and use of a time-to-boundary model of mental workload in human-machine systems*, HASS, 11.
- Wingrove, M. 2016. *Does ECDIS increase the risk of ship collisions?* [Online]. Available: [http://www.marinemec.com/news/view\\_does-ecdis-increase-the-risk-of-ship-collisions\\_42825.htm](http://www.marinemec.com/news/view_does-ecdis-increase-the-risk-of-ship-collisions_42825.htm) [Accessed 05.05.2016].

---

# Scan Pattern for the Maritime Navigator

Odd Sveinung Hareide, Royal Norwegian Naval Academy, Bergen, Norway  
Runar Ostnes, Norwegian University of Science and Technology, Aalesund, Norway

*Reprinted from In Press  
TransNav Journal 2017*

# Scan Pattern for the Maritime Navigator

O.S. Hareide

Royal Norwegian Naval Academy, Bergen, Norway

R. Ostnes

Norwegian University of Science and Technology, Aalesund, Norway

**ABSTRACT:** The maritime high speed craft navigators' ultimate aim has for decades been to safely and efficient navigate the vessel to its destination. The last decade an increased use of technology has arrived at the maritime ship bridge. The use of Electronic Charts and Integrated Navigation Systems has revolutionized much of the work of the navigator, with the aim of enhancing the safety of navigation. The amount of information has drastically increased, and the need for a proper information management and an efficient visual scan pattern has been identified. Looking to other industries this has been introduced with success, and in this paper the authors present a proposed scan pattern for the maritime navigator. The analysis is based on an eye tracking data set collected from simulator- and field studies on board the world's fastest littoral combat ship.

## 1 INTRODUCTION

The aim of the INS, and e-navigation, is to enhance safety of navigation, by collecting and providing vital information in a user friendly manner for the navigator. It has raised concern that navigators look more at the displays than controlling the surroundings of the vessel, and concerning the visual focus of the navigator there are not any industry standard or recommendation on the use of the integrated navigation system. Based on the Eye Tracking data set and cross-section knowledge from aviation and other high-risk industries (power plants), this article aims to present a recommended visual scan pattern for the maritime navigator.

### 1.1 Integrated Navigation Systems

New vessels today are highly technological, also at the ship bridge. The use of new sensors and technology, which are highly integrated, are widely used. An example of such is the Rolls Royce Unified Bridge (Rolls-Royce, 2015) in Figure 1 or the K-Bridge INS (Kongsberg, 2016), which goal is to increase the operational safety by efficient workflow which reduces the cognitive workload for the navigator.

The purpose of an Integrated Navigation System (INS) is to enhance the safety of navigation, this is done by providing integrated and augmented

functions to avoid geographic, traffic and environmental hazards (IMO, 2007, p. 2). An INS is defined as such if workstations provide Multi-Function Displays (MFD) integrated with at least the following navigational tasks/functions:

- Route Monitoring
  - Collision avoidance
- and may provide manual and/or automatic navigation control functions (IMO, 2007, p.3)

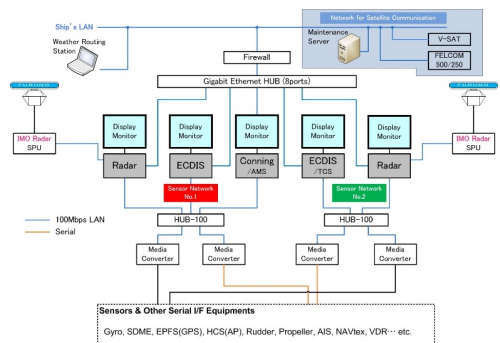


Figure 1. PSV Stril Luna Integrated Navigation System (courtesy of Rolls-Royce).

The INS can consist of several parts, but the most important navigation sensors for the navigator is:

- Electronic Position Fixing System (EPFS) (e.g. GNSS as GPS)
- Heading control system (HCS) (e.g. Gyro)
- Depth sensor (Echo Sounding System, ESS)
- Speed and distance measurement (SDME) sensor (e.g. Electromagnetic Log)

The INS also needs systems and sensors which can provide:

- Collision avoidance (e.g. Radar and AIS)
- Route planning and monitoring (e.g. ECDIS)
- Track Control System (TCS) (e.g. Autopilot)

These sensors and systems are interconnected in some type of network (e.g. NMEA2000, Ethernet, etc.).

The maritime bridge has become more and more digitalized the past years, and retrofitted and new ship bridges are equipped with several MFDs. These MFDs can present

- 1 Electronic Chart Display and Information System (ECDIS) application, which most commonly consist of an Electronic Navigation Chart (ENC) with navigation sensors integrated.
- 2 Radio Detection and Ranging (RADAR) application, which is a terrestrial navigation system using radio waves to determine range, angle or velocity of objects.
- 3 Conning application, which aim is to make key information available for efficient monitoring. Conning information gather all relevant sensor information and navigation data at a glance, and aims to improve accessibility for the navigator.

### 1.2 E-navigation

The International Maritime Organization (IMO) is currently working on an initiative called E-navigation.

The purpose of E-navigation is to improve electronic information exchange to:

- Enhance berth-to-berth navigation
- Provide simplification to improve safety, security and environment
- Facilitate and increase efficiency of maritime trade and transport.

With this in mind, e-navigation aims to minimize navigational errors, incidents and accidents through the transmission and display of positional and navigational information in electronic formats (Weintrit, 2011).

The last decades have seen huge developments in technology within navigation and communication systems. Although ships now carry Global Satellite Navigation Systems (GNSS) and have reliable Electronic Chart Display and Information Systems (ECDIS), their use on board is not fully integrated and harmonized with other existing systems and those of other ships and ashore. The work with Integrated Navigation System Performance Standard

and with e-Navigation will enhance this integration and harmonization.

Currently some yards are looking at open system architecture for holistic and user-friendly integration of multi supplier bridge systems to e-navigation, such as the Vard (Fincantieri) Open Bridge (Tennfjord, 2016).

### 1.3 Limitations and earlier work with the data set

The current data set is collected in daylight in good visual conditions (Hareide and Ostnes, 2016a). The data set and its' analyses is described in detail in earlier work. An analysis of the use of simulators has been discussed (Hareide and Ostnes, 2016a), together with the use of eye tracking data when assessing human machine interface (Hareide et al., 2016), and a maritime usability study with the use of eye tracking data (Hareide and Ostnes, 2016b).

## 2 BACKGROUND

### 2.1 Control strategies in the maritime domain

With the introduction of more sensor and technology to the ship bridges, the degree of automation has increased. There is an ongoing discussion of how much knowledge and skills, and of what type, the modern ship navigator needs when it comes to the use of INS (Torskiy and Topalov, 2013). However, the craftsmanship of navigation has stayed the same during the past hundreds of years, and the methods of earlier days without digital displays still applies (Norris, 2015).

The Royal Norwegian Navy Navigation Competence Centre (RNoNNCC) has trained and trained navigators to the Royal Norwegian Navy (RNoN) for 200 years, and even though the syllabus has changed significantly, the basic methodology has stayed the same. Navigation starts with proper planning. With a good plan in hand, it is easier to conduct a safe passage. In conducting a passage, it is important that the navigator has a methodology to be used during the voyage. The methodology developed by the RNoNNCC has parallels to the DYNNAV methodology (Forsman et al., 2011), but is an extended version. The methodology is shown in Figure 2.

Note that the four phases of navigation are utilized after a thorough planning process (as described in SOLAS) has been conducted, and is the methodology that the navigator is using during the watch. The methodology fits on any type of vessels, but the process is more demanding in confined water and with higher speed. This is also similar to the OODA-loop (Richards, 2004), which is a decision-making strategy with the reoccurring cycle of observe-orient-decide-act.

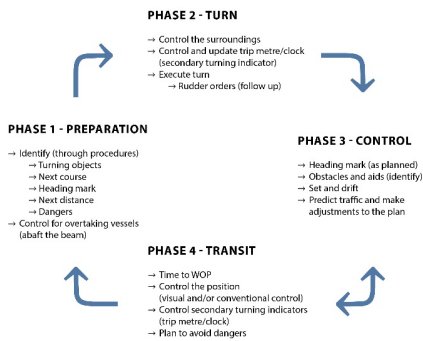


Figure 2. The Four Phases of Navigation

Phase 1 consists of the preparation before a turn is initiated. In this phase it is important to gather and highlight all relevant information to successfully conduct the turning phase.

Phase 2 is the critical turning phase for the vessel, where the vessel alters course. In this phase it is imperative that the navigators' focus is on the conning and surroundings of the ships, to make sure the turn is executed correctly.

Phase 3 consist of the control phase after an alteration of the course. Immediately after the turn, the navigator collects information to establish whether or not the ship is in the predicted (and correct) position. This phase also consists of the reoccurring cycle of predicting the set and drift, and also predicting the surrounding traffic pattern.

Phase 4 is the transit phase, where the vessel is transiting between two wheel over points (WOP). In this phase it is important that the navigator continuously monitors the position of the vessel, both by visual and conventional control methods (Hareide, 2013). Phase 3 and 4 is an iterative process until the next planned WOP is reached and the phases of navigation starts over again.

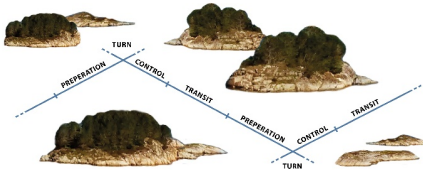


Figure 3. Overview of the Four Phases in Maritime Navigation.

The shift from paper charts to electronic charts was made to enhance the safety of operations. After years of experience, it is clear that the introduction of ECDIS also increases complexity (Wingrove, 2016). This complexity can be shown with a figure

that outlines the navigational and human factors which implies when conducting electronic navigation.

Navigational Factors				Human Factors
Chart	Sensors and System	Automation	Control mode	Bridge Resource Management
Last update?	<b>Sensor:</b> Position sensor (EPFS) Heading sensor (HCS) Speed sensor (SDME) Scale?	<b>Autopilot:</b> Track mode Waypoint mode	Type of waters? Day or night?	Communication Roles and role expectations Explicit Coordination
ENC or RNC?	Depth sensor (ESS)	Heading mode	Visibility?	Situational Awareness Team Experience
CATZOC?	Other sensors	Course mode	Traffic density?	Team Development Assertiveness and Leadership
T/P-corrections?	<b>System:</b> Signal distribution Console configuration Redundancy	Curved EBL Manual mode	Look-out!	Sleep and Fatigue Task demands and Workload
Set up for current operation	Integration with other systems (IRIS) ECDIS HW/SW	<b>Helmsman:</b> Orders	<b>3 control modes:</b> Visual Conventional Combination	Risk Assessment Expectations and Assumptions Team backup behavior Focus on your present role

Figure 4. Safe and Efficient Electronic Navigation

As shown in Figure 4 above, an important part related to the conduct of the passage is the weather and visual conditions. If the visual conditions are poor, one must use conventional methods (e.g. use of radar) for controlling the passage.

The Figure also shows the importance of system awareness as a navigator. Situational awareness consists of three components; spatial awareness, system awareness and task awareness. System awareness is needed to keep the navigator informed about actions that have been taken by the sensors and systems (automated processes), and it is imperative for the navigator to know what state the system is in (automation). Compared with Figure 4, Sensor/System and automation is important to maintain a desirable System Awareness for the navigator (Wickens, 2002).

Combining Figure 1 and Figure 4 illustrates the importance of and amount of knowledge needed about the navigational factors for the navigator.

## 2.2 Control methods in aviation

Fitts et al. (1949) conducted a series of investigations in order to gather information about the pilots' eye movements during instrument approaches. This research subsequently resulted and formed the basis for the classic "T" arrangement of instruments around the attitude indicator, as shown in Figure 5.

The attitude indicator is in the top center, airspeed indicator top left, altimeter top right and heading indicator under the attitude indicator. The other two, turn-coordinator and vertical-speed indicator, are usually found under the airspeed and altimeter. These instruments are essential for the control of the flight.

When conducting a flight in aviation, there are two sets of rules for the aviator to understand. This is the Visual Flight Rules (VFR) and the Instrument Flight Rules (IFR). In general terms, the IFR means

flying “in the cloud” and the pilot only navigates by using the instruments in the cockpit which requires a IFR flight plan and an instrument rating.



Figure 5. Basic T-arrangement (ASB, 2016).

The instrument scan reflects the information needed for the pilot (Brown et al., 2002). There are several studies which collect Eye Tracking data in order to analyze which instruments and AOI the pilot most commonly uses (van de Merwe et al., 2012, Haslbeck et al., 2012, Yu et al., 2016), also when it comes to visual scanning of the cockpit and the outside surroundings of the aircraft (Colvin et al., 2005). When in VFR the most important area for the pilot to observe is the outside, and the pilot should have to look away from the outside for the minimum period of time (RIN General Aviation Navigation Group, 2016).

Integrity is the measure of the trust that can be placed in the correctness of the received information supplied by a (integrated) navigation system, quantified by horizontal- and vertical alert limits (HAL and VAL) (Groves, 2013). The demand for integrity in the system design in aviation is high. In the Flight Management System (FMS), integrity of the sensor is monitored. The aviator reacts on an integrity breach warned by the FMS, and initiate an (emergency) procedure if so occurs.

### 2.2.1 Scan pattern

Scan pattern is a known terminology when it comes to aviation (FAA, 2016, p. 552). It is stated that of the bodies senses, vision is the most important for a safe flight. One of the important areas for efficient use of vision is the technique of scanning when in flight. The Scan (AOPA, 2009) is a technique used to optimize the vision for collision avoidance. It states that there are no “one size fits all” technique, but recommends a timesharing technique, such as block scan, to efficiently search for threats in the surroundings. This technique divides the horizon into blocks, each spanning 10 to 15 degrees. It is important that the eye fixates at the

center of each block, because the eye needs one to two seconds to adjust, before they can focus. Focusing on each point allows the eye to detect any potential conflicts within the foveal field, as well as object in the peripheral area between the center of each block scan.

In aviation there are two primary block system scans, side-to-side scanning method and front-to-side scanning method. The side-to-side scanning method starts at the left of the area and make a methodical sweep to the right, pausing in each clock of viewing to focus the eye. At the end of the scan, the pilot return to the panel. The front-to-side scanning method starts at the center of the visual field and moves to the left, focusing in each block then swing quickly back to the center block after reaching the last block on the left and repeat the performance to the right (AOPA, 2009). This is shown in Figure 6.

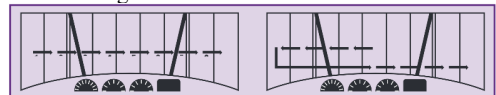


Figure 6. Block System Scan (AOPA, 2009)

When constructing a scan pattern, one should keep in mind that a scan tends to be most concentrated toward the center region of the visual field, avoiding the edges of a display (Wickens et al., 2015). The scan pattern and HMI should thus be design to adhere to this.

In the literature review there are not any findings of scan pattern related to the use of a maritime integrated navigation system.

### 2.2.2 Link Analysis

Link Analysis is a data-analysis technique which can be used to evaluate connections between points or nodes. Link analysis is used when it comes to handling information overload. When a user is confronted with a vast amount of information and data, data analysis techniques are required to make an efficient and effective use of the data. By utilizing a heuristic-based tool one can distill rules from knowledge using structured data such as eye tracking data. A scan pattern analysis for the maritime navigator based on eye tracking data consists of a link analysis. This could contribute to a more efficient and effective use of the data collected by the navigator from the INS and the surroundings of the ship.

## 2.3 Eye Tracking

Eye movements collection in aviation have been a topic of interest for over 60 years (Glaholt, 2014). The collected information has been used as a window onto operator’s processing of information, and has resulted in a whole range of application.

With the use of Eye Tracking Technology, it is possible to collect and analyze data regarding the eye's movement. In the simplest terms, eye tracking is a measurement of the eye's movement. By analyzing this data, one of the products is to identify the search pattern of the subject (Holmqvist et al., 2011).

### 2.3.1 Eye Tracking data set

The data set to conduct this analysis is collected on board the Royal Norwegian Navy Corvettes (Figure 7). The Corvettes are the world's fastest combat ship, capable of speeds exceeding 60 knots. It has an INS from Kongsberg Defense Agency (KDA).



Figure 7. Skjold-class Corvette

The total amount of recorded eye tracking data is nearly 3 hours, and the data set is further outlined in earlier work (Hareide and Ostnes, 2016a, Hareide et al., 2016).



Figure 8. Areas of Interest

The Areas of Interest (AOIs) were defined as:

- *Outside* (AOI<sub>O</sub>): Consists of the surroundings of the ships, and are defined by the boundaries of the windows at the ships bridge.
- *ECDIS* (AOI<sub>E</sub>): The Electronic Chart Display and Information System (ECDIS) which is presented on the MFD in front of the navigator. AOI<sub>E</sub> also consists of the *Route Monitor window* (AOI<sub>M</sub>) which is in the lower right corner of the ECDIS software
- *Radar* (AOI<sub>R</sub>): The radar application, presented on the center MFD on the ships bridge.
- *Conning* (AOI<sub>C</sub>): Consisting of the displays, consoles and autopilot related to the propulsion and steering of the ship.

- *White Space* (AOI<sub>W</sub>): The other areas than those defined by the AOIs.

### 2.3.2 Eye Tracking metrics

To identify the search pattern of the navigator, both raw eye tracking data and attention maps could be used.

Fixation is defined as the state when the eye remains still over a period of time on a specific point (Holmqvist et al., 2011). Fixation time can thus be used as an indicator to analyze how efficient the navigators scanning technique is.

A saccade is defined as the rapid eye movement between fixations (ibid.). The amount of saccade could reveal if there are improvements in the scanning technique of the navigator.

The dwell time is defined as the total amount of time spent in the specific AOI, as shown in Figure 8. Dwell time can be used to identify if the navigators spend too much time in a (given) AOI.

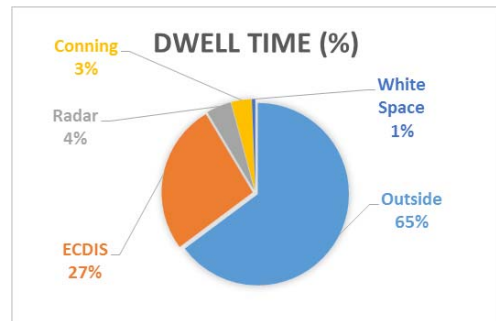


Figure 9. Dwell time in dataset

Attention maps such as a scan path presentation will visualize the scanning technique for the navigator. A scan path is also known as a scan pattern, and originates from the work of Noton and Stark (1971) which defined the term as the fairly abstract concept of a fixed path that is characteristic to a specific participant and his or hers viewing pattern. Today, a scan pattern is defined as the route of oculomotor events through space within a certain timespan (Holmqvist et al., 2011), and is shown in Figure 9.

A fixation in Figure 9 is shown as a circle, and the size of the circle reflects the fixation time. The lines between the circles reflects the saccades.

It is also interesting to look at time-sharing visualization, with the use of sequence charts (figure 11), in order to better understand and analyze where the navigator focus his/her attention.

The sequence chart is a good visualization technique when it comes to analyzing how much time, and how long, the navigator looks at different AOIs.



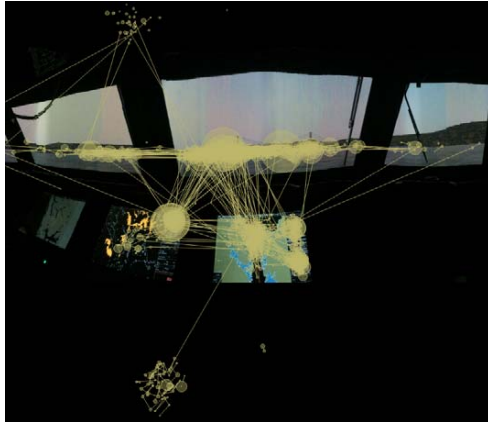


Figure 10. Scan Pattern

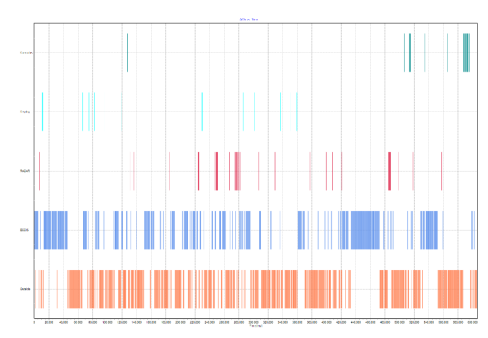


Figure 11. Sequence Chart

One could further analyze the eye tracking data for look-backs and backtracks, which is outline in an article on the use of eye tracking data for maritime usability studies (Hareide and Ostnes, 2016b). When establishing a recommended scan pattern for the maritime navigator, it is of interest to reveal if there are any design issues in any of the essential equipment for the navigator. The information should be accessible, and in the right context of use provide effectiveness and efficiency for the navigator (ISO, 2010).

Eye Tracking data is used to compare a novice and experienced navigator (Forsman et al., 2012), and has also been used to study the effect of stress at the maritime bridge during a passage (Pedrotti, 2014). Eye tracking metrics showed a good potential in both evaluating novices vs experienced boat drivers, and in analyzing the effects of stress at the maritime bridge. Van Westrenen (1999) examined Rotterdam Pilots to establish the dwell time in different AOIs, with the aim of quantifying the amount of time the pilot spends looking out the window. His study shows that the pilots spends 90% of the time looking out the window, checking the surroundings of the ship.

### 2.3.3 Analysis of Eye Tracking data

In the collected data set, the navigators' dwell time is presented in Figure 8. It is identified in earlier work that flaws in HMI steals attention from the navigator, and by adjusting this, more attention can be allocated to the surroundings of the ship (AOIo). In industry quality it has been developed models to predict the amount of time for detection. There is a concurrence between the search time available and the probability of detection (Wickens et al., 2015, p. 78). For the navigator this implies that the amount of time searching the surroundings should be as high as possible.

When looking at the scan pattern collected in the existing data set, AOI outside, ECDIS and radar stands out as important in the scan pattern for the maritime navigator (Figure 9).

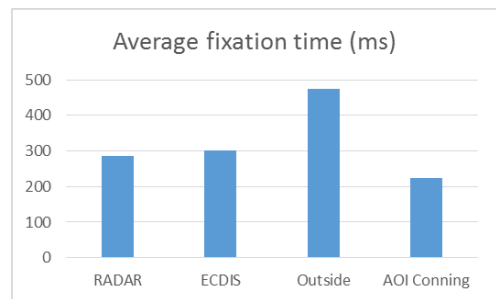


Figure 12. Average fixation time (ms) in AOIs

The average fixation time in AOIo reflects the importance of giving the eye time to actually look for objects in the surroundings, which is also reflected in scanning theory from aviation.

## 3 UTILIZING THE INTEGRATED NAVIGATION SYSTEM

In order to better exploit the integrated navigations system in conducting a passage, a need has been identified to develop an efficient visual scan pattern for the maritime high speed craft navigator. Link analysis theory can be applied in order to make an efficient and effective use of the collected eye tracking data.

### 3.1 Recommended scan pattern

The primary Area of Interest for the maritime navigator is the surroundings (AOI Outside, AOIO) of the ship (Norris, 2010). When conducting a passage, the navigator continuously cross-checks the information collected from the integrated navigation system. Dependent on weather and area, RADAR or ECDIS will be the second most important tool for the navigator. During nighttime or bad visibility,

RADAR is an important navigation aid. When visibility is good, visual scanning supplemented with ECDIS will be the primary navigation aid for the navigator. Monitoring the conning information, with the rudder angles and trust, is important for the safe conduct of the passage.

The methodology of navigation (Figure 2) is the foundation of the recommended search pattern. This methodology implies which information that must be extracted from the INS during a passage:

During Phase 1 (preparation), information must be gathered from the ECDIS. This information should be easy accessible (Hareide et al., 2016) for the navigator, which again results in a short time sequence for the navigator to collect this information, which will be reflected in the sequence chart in Figure 11.

In Phase 2, the attention of the Navigator must be briefly at the conning to see rudder response, and mainly at the surroundings of the vessel (AOI<sub>o</sub>) in order to continuously control that the vessel is heading in the right (planned) direction. The secondary turning indicators should have an HMI which supports this (Hareide and Ostnes, 2016b).

Phase 3 starts immediately after the vessel has turned to its' new course. Based on the information collected in Phase 1, the navigator controls the heading mark and course. Based on the analysis of the Eye Tracking data, it could be necessary with a look-back. A look-back can constitute a failure of memory (Gilchrist and Harvey, 2000), and could imply in Phase 3 if the information collected in Phase 1 is forgotten (human error/limitation or poor HMI). It is also a limitation of how much information from Phase 1 the navigator can memorize and use in Phase 3.

Phase 4 is often the longest phase of the voyage, as it consists of the time between turning points. Dependent on the environment, this will vary. In littoral waters and in high speeds, the transit phase can be very short (60 knots (111km/h), 1 nautical mile (NM) = 1 minute). In contradiction, on a journey in 20 knots (37 km/t) between Bergen and Aberdeen (310 NM), the transit phase can be more than 12 hours.

In the transit phase, the navigator controls the position, and continuously adjust the plan. The amount of controls is also dependent on the environment, and on the error and biases in the sensors used in the integrated navigation system. If the errors and biases is known to be high (e.g. terrestrial positioning), the position must be controlled often. If the errors/bias are low (e.g. GNSS as primary positioning), the control can be at increasing intervals.

The foundation in the Four Phases of Navigation must be aligned with a "Maritime Scan", based on The Scan from aviation (AOPA, 2009, FAA, 2016).

Based on the Collision Regulations (ColReg), a vessel has to give way for a vessel on their starboard side (IMO, 1972). Based on this fact, the Maritime Scan should be based on a Front-to-Side scanning method, with reference to Figure 6. The Maritime Scan should start from the center, move to the right (starboard) side, back to the center, continue to the left (port) side and return to the center (Figure 13, The Maritime Scan). The amount of side scan should be based on collision theory (Grepne-Takle, 2010, p. 26).

$$\alpha_o > \lambda \sin^{-1} \frac{V_T}{V_o} \quad (1)$$

If the own ship travels at 30 knots (V<sub>o</sub>), and you assume that all other vessels (targets) travel at not more than 6 knots (V<sub>T</sub>), the search width must be more than 23,1 degrees (α<sub>o</sub>) to each side. This is with a safety margin (λ) of two used in Equation 1. This implies that the high speed craft navigator must scan an area with a width of >46.2 degrees (α<sub>o</sub>\*2). When deciding the width of the visual scan, Equation 1 could be used.

It is important to stress that the eye needs to fixate at the center of each block, because the eye needs one to two seconds to adjust, before they can focus. Thus the navigator must "rest" the eye in each block. As in aviation, 10 degrees' blocks are recommended.

Between each Scan, the navigator must control the sensor data in the INS. The Maritime Scan consist thus of two subparts, the scan in the surroundings of the ship (outside) which is based on collision theory, and the instrument scan to gain system awareness of the INS.

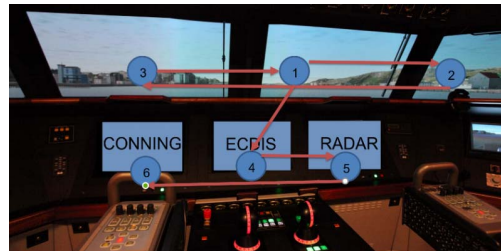


Figure 13: The Maritime Scan

The metrological conditions for conducting the passage is essential when it comes to the scanning pattern and the amount of attention to the Areas of Interest. As in aviation, the maritime has in general two categories. In good visual condition, Visual Sailing Mode (VSM) applies. When the visual conditions deteriorate, and increased use of conventional control (such as radar) is used, Conventional Sailing Mode (CSM) applies.

Table 1. Attention in AOIs in different metrological conditions.

Area of Interest	VSM	CSM
Outside (AOI <sub>o</sub> )	80%	5%
ECDIS (AOI <sub>E</sub> )	10%	15%
Radar (AOI <sub>R</sub> )	7%	75%
Conning (AOI <sub>C</sub> + (AOI <sub>D</sub> ))	3%	5%

The time distribution in AOI<sub>o</sub> and AOI<sub>E</sub> in VSSP is based on the benefits of better GUI and HMI together with a more efficient search pattern. This will provide more time for the navigator to control the surroundings (AOI<sub>o</sub>) of the ships, compared with Figure 8. The amount of time spent focusing on the radar is slightly increased, due to the essential information with regards to collision avoidance which can be provided by the radar. The time distribution for collecting conning information is the same, due to the benefits of a better HMI and GUI by displaying this information in an MFD.

In CSM, the navigator must pay most attention to the Radar (AOI<sub>R</sub>), as this is an important terrestrial navigation aid when conducting a passage during restricted metrological conditions. Note also that the ColRegs state that any vessel at all times should “maintain a proper look-out by sight and hearing as well as by all available means appropriate in the prevailing circumstances and conditions so as to make a full appraisal of the situation and of the risk of collision” (IMO, 1972). The navigator spends more time in the ECDIS (AOI<sub>E</sub>) because of the increasing information requirement in restricted metrological conditions. The navigators need to withdraw essential information such as (but not restricted to) parallel indexes, safety indexes and radar turning indexes when in CSM. The time distribution increases for Conning information, due to the increased importance of the navigator checking the key information for the machinery status when not having any visual aid from landfall.

## 4 CONCLUSION

The efficient use of scan patterns has been known and used for other professions than the maritime. Defining a recommended scan pattern for the maritime navigator, in relation to different metrological conditions, can contribute to a more efficient interaction between the navigator and the INS. This will provide better situational awareness for the navigator, and thus provide a safer passage.

The Maritime Scan consist of two subparts, where the first consist of the outside scanning on the environment. The width of the scanning arc is based on collision theory, and by dividing this scan into blocks and conducting a front-to-side scan, a better situational awareness is expected. The second part consist of the sensor and system data in the navigations system. This data is integrated and

presented in the three applications ECDIS, RADAR and Conning. The scan is conducted to increase system knowledge, and to identify if there are any errors or biases in the sensors or system. The amount of time in each of the subparts will vary with regards to the meteorological conditions, and a rule of thumb with regards to dwell time in the different areas of interest is presented in Table 1.

The use of the Maritime Scan will better utilize the spatial and system awareness for the maritime navigator, and as a consequence situational awareness will increase which will enhance safe navigation.

### 4.1 Further work

Collect a data set to verify the effect of the proposed Maritime Scan.

Collect a data set with navigation in poor visibility/nighttime (CSM) and compare the findings with the current data set (VSM).

Implement the findings in existing syllabus and taught courses at Royal Norwegian Naval Academy.

### 4.2 Acknowledgement

This work could not have been accomplished without the great support from:

- Royal Norwegian Navy Navigation Competence Center for financial support.
- Royal Norwegian Navy Corvette and Crew which participated in the collection of the data sets.
- The Norwegian University of Science and Technology (NTNU) Aalesund and Institute for Energy Technology (IFE) for providing Eye Tracking Glasses.

## REFERENCE

- Aopa 2009. Collision Avoidance Strategies and Tactics. In: INSTITUTE, A. S. (ed.) <https://www.aopa.org/-/media/files/aopa/home/pilot-resources/asi/safety-advisors/sa15.pdf?la=en>. Edition 3 ed. Frederik: Bruce Landsberg.
- Asb, A. S. B. 2016. Aircraft Instrument Systems. *Aviation Maintenance Technician*. ASB.
- Brown, D. L., Bautsch, H. S., Wetzel, P. A. & Anderson, G. M. 2002. Instrument scan strategies of F-117A pilots. DTIC Document.
- Colvin, K., Dodhia, R. & Dismukes, R. K. Is pilots' visual scanning adequate to avoid mid-air collisions. Proceedings of the 13th International Symposium on Aviation Psychology, 2005. Citeseer, 104-109.
- Faa 2016. Aeronautical Information Manual In: ADMINISTRATION, F. A. (ed.). Washington: FAA.
- Fitts, P. M., Jones, R. E. & Milton, J. L. 1949. Eye Fixations of Aircraft Pilots. III. Frequency, Duration, and Sequence Fixations When Flying Air Force Ground-Controlled Approach System (GCA). DTIC Document.
- Forsman, F., Dahlman, J. & Dobbins, T. Developing a Standard Methodology For Dynamic Navigation in the

- Littoral Environment. Royal Institute of Naval Architects, International Conference, Human Factors in Ship Design and operation, 2011.
- Forsman, F., Sjørs, A., Dahlman, J., Falkmer, T. & Lee, H. C. 2012. Eye Tracking During High Speed Navigation at Sea. *Journal of Transportation Technologies*, Vol.02No.03, 8.
- Gilchrist, I. D. & Harvey, M. 2000. Refixation frequency and memory mechanisms in visual search. *Current Biology*, 10, 1209-1212.
- Glaholt, M. G. 2014. Eye tracking in the cockpit: a review of the relationships between eye movements and the aviator's cognitive state.
- Grepne-Takle, R. 2010. *Assessment of Simulator-based Training of Ship Navigation Officers by Implementation of Collision Avoidance Methods other than ARPA Functionalities*. MSc MSc Project, Norwegian University of Science and Technology.
- Groves, P. D. 2013. *Principles of GNSS, Inertial, and Multisensor Integrated Navigation Systems*, London, Artech House Publishers.
- Hareide, O. S. 2013. *Control of position sensor input to ECDIS on High Speed Craft*. Master of Science (MSc), University of Nottingham.
- Hareide, O. S. & Ostnes, R. 2016a. Comparative Study of the Skjold-Class Bridge- and Simulator Navigation Training. *European Journal of Navigation*, 14, 57.
- Hareide, O. S. & Ostnes, R. 2016b. Maritime usability study by analysing Eye Tracking data. *International Navigation Conference Proceedings*, 17.
- Hareide, O. S., Ostnes, R. & Mjelde, F. V. Understanding the Eye of the Navigator. In: NAVIGATION, N. I. O., ed. European Navigation Conference, 2016 Helsinki. Confedent International.
- Haslbeck, A., Schubert, E., Gontar, P. & Bengler, K. 2012. The relationship between pilots' manual flying skills and their visual behavior: a flight simulator study using eye tracking. *Advances in Human Aspects of Aviation*, 561-568.
- Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H. & Van De Weijer, J. 2011. *Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures*, OUP Oxford.
- Imo 1972. International Regulations for Preventing Collisions at Sea (Colregs). London: IMO.
- Imo 2007. RESOLUTION MSC.252(83): Adoption of the Revised Performance Standard for Integrated Navigation Systems. London.
- Iso 2010. *Ergonomics of human-system interaction: Human-centred design for interactive systems : ISO 9241-210*, ISO.
- Kongsberg. 2016. *K-Bridge Integrated Navigation System* [Online]. Kongsberg. Available: [https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0397.nsf/AllWeb/62F2BB1A93881801C1257CB7003A7687/\\$file/KM\\_K\\_Bridge.pdf?OpenElement](https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0397.nsf/AllWeb/62F2BB1A93881801C1257CB7003A7687/$file/KM_K_Bridge.pdf?OpenElement) [Accessed 13.11.2016 2016].
- Norris, A. 2010. *Integrated Bridge Systems vol 2 ECDIS and Positioning*, London, Nautical Institute.
- Norris, A. 2015. Integrity and the Aid to Navigation. *The Navigator*, October.
- Noton, D. & Stark, L. 1971. Scanpaths in saccadic eye movements while viewing and recognizing patterns. *Vision research*, 11, 929-938.
- Pedrotti, M., Et Al. 2014. Automatic stress classification with pupil diameter analysis. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 30.3, 16.
- Richards, C. 2004. *Certain to Win: The Strategy of John Boyd, Applied to Business*, Xlibris US.
- Rin General Aviation Navigation Group, G. 2016. VFR Guide. In: NAVIGATION, R. I. O. (ed.) <http://www.rin.org.uk>. London: Royal Institute of Navigation.
- Rolls-Royce. 2015. *Unified Bridge Control* [Online]. Rolls Royce. Available: <http://www.rolls-royce.com/products-and-services/marine/product-finder/automation-and-control/control-centres-and-bridge-system/unified-bridge-control.aspx#section-product-search> [Accessed 23.11 2015].
- Tennfjord, G. S. 2016. *Open Bridge* [Online]. Kystverket.no: Kystverket. Available: [http://www.kystverket.no/globalassets/prosjekter/e-navigation/ppt-e-nav-no-2016/1230\\_tennfjord\\_openbridge\\_yard.pdf](http://www.kystverket.no/globalassets/prosjekter/e-navigation/ppt-e-nav-no-2016/1230_tennfjord_openbridge_yard.pdf) [Accessed 12.11 2016].
- Torskiy, V. G. & Topalov, V. P. 2013. On the Reliability of the Navigator ? Navigation Complex System. *Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*. CRC Press.
- Van De Merwe, K., Van Dijk, H. & Zon, R. 2012. Eye movements as an indicator of situation awareness in a flight simulator experiment. *The International Journal of Aviation Psychology*, 22, 78-95.
- Van Westrenen, F. 1999. The maritime pilot at work. *Evaluation and use of a time-to-boundary model of mental workload in human-machine systems*, HASS, 11.
- Weintrit, A. 2011. *International Recent Issues about ECDIS, e-Navigation and Safety at Sea: Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, Taylor & Francis.
- Wickens, C. D. 2002. Situation awareness and workload in aviation. *Current directions in psychological science*, 11, 128-133.
- Wickens, C. D., Hollands, J. G., Banbury, S. & Parasuraman, R. 2015. *Engineering psychology & human performance*, Psychology Press.
- Wingrove, M. 2016. *Does ECDIS increase the risk of ship collisions?* [Online]. Available: [http://www.marinemec.com/news/view/does-ecdis-increase-the-risk-of-ship-collisions\\_42825.htm](http://www.marinemec.com/news/view/does-ecdis-increase-the-risk-of-ship-collisions_42825.htm) [Accessed 05.05.2016].
- Yu, C.-S., Wang, E. M.-Y., Li, W.-C., Braithwaite, G. & Greaves, M. 2016. Pilots' Visual Scan Patterns and Attention Distribution During the Pursuit of a Dynamic Target. *Aerospace medicine and human performance*, 87, 40-47.

---

# GNSS Jamming Resilience for Close to Shore Navigation in the Northern Sea

Øystein Glomsvoll and Lukasz K Bonenberg

*Reprinted from The Journal of Navigation, page 1 of 16  
The Royal Institute of Navigation 2016  
doi:10.1017/S0373463316000473*

# GNSS Jamming Resilience for Close to Shore Navigation in the Northern Sea

Oeystein Glomsvoll<sup>1</sup> and Lukasz K Bonenberg<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*(The Royal Norwegian Naval Academy, Bergen, Norway)*

<sup>2</sup>*(Nottingham Geospatial Institute, University of Nottingham, Nottingham, UK)*

(E-mail: [oglomsvoll@sksk.mil.no](mailto:oglomsvoll@sksk.mil.no))

Navigational error accounts for half of the accidents and serious incidents in close to shore maritime transport in Norway predominantly due to the rapidly changing weather conditions and the dangerous nature of the narrow inshore waters found along the Norwegian coast. This creates a dependence on Differential Global Positioning System (DGPS) use and any disruption to this service can lead to an increased accident rate. The aim of this paper is to research the jamming vulnerability of existing maritime receivers and to understand if an upgrade to a multi-constellation or multi-frequency receiver would improve system resilience. The novelty of this work is a comparison of jamming resilience between different combinations of multiple constellations (GPS and Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema (GLONASS)) and multi-frequency Global Navigation Satellite System (GNSS) signals. This paper presents results from GNSS jamming trials conducted in the northern part of Norway, confirming previous research and indicating that typical maritime GPS receivers are easy to jam and may produce erroneous positional information. Results demonstrate that the single frequency multi-constellation receivers offer better jamming resilience than multi-frequency (L1 + L2) GPS receivers. Further, the GLONASS constellation demonstrated a better resilience than GPS. Results demonstrate a known correlation between GPS L1 and L2 frequencies, as well as a probable over-dependence on GPS for signal acquisition, meaning that no signal can be received without GPS L1 present. With these limitations in mind, the authors suggest that the most economic update to the single frequency GPS receivers, currently used for maritime applications, should be multi-constellation GPS + GLONASS receivers. This solution is cheaper and it also offer better jamming resistance for close to shore navigation than dual frequency receivers.

## KEYWORDS

1. North Sea.
2. Navigation.
3. GPS Vulnerability.
4. GLONASS.
5. Local Marine Traffic.

Submitted: 18 September 2015. Accepted: 10 June 2016.

1. INTRODUCTION. Navigational error accounts for half the accidents and serious incidents in maritime transportation worldwide (DNV, 2013). These have increased significantly since the introduction of the Global Positioning System (GPS) and Electronic Chart Display and Information Systems (ECDIS) on most ships (1995–2002). While there is no direct evidence linking this directly with GPS

and ECDIS, previous research (Boyes, 2013; Grant et al., 2010) has suggested that navigators' over-reliance on GPS could be a cause.

Modern ships are highly automated, able to run with little human interaction with the ship's networked navigational and operational systems. Whilst they are extremely convenient, these features make them exceedingly vulnerable to cyber-attacks, including spoofing or the jamming of a ship's GPS system (CCICADA, 2015). The same document states that nowhere is the necessity of building greater resilience more apparent than in the large, modern ship.

Similar trends can be seen in Norwegian waters (Naevestad et al., 2014). Statistics do not specify the cause of the accidents that occur, but it is generally assumed that the main factors are the increase in foreign vessel traffic, the rapidly changing weather conditions, the dangerous nature of the narrow inshore waters, and the over-dependence on GPS in those conditions, which can lead to a false feeling of security. Any foreign flagged vessels exceeding 70 metres, or 50 metres if carrying hazardous or polluting cargo, need compulsory pilotage to pass through inshore water fairways (fjords). The compulsory pilotage requirement can be met by either employing a pilot or a navigator holding a Pilot Exemption Certificate - a theoretical and practical examination which includes knowledge of the waters and visual and radar navigation (The Norwegian Coastal Administration, 2016). Even with this experience, navigation is difficult and pilots tend to rely on GPS.

To address GPS accuracy in the fjords, the Norwegian Coastal Administration has established a network of 12 Differential GPS (DGPS) stations along the Norwegian coast. Each DGPS station (*de facto* reference station) calculates corrections using pseudorange measurements, which are then transmitted in the 283.5 kHz – 315 kHz frequency band, and can be received by vessels equipped with a DGPS radio receiver. The stated planar accuracy of the system, within the coverage area, is better than 10 metres (2 drms) and in reality an accuracy of 1–3 metres is expected (The Norwegian Coastal Administration, 2014). Use of DGPS is therefore crucial for high accuracy navigation in the demanding and narrow Norwegian straits.

Volpe (2001) raised awareness of GPS vulnerability to intentional and unintentional interference. Since then a number of studies have addressed this, using GNSS simulators (Borio et al., 2013; Mitch et al., 2011; Kuusniemi et al., 2012) or outdoor GPS jamming tests (in South Africa and Germany) (Niekerk and Combrinck, 2012; Bauernfeind et al., 2011). The findings from these studies indicate that the combination of highly sensitive GPS receivers and the low signal strength of spaceborne GPS makes this navigation technology very vulnerable to jamming. The General Lighthouse Authorities of the United Kingdom and Ireland have also run a number of jamming trials close to the English shore (Grant et al., 2010). Apart from intentional jamming, DGPS signals can also be disrupted by interference from other radio transmitters (unintentional jamming) and are limited in fjord areas, where the signals must pass over high terrain.

Currently, typical marine grade receivers are differential GPS L1 receivers (Grant et al., 2010), most of which were installed several years ago and which will eventually need to be upgraded. With the decreasing cost of modern hardware, these replacements are likely to be multi-constellation or even multi-frequency receivers. The aim of this paper is to research the jamming vulnerability of the existing maritime receivers and to suggest the best update option. This leads to the following research question: Do multi-constellation/multi-frequency GNSS receivers offer any additional jamming resilience over the current GPS L1 or GLONASS G1 receivers?

This paper focuses on civilian traffic navigating close to the Norwegian shore, at the high northern latitudes, and using Norwegian Coastal Administration DGPS stations. To this end, dedicated jamming trials, addressing those conditions, have been conducted in the northern part of Norway, within the Polar Circle, identified as one of the more problematic areas.

The novelty of this work is a comparison of jamming resilience between different combinations of multi-constellation (American GPS and Russian GLONASS) and multi-frequency GNSS signals. Previous research has not addressed the usability of additional frequencies (L1, L2, G1, G2) or additional constellations for jamming resilience, especially at those latitudes.

This paper is organised as follows: Section 2 discusses the nature of radio frequency interference, Section 3 describes the trials conducted and shows a comparison of the modern GNSS receiver used in the trials with existing maritime receivers. Section 4 then discusses positioning accuracy and compares the jamming results between multiple frequencies (L1, L2, G1, G2) and constellations (American GPS and Russian GLONASS), Section 5 discusses how use of multiple frequencies and constellations can increase jamming resilience and finally Section 6 contains a summary and conclusions.

**2. RADIO FREQUENCY INTERFERENCE ON THE GNSS SIGNAL (JAMMING).** Generally, multi-constellation DGPS receivers increase position reliability not the accuracy. For this a standard approach is to use multiple frequencies and a carrier-based solution (such as Real Time Kinematic (RTK)). The latter is more expensive, due to front-end complexity and proprietary algorithms needed to decode the GPS L2 signal. Hence the current industry standard is an increase in constellations not frequencies.

A typical jammer operates very close to GPS L1 central frequency. [Figure 1](#) shows the frequency allocations for GPS (L1 and L2) and GLONASS (G1 and G2). The comparison graph also shows the modernised GLONASS G3 and GPS L5 bands, as well as the one used by the Galileo constellation. The primary frequencies, G1 and L1, are situated close to each other and a single broadband jammer can interfere with both the GPS and GLONASS primary frequencies.

Radio Frequency Interference (RFI) caused by the jammer can be pulsed or continuous. Continuous RFI can be classified by its bandwidth and is usually differentiated into broadband or narrowband (Kaplan and Hegarty, 2006). This classification is relative to the GNSS band, and implies that a broadband RFI will have a bandwidth equal to, or greater than the GNSS band (2 MHz for the GPS Coarse/Acquisition (C/A)-code on L1) while the narrowband RFI will have a bandwidth narrower than GNSS.

Jones (2011) plotted theoretical values for different Continuous Wave (CW) broadband jammers, with power from 10 mW to 1 kW, which are shown in [Figure 2](#). Jammer-to-Signal ratio (J/S), which is dependent on the spatial separation between receiver and interference, determines the amount of interference that receivers can handle and still be able to acquire or track the GNSS signal. Horizontal dashed lines show some typical receiver thresholds, indicating that a small 10 mW jammer is able to prevent acquisition of C/A code for distances less than 10 km.



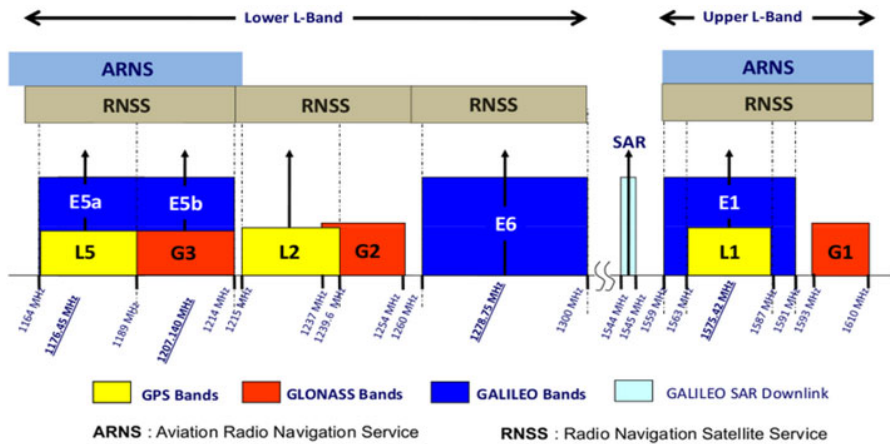


Figure 1. GNSS Frequency allocation (Subirana et al., 2011).

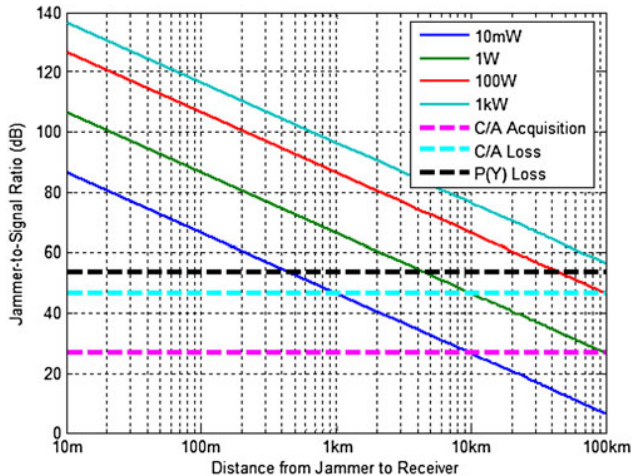


Figure 2. The effect of various jammers on GPS receivers (Jones, 2011).

Mitch et al. (2011) tested 18 of the current, commercially available, handheld civilian GNSS jammers with regards to signal properties. Most of the jammers in this research transmit signals with bandwidths exceeding the 2 MHz civilian GPS C/A signals, and some of them have a bandwidth exceeding the 20 MHz P(Y) signal. The majority of the jamming signals were generated by frequency modulation of a CW signal with some sort of swept tone method to generate broadband interference and most of the jammers used linear chirp signals. Figure 3 shows the results of the analysis of a typical low powered jammer.

Each sweep is for 9 microseconds and covers a range of about 14 MHz, which includes the civilian L1 band. The central frequency is the red horizontal line where the power was measured at 22 mW.

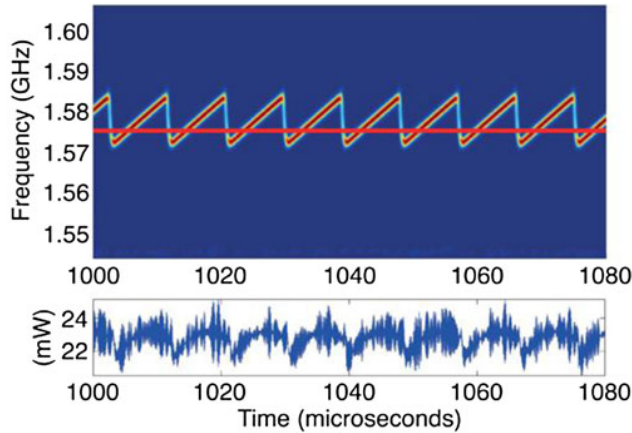


Figure 3. Signal characteristics for a group 1 jammer (Mitch et al., 2011).

Carrier-to-noise power density ratio Signal to Noise Ratio (SNR) (signal strength) is the fundamental parameter for defining signal quality at the receiver (Hofmann-Wellenhof, 2008). SNR is defined as the bandwidth-independent index number, relating the carrier power to noise per 1 Hz bandwidth, which is expressed in dB-Hz.

Bauernfeind et al. (2011) used the Galileo open-field Test Range in Germany to research the change in carrier-to noise ( $C/N_0$ ) of the GNSS signal, while jammed by widely available low-cost GNSS jammers, transmitting a chirp signal with a bandwidth of 11.8 MHz in the L1 band. The effective jammer power was -40 dBW (0.1 mW).

Figure 4 shows the results from the multi-frequency IpeX software GNSS receiver, as the distance to the jammer changes. The blue line in Figure 4 shows the recorded SNR degradation versus the theoretical curve (the red line). The measured curves follow the theoretical curves as long as the front end is not saturated with received jammer power, as is noticeable above the noise floor.

These results suggest that a typical jammer operates very close to the GPS L1 central frequency, which will affect GLONASS G1, yet should not affect GPS L2 or GLONASS G2 frequencies.

**3. TRIAL DESCRIPTION.** As discussed in the introduction, the trial's aim was to simulate civilian vessels using the Norwegian Coastal Administration DGPS stations and to expose them to jamming while navigating the inshore Norwegian waters at the high northern latitudes. To conduct these trials, jamming permission was obtained from the Norwegian Communications Authority, on the condition that no other vessels were closer than 3 kilometres to the jamming site and that no fog, heavy snow or rain shower causing poor visibility was present.

To make a comparison between different constellation and frequency combinations possible, a survey grade Leica GS10 GNSS receiver had to be used to collect the data. This is a much more modern receiver than the maritime receivers currently used and a pre-trial comparison was organised to compare the performance of both types of receivers. On board a Furuno GP90 GPS receiver and a Leica GS10 GNSS receiver were

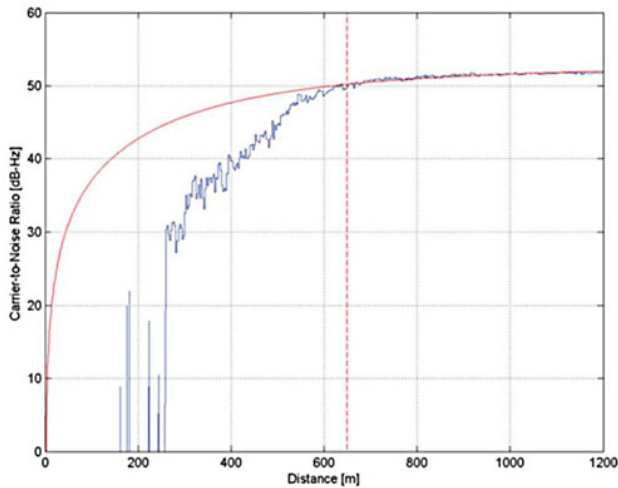


Figure 4. SNR for IpeX SW Receiver and the theoretical curve (Bauernfeind et al., 2011).

connected to a maritime Furuno GPS only antenna using a GPS splitter - this way, both receivers used the GPS constellation only for positioning. An additional, modern, low cost GPS + GLONASS single frequency Garmin eTrex20 was used and placed close to the antenna. All three receivers were placed on board a static vessel with a jammer slowly approaching on a smaller boat. Figure 5 shows the trajectory of a naturally drifting vessel, as recorded by three receivers. The Furuno receiver, which is more visibly sensitive to jamming, started to provide significant misleading information when the jammer power was weak, which was at a distance of 1600 metres in this trial. Both the Leica and Garmin receivers maintained similar positional accuracy (at a level of a few metres) until the distance to the jammer was 800 metres. Here the behaviour differed, with the Leica stopping National Marine Electronics Association (NMEA) output and Garmin providing erroneous positions until 100 metres from the jammer. These results agree with those of Grant et al. (2010).

Results from this pre-trial demonstrate that maritime navigation receivers are more sensitive to jamming than Leica receivers. The fact that results obtained with the Leica GS10 receiver are likely to show a better performance (better resistance to jamming) than multi-constellation maritime receivers should be borne in mind as data is interpreted.

The actual trial was conducted with the Leica GS10 using the Leica GNSS AS10 antenna, which was placed on the shore with the jammer moving towards or away from the receiver on a small boat. The aim of the trial was to quantify the jamming effect, simulating a vessel's approach to a narrow inshore strait. The reverse of the setup (a moving jammer and static receiver) was used as a means of maintaining the repeatability of the experiment, as any vessel used would naturally drift away.

The jammer broadcasted interference centred at the L1 carrier frequency (1575.42 MHz) with a bandwidth of 60 MHz F0 and an average power of 0.33 mW. This affected both the GPS L1 and the GLONASS G1 frequencies. The jamming power

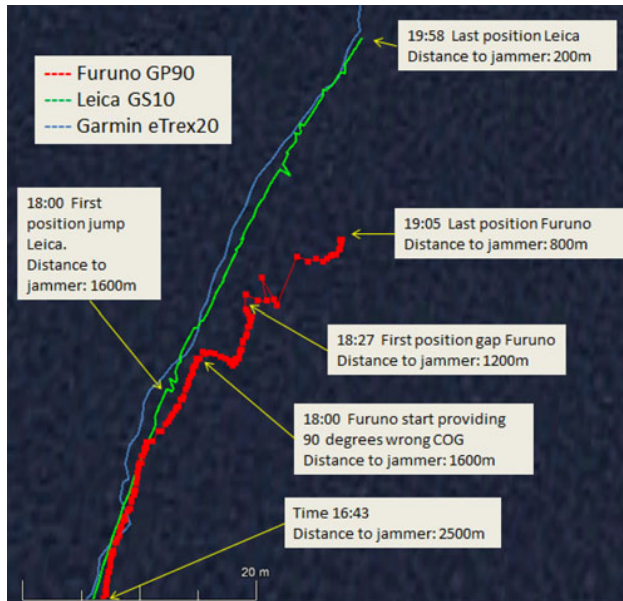


Figure 5. Position plot provided by three receivers (time format mm:ss) (Glomsvoll, 2014).

was constant during the trial, and the interference strength was varied by the distance between the small boat and the shore (Figure 6).

The jammer was turned on 2200 metres from the GNSS receiver and the boat approached the GNSS receiver with a constant speed of 7 m/s until the distance was 50 metres from the receiver. The boat remained static for about 20 seconds and then moved away, to a distance of 1300 metres from the receiver. Then, the jammer was turned off. This test was repeated three times. The observed distance at which a particular type of receiver loses tracking of GNSS signals cannot be generalised to other receivers, and therefore the results are only provided as a general reference.

Figure 7 shows the satellites' skyplot for the duration of the trials. The blue letter G denotes the GPS satellites and the red letter R denotes the GLONASS satellites. At high latitudes GLONASS offers better coverage than GPS constellations. The dark grey area to the east indicates the direction of the jammer.

Signal to Noise Ratio (SNR) has been suggested as a jamming indicator in Section 2. Figure 8 demonstrates this concept. The distance to the jammer is marked with a black line and the following satellites' SNR are compared: one high (G25) and four low elevation GPS satellites. Those are: G10 in the direction of the jammer (E), G14 in the opposite direction (W) and with G20 and G23 to the north. The first trial went from A to D, the second from E to F, the third from G to H and the last trial started at I. The jammer was turned off between each trial (as indicated by gaps in the black line). It is possible to notice a similarity with Figure 4.

As the jammer was turned on (A) at a distance of 2200 metres from the receiver, we can see a clear dip in the SNR values from all satellites. Larger fluctuations in the SNR appeared at a distance of 1300 metres (point B), and SNR started to drop (point C),

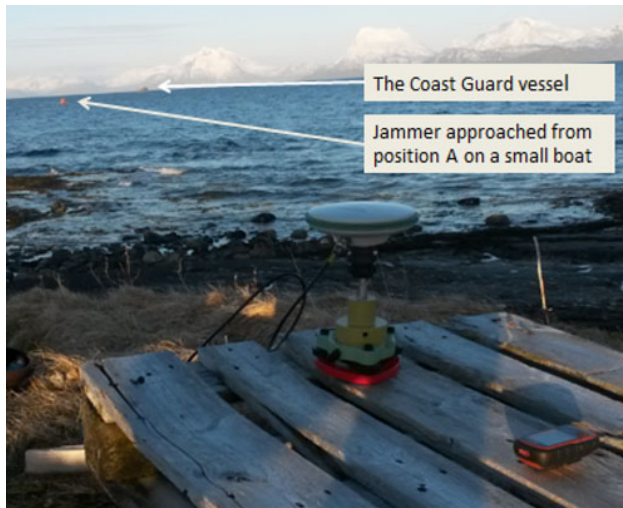


Figure 6. Photo taken from the position of the receivers.

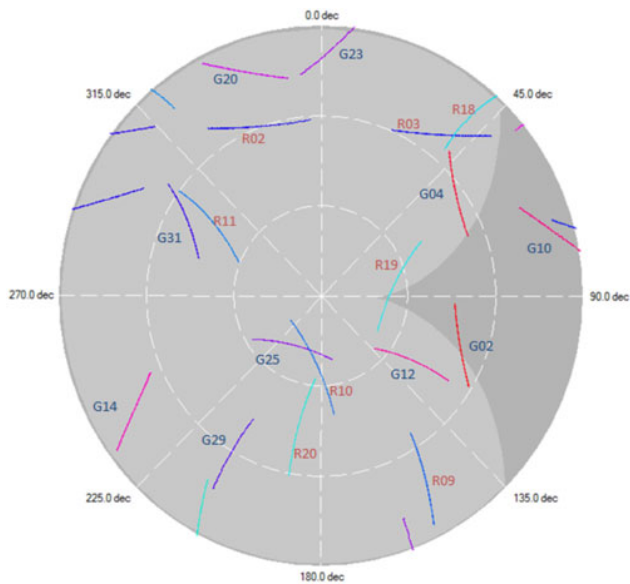


Figure 7. Skyplot GPS and GLONASS satellites.

with low lying satellites losing signal first. Further, the low satellites re-acquired the signal more quickly, irrespective of the direction to the jammer. The jammer was turned off at a distance of 1300 metres (point D). During the second (E-F) and third (G-H) trial patterns are not visible as G14 rose above  $20^\circ$  and both G10 and G23 are no longer tracked (elevation below  $10^\circ$ ). The high elevation G25 now

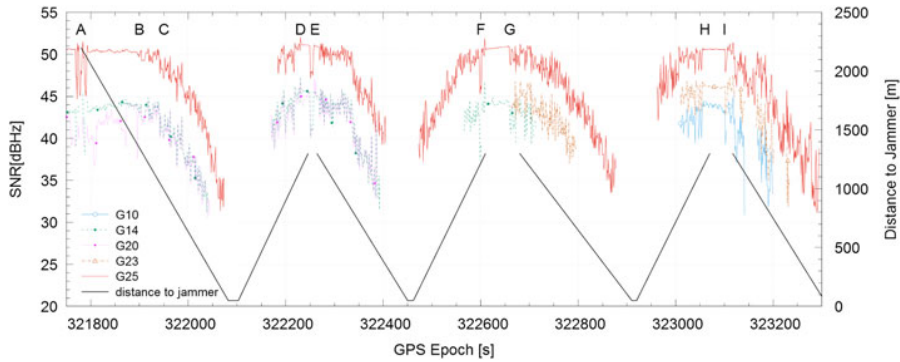


Figure 8. Comparison of SNR for high (G25) and low elevation GPS satellites.

maintains signal for longer and re-acquires it quicker than any other satellite. This might suggest that, in a jamming environment, a noisy signal coming from a low elevation satellite (A-E), is easier to re-acquire than strong signal from high elevation satellite.

Figure 9 shows a similar comparison for the GPS satellite G25 and the GLONASS satellite R10. These are the satellites with the highest elevation ( $65 - 72^\circ$ ) throughout the test and were close to each other in a southern direction as shown in Figure 7.

Both satellites had similar initial SNR values, around 50, with visible fluctuations in SNR when the jammer was turned on. G25 SNR started to drop earlier than R10, with G25 acquisition lost at 31 SNR while R10 acquisition was at 28 SNR (when jammer reached 50 metres). Reacquisition for R19 occurred earlier as well. The pattern was repeated for each of the trials.

Figure 10 compares the SNR values of two low elevation ( $30^\circ$ ) satellites (G04 and R02). Apart from lower starting SNR, the pattern remains the same as Figure 11, indicating that identified behaviour is not a function of satellite elevation.

Throughout the jamming test, GLONASS G1 performed better than GPS L1, both in terms of SNR values and in terms of the later loss of acquisition and earlier reacquisition of the GLONASS satellites. This resilience is most likely due to the GLONASS code being half the length of the GPS one (the narrower front-end passband) and the use of slightly different frequencies by each GLONASS satellite (Vladislav et al., 2013).

The test also showed that during the acquisition phase, the receiver was more susceptible to interference than in the tracking phase, i.e. there is 5–10 dBm difference in the SNR at which the signal is lost and at which the signal is recovered (see Figures 10–12). This applies to both the GPS and GLONASS signals, and it is mainly because the bandwidths of the tracking loops have to be higher during acquisition, as the Doppler shift is not known precisely enough (Bauernfeind et al., 2011). When the receiver is in the tracking phase, the code and the carrier tracking loops are already locked on to the signals. Such conditions make jamming harder, since greater power is required to unlock these loops.

#### 4. MULTI-FREQUENCY AND MULTI-CONSTELLATION POSITIONING ACCURACY. Currently, the majority of maritime receivers are differential GPS

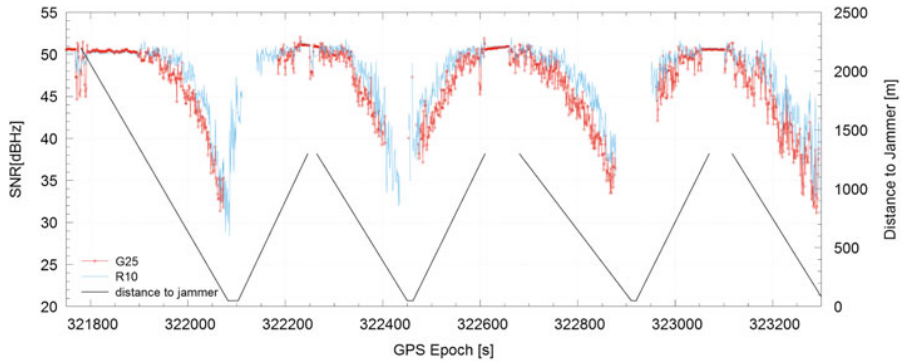


Figure 9. SNR for G25 and R10 (high elevation satellites).

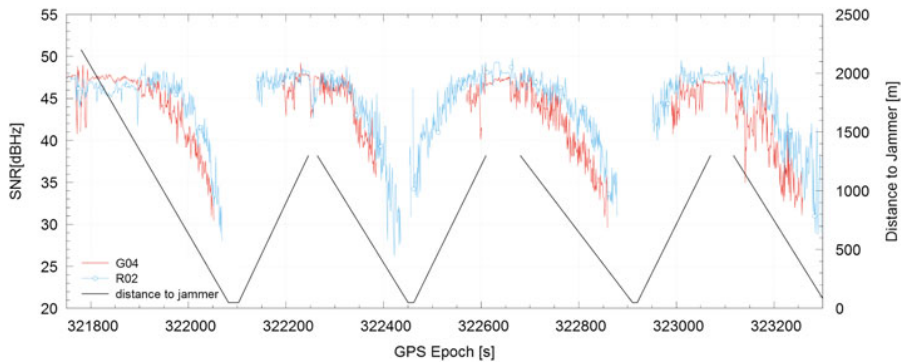


Figure 10. SNR for G04 and R02 (low elevation satellites).

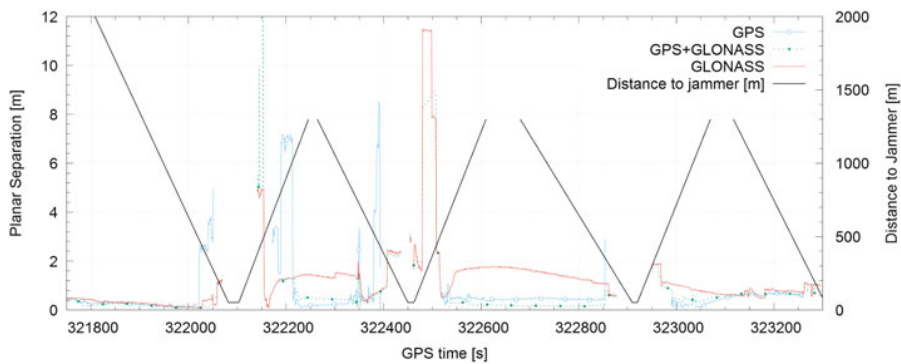


Figure 11. Planar accuracy for currently used single frequency DGPS solutions.

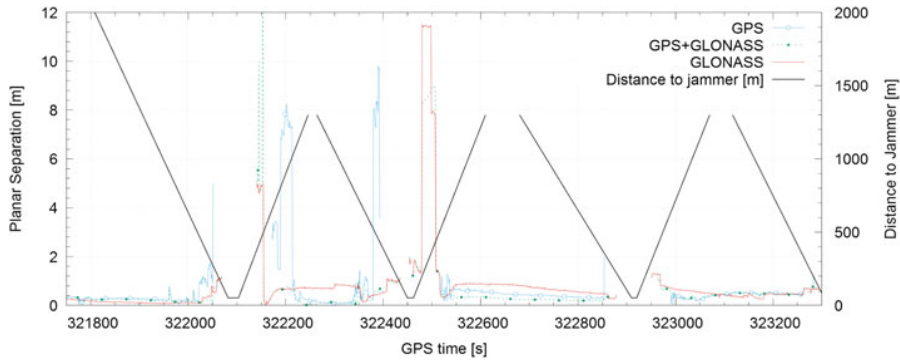


Figure 12. Planar accuracy for DGPS dual frequency solutions.

using L1 frequency. A number of offshore vessels, including support vessels to oil installations, drillships and rigs, needing increased positional accuracy and confidence will utilise differential GPS L1 and GLONASS G1 receivers. All vessels are expected to use Norwegian Coastal Administration differential GPS stations, which currently transmit GPS corrections only. For a full picture we will also demonstrate the GLONASS and GPS + GLONASS DGPS solutions.

Figure 11 demonstrates the jamming effect for the L1 DGPS position used by the vessels. Blue indicates the differential GPS L1 position, red, the differential GLONASS G1 position and green, the combined position. Planar separation is calculated as the difference within the position reported by the static rover, with the mean of the position calculated using the first 15 minutes of non-jammed data.

In the case of GPS, the jamming effect agreed with that found in the pre-trials discussed in previous sections (Figure 5), as well as with the SNR analysis. Interestingly, while the GLONASS G1 signal was available for longer, its accuracy was worse than GPS in the first and second jammer approach (32100-322900 GPS second).

The combined GPS + GLONASS solution outperformed both of the previously described solutions, apart from a single instance (at 322150 s). No single frequency solution is available if SNR falls below the 30dBm threshold (translating to approximately 50 metres distance from the jammer). Both constellations show periods of complete loss of lock when the jammer was within 50 metres from the receiver.

A comparison with a dual frequency differential solution (Figure 12) shows that only the GLONASS accuracy has improved. The GPS results only improve at around 322040 and 323400 s. A combined GPS + GLONASS solution benefits from the improved GLONASS position. Note that according to the following results in Section 3, the maritime receiver is likely to show results inferior to those presented.

Figure 13 shows the Horizontal Dilution Of the Precision (HDOP) values for the trial duration. These are only related to the geometry and the number of visible satellites. The SNR values (shown in Figure 8–10) are based on the correlator performance and can be a good proxy for the relative pseudorange accuracy. While pseudorange accuracy is likely to decrease with jamming, the main reason for positional outage is a rapid loss of satellite signals. Results also demonstrate that the GLONASS satellite signal is more resilient and provides better geometry.



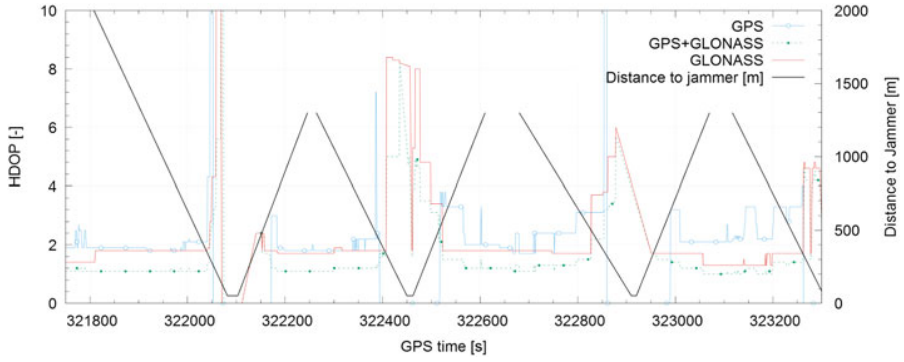


Figure 13. HDOP values for the duration of the trial.

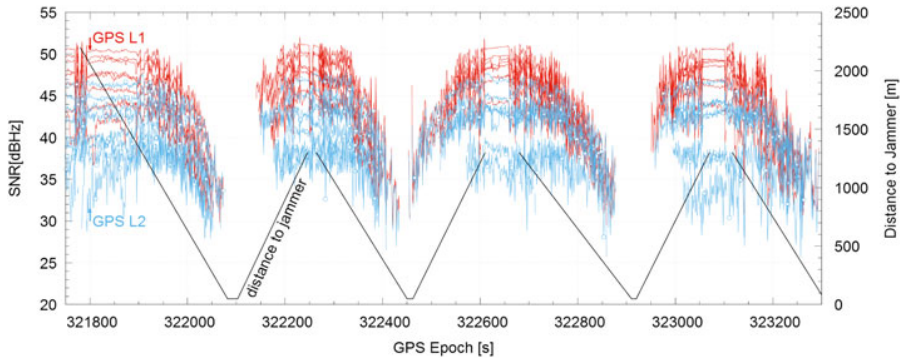


Figure 14. L1 and L2 SNR for all visible GPS satellites.

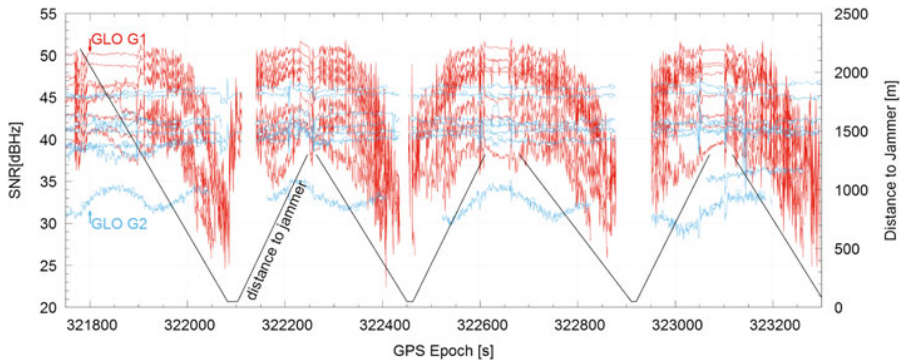


Figure 15. G1 and G2 SNR for GLONASS satellites.

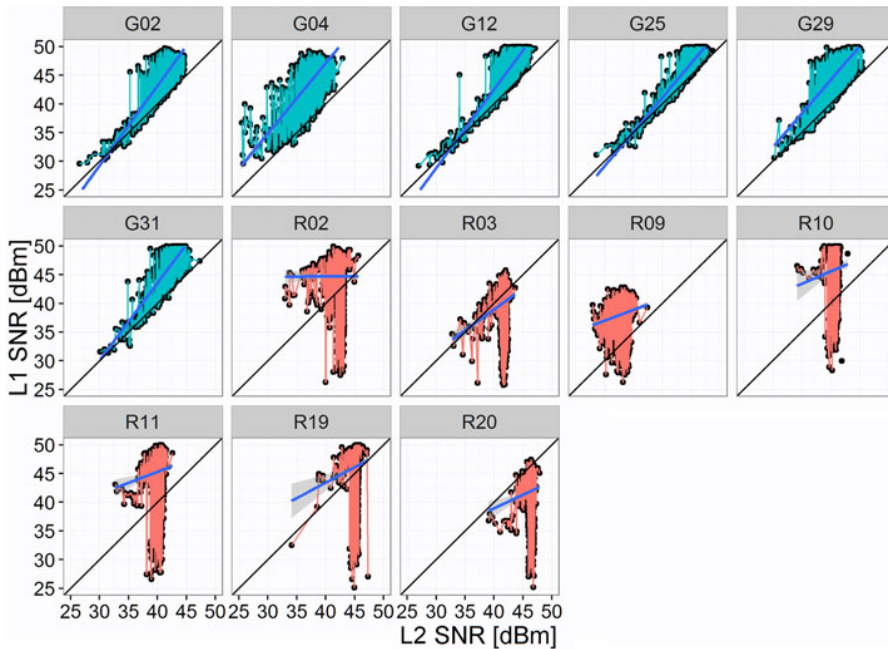


Figure 16. Correlation between L1 and L2 for selected satellites.

5. JAMMER EFFECT ON MULTIPLE FREQUENCIES. While the frequency of the jammer used in the trial overlaps only GPS L1 and GLONASS G1 frequencies (as shown in Figure 1), the dual frequency results in Figure 12 suggest that GPS L2 frequencies are affected by jamming as well. Currently, GPS uses a military only P(Y) code on L2, which is unavailable to civilian users. In order to decode it, a squaring of L1 and L2 signals is used, which leads to 6 dB loss and L2 acquisition dependent on L1 acquisition (Vladislav et al., 2013).

This can be observed in Figure 14 where all of the L1 and L2 SNR patterns look very similar and the loss of lock and reacquisition occurs at the same time, despite the GPS L2 band being 300 MHz lower than the frequency band of the jammer.

In the case of GLONASS, both the G1 and G2 codes are known and can be decoded separately, as indicated by different patterns between G1 and G2 SNR (Figure 15). The wavy pattern on the G2 frequency belongs to the lowest GLONASS satellite (R09, elevation 24 to 10°).

This can be further demonstrated by plotting the correlation between the two frequencies of GPS and GLONASS. To make sure that we only visualised the jamming effect, we limited our analysis to satellites with an elevation above 20°. Figure 16 shows the correlation, with the black line indicating a perfect 1:1 correlation. The blue line visualises the linear fit of each satellite's data.

These results show the difference between GPS and GLONASS, with a visibly stronger correlation between the GPS frequencies. The GLONASS results demonstrate big separations between G1 and G2, indicating a sudden drop of SNR when close to the jammer.

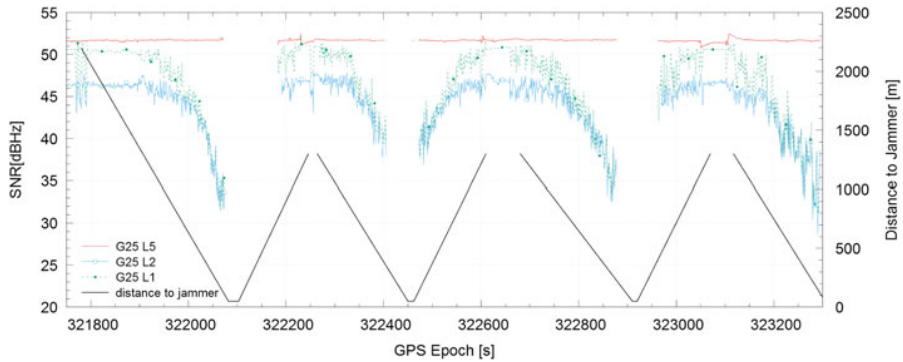


Figure 17. Comparison between L1, L2 and L5 SNR for GPS SV 25.

Currently, the GPS constellation is undergoing modernisation, which includes an additional frequency (L5) and a civilian (open) code on the L2 frequency. Only a limited number of satellites offer this signal now (block IIR-M or younger) and one of them (PRN 25) was visible during the trial. Figure 17 shows the SNR from all frequencies (L1, L2, L5), demonstrating the difference between the L2 and L5 SNR patterns, in all but the duration of the signal gaps. As discussed in Section 5, GLONASS demonstrated later loss of acquisition and an earlier reacquisition.

These results suggest that a multi-frequency GNSS receiver offers additional protection against jamming, as long as its front end is not saturated. Ongoing upgrade to GPS (L2C and L5) is likely to produce improvement here as well.

**6. SUMMARY AND CONCLUSION.** Differential GPS (DGPS) is critical for close to shore navigation in the northern North Sea. This paper has demonstrated that the maritime GPS receivers currently in use are affected even by low power jammers, widely available on the market. Results have shown a detectable jamming effect when 1600 metres away from a jammer and a visible effect on positional accuracy 500–1000 metres away. Observed outages of up to 10 metres (Figures 5, 11 and 12) are very hazardous, considering the narrow nature of the Norwegian straits, which are frequently affected by weather and poor visibility. The modern receiver tested demonstrated stronger resilience, with position reported erroneously (on the few metres level) only briefly before losing the position very close to the jammer (50–100 metres). As the trial was limited to only two receivers, it is not possible to generalise these values, and they should only be considered as an approximation. More in-depth testing is required to better understand these results.

Throughout the experiment, the GLONASS G1 frequency remained more resistant to jamming than GPS L1, though it was more affected by intermittent jamming. This could be due to the narrower front-end pass band of the GLONASS receiver (Vladislav et al., 2013). A combination of both systems demonstrated better positional accuracy and jamming resilience. This has been traced back, not only to the increased number of satellites used, but also to the higher elevation and better coverage of the GLONASS satellites (Figure 13). Combining both systems is definitely advantageous.

The use of dual frequencies showed a very small increase in GPS accuracy while GLONASS visibly benefited. This has been traced to a correlation between the GPS L1 and L2 frequencies. In all cases, the loss of all signals was correlated with loss of the last GPS satellite. This is different from the front end saturation observed by Bauernfeind et al. (2011) as no sudden drop in SNR was present for the GLONASS G2 and GPS L5 frequencies. This might indicate the receiver's hardware overdependence on the GPS signal, but further tests are required for proof of this.

Based on these results, in the case of the updating of maritime receivers, the authors suggest considering an upgrade to a GPS + GLONASS receiver instead of a dual frequency GPS receiver. Should further upgrade be possible, it is worth considering a dual frequency GLONASS update over a GPS one. In this instance it is also possible to detect jamming by comparing G1 and G2 SNR.

The GPS constellation is currently undergoing modernisation, which includes an additional civilian frequency (L5) and an open L2C code on an L2 frequency. Currently, only a limited number of satellites offer these signals (block IIR-M or younger). Data observed during this experiment suggests that use of this modernised signal will offer advantages similar to multi-frequency GLONASS. Further tests are suggested.

#### ACKNOWLEDGEMENT

The Authors wish to thank the Norwegian Coast Guard for their assistance in conducting of the research. The research was sponsored by The Royal Norwegian Naval Academy. The authors would like to thank Dr Jihye Park, as well as reviewers, for their invaluable comments.

#### REFERENCES

- Bauernfeind, R., Kraus, T, Dötterböck, D., and Eisfeller, B. (2011). Car Jammers: Interference Analysis. *GPS World*, October 2011, 28–35.
- Boyes, H.A. (2013). Maritime Cyber Security - Securing the Digital Seaways, *Resilience, Security & Risk in Transport*, Sector Publications, 56–63.
- Borio, D., O'Driscoll, C. and Fortuny, J. (2013). Jammer impact on Galileo and GPS receivers. *International Conference on Localization and GNSS (ICL-GNSS)*, 25–27 June 2013, 1–6.
- CCICADA (Command, Control, and Interoperability Center for Advanced Data Analysis) (2015). Cyber Attacks on Ports and Ships Could be Catastrophic, Symposium Speakers Say. [online] available: [www.ccicada.org/2015/03/10/cyber-attacks-on-ports-and-ships-could-be-catastrophic-symposium-speakers-say/](http://www.ccicada.org/2015/03/10/cyber-attacks-on-ports-and-ships-could-be-catastrophic-symposium-speakers-say/) [20.06.2015]
- DNV (2013). DNV-GL merger: increased safety focus. *Nor-Shipping press conference*, 2013-06-03, [online] available: [www.dnv.com/binaries/DNV%20presentation%20%202013%2006%2003\\_tcm4-552517\\_tcm4-552517.pdf](http://www.dnv.com/binaries/DNV%20presentation%20%202013%2006%2003_tcm4-552517_tcm4-552517.pdf) [retrieved 20.06.2015]
- Glomsvoll, O. (2014). *Jamming of GPS & GLONASS signals - a study of GPS performance in maritime environments under jamming conditions, and benefits of applying GLONASS in Northern areas under such conditions*, Master Thesis, University of Nottingham.
- Grant, A., Williams, P. and Basker, S. (2010). GPS Jamming and its impact on maritime safety. *Port Technology International*, **46**, 39–41.
- Hofmann-Wellenhof, B. (2008). *GNSS—global navigation satellite systems: GPS, GLONASS, Galileo and more*. Wien and New York: Springer.
- Jones, M. (2011): The Civilian Battlefield. Protecting GNSS Receivers from Interference and Jamming. *InsideGNSS* March/April 2011, 40–49.
- Kaplan, E. and Hegarty, C. (2006). *Understanding GPS*. Principles and applications. Norwood, MA: Artech House.

- Kuusniemi, H., Airos, E., Bhuiyan, M. and Kröger, T. (2012). GNSS Jammers: how vulnerable are Consumer grade Satellite Navigation Receivers? *European Journal of Navigation*, **10**(2), 14–21.
- Mitch, R., Dougherty, R., Psiaki, M., Powell, S., O'Hanlon, B., Bhatti, J. and Humphreys, T. (2011). Signal characteristics of Civil GPS Jammers. *Proceedings of ION GNSS 2011*, 20–23.
- Naevestad, T.O., Caspersen, E., Hovi, I.B., Bjoernskau, T. and Steinsland, C. (2014). Ulykkesrisikoen til norskopererte godsskip i norske farvann [The risk of accidents of Norwegian operated ships in Norwegian waters]. *Institute of Transport Economics, Norwegian Centre for Transport Research*, Report no. 1333/2014, [online] available: <https://www.toi.no/getfile.php/Publikasjoner/T%C3%98T%20rapporter/2014/1333-2014/1333-2014-sam.pdf> [retrieved 22.06.2015]
- Niekerk, A. and Combrinck, L. (2012). The use of civilian type GPS receivers by the military and their vulnerability to jamming. *South African Journal of Science*, **108**(5/6), 1–4
- Subirana, J.S., Juan Zornoza, J.M. and Hernandez-Pajares, M. (2011) GNSS signal [Online] Retrieved from: [http://www.navipedia.net/index.php/GNSS\\_signal](http://www.navipedia.net/index.php/GNSS_signal) [retrieved 21.09.14]
- The Norwegian Coastal Administration. (2014). Radio Navigation (DGPS). [online] available: [www.kystverket.no/en/EN\\_Maritime-Services/Reporting-and-Information-Services/Radio-Navigation-DGPS/](http://www.kystverket.no/en/EN_Maritime-Services/Reporting-and-Information-Services/Radio-Navigation-DGPS/) [retrieved 22.06.2015]
- The Norwegian Coastal Administration. (2016). Compulsory pilotage. [online] available: [www.kystverket.no/en/EN\\_Maritime-Services/Pilot-Services/Compulsory-pilotage/](http://www.kystverket.no/en/EN_Maritime-Services/Pilot-Services/Compulsory-pilotage/) [retrieved 01.03.2016]
- Vladislav, V., Demyanov, Y., Yasyukevich, V. and Jin, S. (2013). Effects of Solar Radio Emission and Ionospheric Irregularities on GPS/GLONASS Performance. in: Shuanggen Jin (ed.): *Geodetic Sciences - Observations, Modeling and Applications*. DOI: 10.5772/54568. [Online] Retrieved from: [www.intechopen.com/books/geodetic-sciences-observations-modeling-and-applications/effects-of-solar-radio-emission-and-ionospheric-irregularities-on-gps-GLONASS-performance](http://www.intechopen.com/books/geodetic-sciences-observations-modeling-and-applications/effects-of-solar-radio-emission-and-ionospheric-irregularities-on-gps-GLONASS-performance) [retrieved 21.09.14]
- Volpe, J. (2001). *Vulnerability assessment of the transportation infrastructure relying on the global positioning system*. National Transportation Systems Center, Final report.



---

# DEL 5

## Informasjon fra Navkomp

---





GRADERT

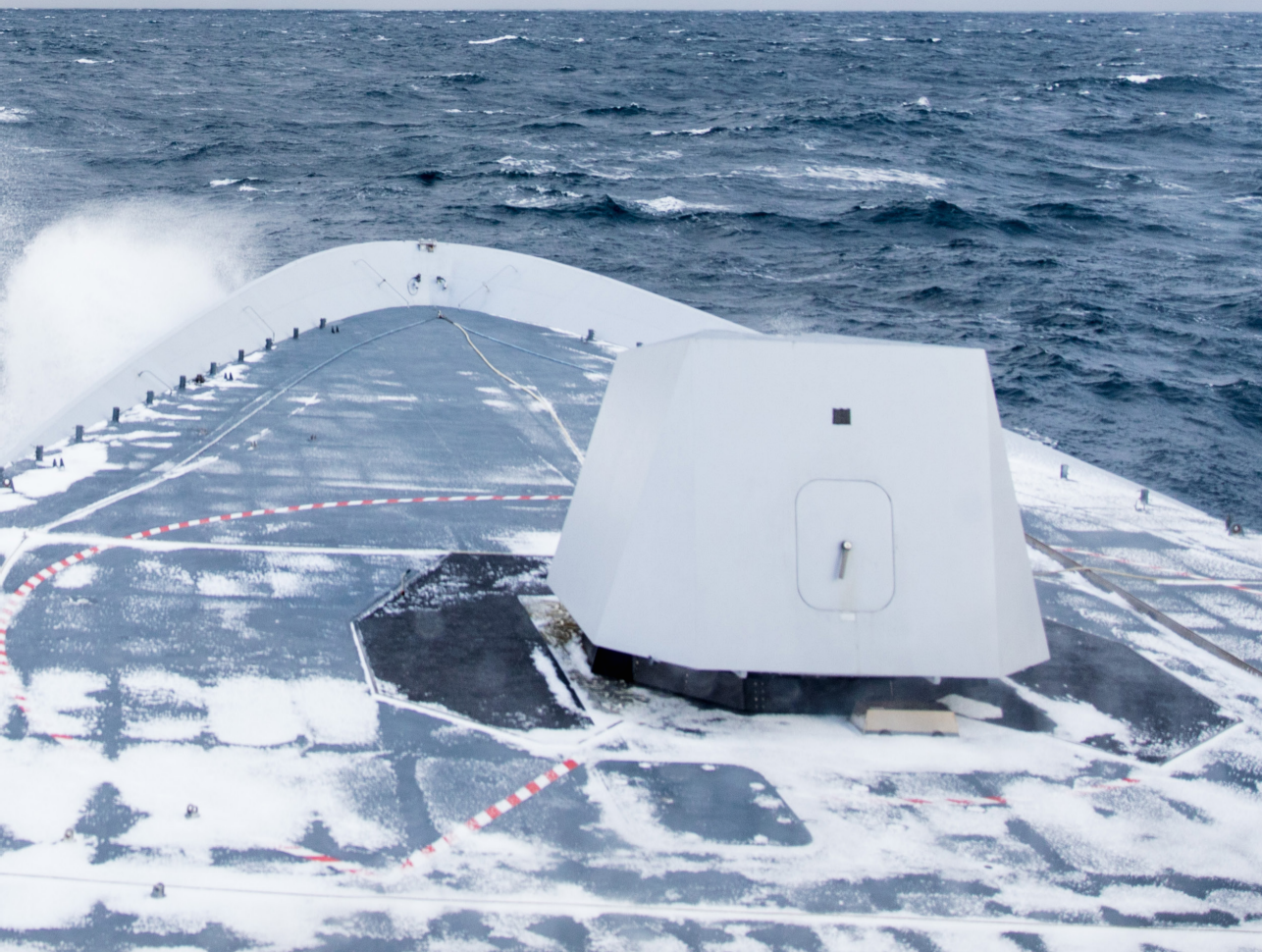


Sjøforsvarets Navigasjonskompetansesenter inviterer til

# NAVIGASJONSKONFERANSE

## TEMA: MARITIME CYBER SECURITY

7. desember 2017







# “Navigare necesse est, vivere non necesse”

Roar Espevik

Evidently, a quotation from Pompey(56bc), who used it to urge his sailors on when they refused to set sail on a stormy sea, to bring grain from Africa to a starving Rome. A task familiar to every navy officer, thus duty to the society when the situation demands it is more vital than own survival. It means, literally, “It is necessary to sail, it is not necessary to live.” Meaning, it is necessary to set off, even if you are not at all sure that you are ever going to arrive.

And it is more “Necesse” than ever that we set sail within the academic world. Thus our picture on the front page, the possible monster, Nessie of Loch Ness symbols our quest for knowledge within the Sea Military domain. What is truth and with what kind of certainty can we claim to know the truth, being a monster or Naval warfare. It is an ongoing process that makes us wiser but not certain. The Royal Norwegian Naval Academy dates back 200 years and our intention is to put our competence or sometimes even lack of it into the open for arguments. This is a three folded wish; to invite to debate/reflection and/or present competent arguments and/or publish knowledge gained through peer reviewed research. In short we have a deep desire to launch through “Necesse” our latest academic thoughts, research and efforts concerning anything that is important to a Navy officer. “Necesse” will entail, scientific articles, being especially brilliant bachelor papers written by cadets or works of scholars within own Academy or others writing within the navy officer sphere.



ISBN 978-82-93550-09-9