



Sjøkrigsskolen

Bacheloroppgave

Augmented Reality og Head Mounted Display

Navigatørens Verktøy i en Teknologisk Fremtid

av

Mats Kristian Mollandsøy

Peter Heistad Pedersen

Fen/OM/Sjøforsvaret

Levert som en del av krav til graden:

BACHELOR I MILITÆRE STUDIER MED FORDYPNING I NAUTIKK

Veileder: KL Odd Sveinung Hareide

Avdelingsleder: OK Cato Rasmussen

Innlevert: Mai 2017

Godkjent for offentlig publisering

Publiseringsavtale

En avtale om elektronisk publisering av bachelor/prosjektoppgave

Kadettene har opphavsrett til oppgaven, inkludert rettighetene til å publisere den.

Alle oppgaver som oppfyller kravene til publisering vil bli registrert og publisert i Bibsys Brage når kadettene har godkjent publisering.

Oppgaver som er graderte eller begrenset av en inngått avtale vil ikke bli publisert.

Vi gir herved Sjøkrigsskolen rett til å gjøre denne oppgaven tilgjengelig elektronisk, gratis og uten kostnader	<input checked="" type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nei
Finnes det en avtale om forsinket eller kun intern publisering?	<input type="checkbox"/> Ja	<input checked="" type="checkbox"/> Nei
Hvis ja: kan oppgaven publiseres elektronisk når embargoperioden utløper?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nei

Plagiaterklæring

Vi bekrefter herved formelt at vi har skrevet denne oppgaven selvstendig. Vi har ikke nyttet annen hjelp enn det som er beskrevet i oppgaven.

Vi har tydelig markert og listet all litteratur og andre kilder vi har nyttet for å produsere oppgaven.

Vi er klar over at brudd på dette vil føre til avvisning av oppgaven.

Dato: 29-05-2017

Mats Kristian Mollandsøy
Kadett navn

Kadett, signatur

Peter Heistad Pedersen
Kadett navn

Kadett, signatur

Forord

Temaet for denne bacheloroppgaven er «Augmented Reality og Head Mounted Display innen navigasjon». Bakgrunnen for at vi valgte dette temaet i desember 2016 var at det vekket stor interesse i oss begge, da vi ser på det som et mulig fremtidig verktøy for navigasjon. Oppgaven er først og fremst skrevet for operative i Korvettvåpenet. Den er imidlertid også svært relevant for operative i resten av Sjøforsvaret da enkelte av oppgavens deler også kan implementeres i samtlige av marinens våpen.

Oppgaver som denne kan ikke være foruten en takk til de som har hjulpet oss på veien. Først vil vi takke veilederen vår KL Odd Sveinung Hareide, som har fulgt oss gjennom dette semesteret og kommet med gode og konstruktive tilbakemeldinger til oppgaven. Deretter vil vi takke samtlige vaksjefer i Korvettvåpenet som har tatt seg tid i en travel hverdag til å la seg intervju i forbindelse med oppgaven. Videre vil vi også takke biblioteket på Sjøkrigsskolen for god og rask hjelp i forbindelse med kildesøk og innhenting av litteratur. Avslutningsvis vil vi takke familiene våre som har bistått oss med idémyldring, korrektur og veiledning gjennom semesteret.

Til deg som leser håper vi du setter pris på oppgaven, og at den kan bidra til å øke kunnskapsnivået omkring et så spennende og innovativt tema.

Bergen, Sjøkrigsskolen, 29-05-2017

Mats Kristian Mollandsøy

Peter Heistad Pedersen

Oppgaveformulering

Finn ut og legg frem en måte Augmented Reality og Head Mounted Display kan være med på å forbedre navigasjonssikkerheten i Korvettvåpenet.

Problemstilling - «Hvordan kan Augmented Reality og Head Mounted Display brukes for å gjøre seilassen sikrere og gi navigatøren bedre situasjonsforståelse?»

Sammendrag

Verden blir stadig mer teknologisk, automatisert og simplifisert. Dette gjelder også innenfor marinen hvor det innenfor de siste 20 årene har vært store endringer i navigasjonsfaget, både teoretisk og praktisk. De nye teknologiske navigasjonshjelpemidlene som Electronic Chart Display and Information System (ECDIS) og radar har gjort navigasjon enklere og mer effektivt. Med ethvert teknologisk hjelpemiddel medfølger det imidlertid også svakheter som vil påvirke brukeren, som i vårt tilfelle vil være navigatøren. Dette kan godt illustreres gjennom et forskningsprosjekt i Forsvaret hvor det fremgår at navigatører om bord på Skjold-klasse korvetter bruker 65% av tiden sin på å se ut av vinduet, mens det under normale siktforhold er anbefalt med 80% (Hareide og Ostnes, 2017).

Hensikten med denne oppgaven er derfor å belyse en av fremtidens teknologiske muligheter innen navigasjon, som er Augmented Reality (AR) og Head Mounted Display (HMD). I oppgaven tar vi for oss problemstillingen «Hvordan kan Augmented Reality og Head Mounted Display brukes for å gjøre seilasen sikrere og gi navigatøren bedre situasjonsforståelsen?»

Ved bruk av Head Mounted Display er tanken vår at navigatøren skal kunne øke fokuset ut av vinduene, herunder å nå anbefalt nivå på minimum 80 %. Dette gjøres ved at all kritisk informasjon som heading, fart og neste tårn blir projisert inn i et glass på en brille som navigatøren har på hodet. Brillen er lett og sitter godt på hodet til navigatøren, slik at det ikke er fare for at de faller av underveis. Systemet skal også kunne fremheve og vise farer langs leggene man seiler. Dette kan gjøres ved at man får illustrert en linje i brillen som viser slaggrunnslinjen, grunner og skvalpeskjær.

Ved bruk av HMD er konklusjonen vår at Skjold-klassens sikkerhet vil bli forbedret, samtidig som seilingen vil bli mer effektiv og hurtig. Med tanke på hvor raskt Korvettvåpenet seiler innaskjærs enkelte steder, vil Augmented Reality og Head Mounted Display gjøre det enklere for navigatøren å holde styr på alle farene samt hjelpe til med å trasere farvannet på en mest mulig effektiv måte. En annen konklusjon er at systemet vil være mer effektivt ved at navigatøren kan ta hurtigere og mer nøyaktige peilinger med et siktekors som flytter seg dit navigatøren ser. Dersom navigatøren skal bruke en lykt som peilingsobjekt trenger navigatøren kun å se på lykten, oppdatere for så å la brillen og systemet gjøre resten av jobben.

Denne oppgaven konkluderer da med at vi trenger et system som innehar de kvalifikasjonene og egenskapene som vi har skissert. Det bør derfor forskes videre på hvordan man kan implementere og integrere et slikt system om bord, for å gjøre navigasjonen så effektiv og sikker som mulig.

Innholdsfortegnelse

Figurer	9
Tabeller	10
Formler	11
Forkortelser	12
1 Innledning	14
1.1 Begrensninger	15
1.2 Metode	15
1.3 Struktur	15
2 Del 1: Teori	16
2.1 Augmented Reality	16
2.2 Head Mounted Display	16
2.3 Situational Awareness	17
2.4 Multipath	17
2.5 Kalman-filter	17
2.6 Dead Reckoning	17
2.7 Metoder å projisere informasjon	18
2.7.1 Optisk kombinasjon	18
2.7.2 Video kombinasjon	19
2.8 HMD/AR systemer i andre industrier	19
2.8.1 Flyindustrien	20
2.8.2 Bilindustri	21
2.9 Microsoft Hololens	22
2.10 Pupil Labs Hololens binocular add-on og eye tracking	24
2.11 Rochester Optical Hololens Frame Insert	26
2.12 Farger	26
2.13 Lys	30
2.14 Skolemodell av hva navigatøren trenger	32
2.15 IMO krav om ECDIS og forskning på AR og HMD i maritim bruk	34
3 Del 2: Intervju	36
3.1 Hva vaksjefer på Skjold mener	37
4 Drøfting: Hvordan systemet vil se ut	40
4.1 Forskning og plassering av informasjon	40

4.2	Nattproblematikk, lys og farger	41
4.3	HMD og AR gir situasjonsforståelse	45
4.4	FLIR og skrogmonterte kameraer	45
4.5	Grafisk brukergrensesnitt	47
4.6	Brukergrensesnittet under seilas	49
4.7	Brukergrensesnittet i tørt	51
4.8	Radar og nattseilas	52
4.9	Design og størrelse på Hololens	53
4.10	Utfordringer	55
5	Konklusjon med anbefaling	57
6	Videre arbeid	60
1	Bibliografi	61
6.1	Litteratur	61
6.2	Internett	63
6.3	Figurer	67
6.4	Foredrag	69
6.5	Regjeringsdokumenter	69
2	Vedlegg	70

Figurer

Figur 2.1: De seks frihetsgradene (Snyder, 2016).....	16
Figur 2.2: Illustrasjon av optisk kombinator (Azuma 1997, 11).....	18
Figur 2.3: Illustrasjon av videokombinator (Azuma 1997, 11).....	19
Figur 2.4: Illustrasjon av HMD systemet og DAS i F-35 Lightning II (Templeton, 2015)	20
Figur 2.5: F-35 pilothjelm (Templeton, 2015)	21
Figur 2.6: Illustrasjon av Continentals AR HUD (Continental, 2014).....	22
Figur 2.7: Hololens fra siden (Microsoft, 2017)	22
Figur 2.8: Hololens optiske kombinator med projektor (Microsoft, 2017).....	23
Figur 2.9: Illustrasjonsbilde av et brukergrensesnitt sett gjennom Microsoft Hololens (Charara, 2017).....	23
Figur 2.10: Eksempel på hvordan et eye tracking system fungerer (Tobii, 2017).....	25
Figur 2.11: Pupil Labs Hololens Binocular add-on (Pupil Labs, 2017).....	25
Figur 2.12: Illustrasjon av Rochester Optical Hololens Frame Insert (Rochester Optical, 2016).....	26
Figur 2.13: Det elektromagnetiske fargespekteret (NASA, 2017).....	27
Figur 2.14: Lyssensitivitet (The Physics Classroom, 2016).....	28
Figur 2.15: Lyssensitiviteten til staver og tapper (Kaiser, 2005)	28
Figur 2.16: Illustrasjon av CIE 1931 kromatiske fargedigram med parameterne X og Y (Nave, 2012)	29
Figur 2.17: Illustrasjon av forskjellige luminanser og visuelle «moduser», målt i Candela (Green, 2013).....	31
Figur 2.18: De fire fasene i navigasjon (Brandal og Hareide, 2017)	32
Figur 2.19: Route Monitor vinduet i ECDIS (Hareide, Ostnes og Mjelde, 2016)	33
Figur 2.20: Illustrasjonsbilde av ett maritimt HMD system (De Vlaming, Verhoef, Meijer og Kuipers, 2013)	35
Figur 4.1: Fokuskartet viser hvor navigatøren ser i løpet av ett seilas og den ideelle plasseringen av HMD informasjon (redigert bilde fra Hareide og Ostnes, 2017).....	41
Figur 4.2: Oversikt over hvor kameraene vil bli montert på utsiden av broen (redigert bilde fra Forsvarets mediearkiv).....	46
Figur 4.3: Illustrasjon av plasseringen av informasjonen i brukergrensesnittet. Merk: Røde bokser med svart tekst er kun for å beskrive den individuelle funksjonen og vil ikke være en del av grensesnittet.....	47
Figur 4.4: Illustrasjonsbilde av brukergrensesnittet under seilas med safety depth på (magenta fargede streker), lykt med grønn lyktesektor (grønn firkant), to jernsøyler (gule firkanter) og et kryssende fartøy vist med CPA og TCPA (kan fjernes av navigatøren)	50
Figur 4.5: Kursmarkør og nedtellingsindikator dukker opp ved en forhåndsprogrammert tid/distanse før tårn.....	51
Figur 4.6: Illustrasjonsbilde fra Skjold-simulatoren som viser brukergrensesnittet i tårn ved nattseilas	53
Figur 4.7: Microsoft Hololens sett fra siden (Viswav, 2016).....	54

Tabeller

Tabell 1: Lysstyrke fra ulike kilder	30
Tabell 2: Farger på dagseilas og nattseilas	44

Formler

<i>Formel 2.1</i>	31
<i>Formel 4.1</i>	42

Forkortelser

AR	Augmented Reality
CPA/TCPA	Closest Point of Approach, Time to CPA
DAS	Distributed Aperture System
CIE	Commission Internationale l'Eclairage
CD	Candela
CD/M ²	Candela per kvadratmeter
ECDIS	Electronic Chart Display System
EM LOGG	Elektromagnetisk logg
FIAC	Fast Inshore Attack Craft
FLIR	Forward Looking Infrared
FOV	Field Of View
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
GUI	Graphical User Interface
HMD	Head Mounted Display
HPU	Holographic Processing Unit
HUD	Heads-Up Display
IHO	International Hydrographic Organization
IMO	International Maritime Organization
KN	Knop
LM	Lumen
LX	Lux
M-AR	Maritim Augmented Reality
NM	Nanometer

NM	Nautiske mil
OBD	Optical Bearing Device
PCCR	Pupil Center Corneal Reflection
SA	Situational Awareness
VR	Virtual Reality
W	Watt
WOP	Wheel Over Point
WP	Waypoint
XTD	Cross-Track Limit

1 Innledning

Jobben til en navigatør er krevende, da navigatøren er forpliktet til å seile fartøyet trygt fra A til B slik at sikkerheten til alle om bord ivaretas. Navigatøren skal orientere teamet på bro om hva som foregår til enhver tid og hvilke planer og intensjoner han har fremover i seilasen. Navigatøren skal også motta informasjon fra flere forskjellige systemer og prosessere alt slik at han kan navigere sikkert. Det er mange faktorer som kan være med på å ta vekk fokuset fra navigasjonen og hva som foregår utenfor vinduene. Radar, ECDIS, logg, kurs og hastighet er bare noen av de få komponentene på bro navigatøren må følge med på, og som kan bidra til å fjerne fokuset fra vinduet og det som skjer rundt fartøyet.

I en undersøkelse gjort av Forsvaret kan vi se at fokuset til navigatøren om bord på Skjoldklassen er spredt mellom alle brosystemene. Denne undersøkelsen viste at kun 65% av fokuset var ut vinduene mens det under normale seilingsforhold burde være 80% (Hareide og Ostnes, 2017). I US Navy viser statistikk at 8% av alle ulykker siden 1980 har vært navigasjonsrelatert, med skadeomfang på 500 000\$ og over (Brendan, 2015).

På bro i dag har vi mange forskjellige systemer som er og skal være med på å gjøre navigeringen enklere og tryggere. Måten informasjonen presenteres på gjør det imidlertid slik at navigatøren må se vekk fra vinduet og ned i skjermer. Dette kan sammenlignes med bruk av Global Position System (GPS) under bilkjøring, hvilket ikke er særlig trafiksikkert dersom GPS enheten ligger i fanget til sjåføren, fremfor at den festes på bilruten.

Navigatøren har altså systemene og informasjonen som han trenger for å navigere sikkert, men utfordringen på nåværende tidspunkt ligger i presentasjonen av informasjonen. Augmented Reality som et hjelpemiddel har vært brukt i kampfly siden 1980-tallet, men har ikke vært særlig fremtredende innenfor maritim navigasjon. Vår tanke er at Augmented Reality kan være hjelpemiddelet som navigatøren trenger for å presentere informasjonen på bro på en bedre og sikker måte. Dette er bakgrunnen for oppgavens tema som er «Hvordan kan Augmented Reality og Head Mounted Display brukes for å gjøre seilasen sikrere og gi navigatøren bedre situasjonsforståelse?».

1.1 Begrensninger

Vi vil i all hovedsak kun ta for oss Skjold-klassen og hvordan Augmented Reality og Head Mounted Display kan brukes om bord med tanke på hurtigbåtnavigasjon. Oppgaven vil bli bygget opp og skrevet slik at den vil være høyst relevant for alle fartøystyper, men enkelte avvik kan forekomme da noen av disse kan ha andre behov enn Skjold.

Oppgaven vil fokusere på det grafiske brukergrensesnittet (Graphical User Interface, GUI), dette for å se på hva navigatøren faktisk har behov for å se og hva en fremtidig løsning kan være for Skjold-klassen og eventuelle andre fartøyer i marinen. Vi kommer ikke til å ta for oss det tekniske med hvordan systemet er bygget, hvordan det skal kobles opp og/ eller integreres med andre sensorer da vi besitter begrenset teknisk innsikt.

1.2 Metode

Oppgaven er basert på en kvalitativ forskningsmetode og en litteraturstudie. Del 1 består av litteraturstudien som vil være grunnlaget for oppgaven. Del 2 er den kvalitative forskningsmetoden som omfatter intervjuer med vaksjefer om bord på Skjold-klassen. Utfyllende om intervjuets oppbygging kommer i kapittel 3. Synspunktene til intervjuobjektene, forskningen og skolemodellen vil være utgangspunkt for drøftingen og hvordan vi skal besvare problemstillingen.

1.3 Struktur

Oppgaven er bygget opp slik at kapittel 1 konsentrerer seg om begrensninger og metode, kapittel 2 tar for seg litteraturstudien for oppgaven, mens kapittel 3 omhandler den kvalitative undersøkelsen. I kapittel 4 redegjøres det nærmere om hvordan systemet vil se ut i praksis, mens kapittel 5 og 6 konstaterer oppgavens konklusjon og videre arbeid.

2 Del 1: Teori

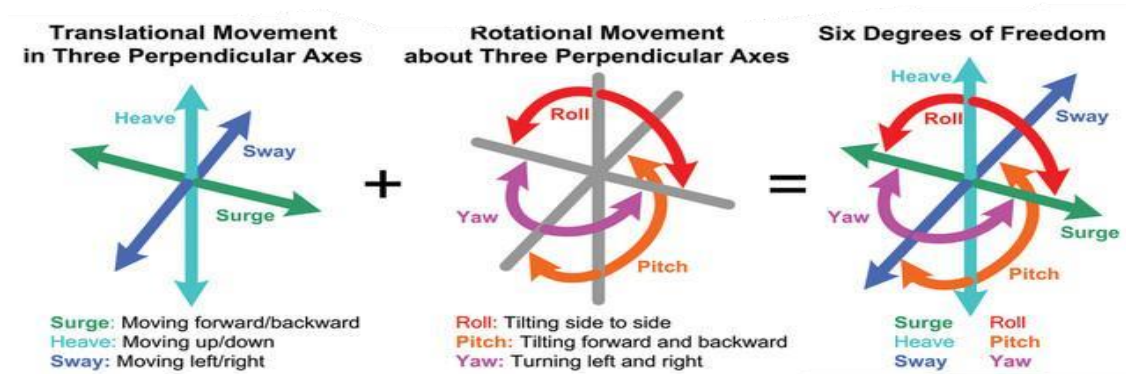
I denne delen av oppgaven vil relevant teori bli lagt frem. Enkelte delkapitler redegjøres for i større grad da dette er temaer som trenger mer utdypning for å få forståelse av.

2.1 Augmented Reality

Augmented Reality (AR) er en direkte eller indirekte live visning av den fysiske verden, hvor man har utvidet eller supplert med datagenerert video, grafikk og lyd. Denne informasjonen fremstilles ved hjelp av programmerbart headset, monitorer eller spesiallagde visirer (Azuma, 1997). AR må ikke forveksles med Virtual Reality (VR) som i motsetning til AR erstatter den virkelige verden med en simulert verden.

2.2 Head Mounted Display

Head Mounted Display (HMD) er en skjermenhet som er festet til hodet/pannen og fungerer som et sett med briller eller en hjelm. HMD blander bilder fra den fysiske verden og den virtuelle for å gi brukeren den informasjonen han har behov for. Moderne HMD systemer benytter sensorer for seks frihetsgrader (Figur 2.1) slik at systemet kan justere virtuell informasjon til den fysiske verden og justerer dette etter brukerens hodebevegelser. Om vi skal kunne benytte AR og HMD i navigasjon vil dette være en faktor som påvirkes dobbelt opp, både fra brukers hodebevegelser og skipets bevegelse på sjøen (Thompson, 2005).



Figur 2.1: De seks frihetsgradene (Snyder, 2016)

2.3 Situational Awareness

Situational awareness (SA) eller situasjonsforståelse beskrives av Mica Endsley som «*the perception of the elements in the environment within a volume of time and space, comprehension of their meaning and the projection of their status in the near future*» (Endsley, 1988). Dette kan enklere beskrives som å være årvåken og bevisst på hva som foregår rundt en. Ved å besvare fire enkle spørsmål – hva skjedde, hvor er vi, hva skjer og hva kan skje? beskriver Endsley hvordan man kan oppnå SA.

Innen navigasjon er spørsmålet hvor mye informasjon navigatøren klarer å prosessere og hvordan best fremvise informasjonen.

2.4 Multipath

Et skip har mange antenner, overbygg, master og lignende som gjør at signalet blir reflektert før det treffer mottageren. Dette kalles multipath og gjør at GNSS mottageren får feil posisjon på grunn av sendetidspunkt og mottagertidspunktet blir lengre enn hva det egentlig er. Multipath kan også forekomme i trange sund hvor det er store fjell i nærheten eller hvis man har en liten båt som seiler forbi et stort skip. (Novatel, 2017).

2.5 Kalman-filter

Et Kalman-filter er et filter som brukes i et dynamisk system hvor systemet er i konstant, dynamisk endring og man må gjøre en kvalifisert antagelse (Cipra, 1993). Kalman-filteret bruker alle tilgjengelige sensorer og en matematisk modell over fartøyet for å regne seg frem til posisjonen til fartøyet. Ved at systemet kjenner til den nåværende tilstanden og dens usikkerhet, kan Kalman-filteret predikere den neste posisjonen til systemet (Cipra, 1993).

2.6 Dead Reckoning

Ved å bruke GNSS systemer til å fastslå posisjonen, hender det at posisjonen blir dårlig eller at man mister signalet helt på grunn av multipath eller andre forstyrrelser. I en militær setting kan dette være at noen jammer signalet slik at GNSS signalet forsvinner. For å overvinne slike utfordringer, går systemet over til «Dead Reckoning» eller «dødreking» (DR). Dead

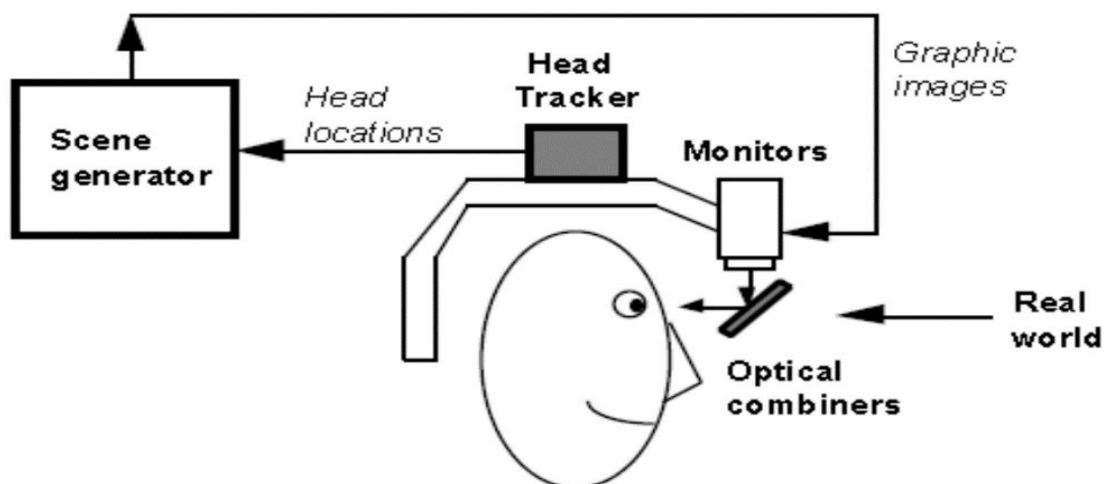
Reckoning er at systemet kalkulerer posisjonen ut ifra de andre sensorene som er tilgjengelig (blant annet gyro, akselerometer og fartslogg). Dataene fra sensorene blir dermed satt inn i et Kalman-filter for å få en endelig posisjon. Kalman-filteret klarer ikke alltid krappe tårn eller hurtig akselerering, slik at systemet trenger manuelle peilinger for å være oppdatert. Ved å bruke Dead Reckoning vil systemet fortsatt kunne plote posisjonen med god treffsikkerhet uten GNSS-signal (Bhattacharjee,2017).

2.7 Metoder å projisere informasjon

Det finnes to metoder å projisere informasjon i HMD. Metodene går ut på hvordan systemet kombinerer den virkelige verden med den syntetiske, enten via optiske- eller videosystemer. Begge typene har sine fordeler og ulemper.

2.7.1 Optisk kombinasjon

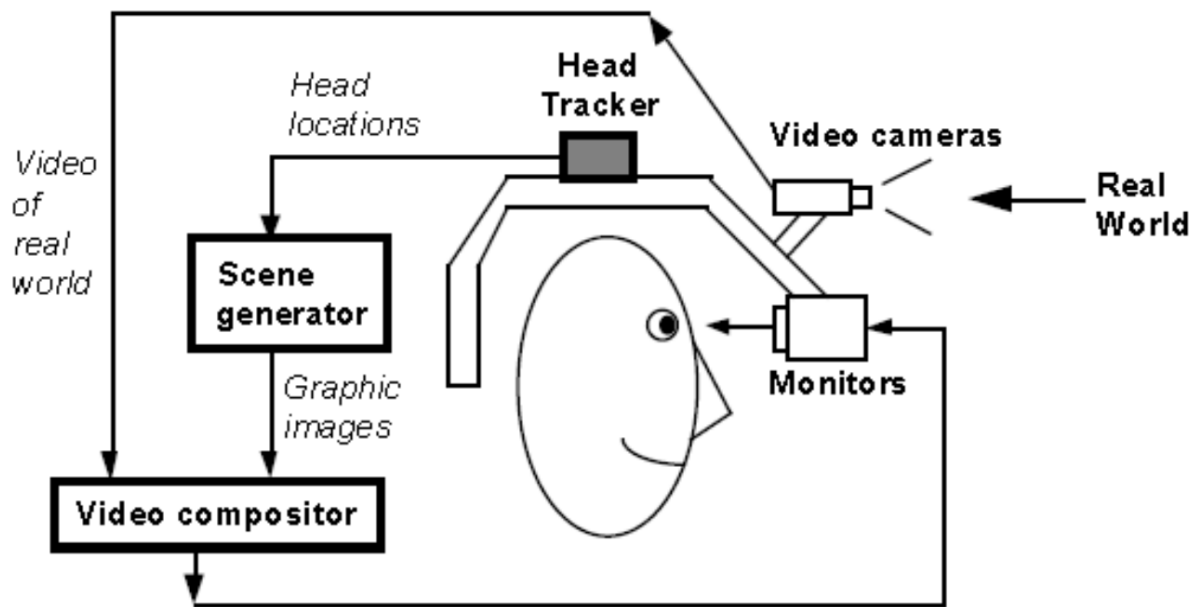
Den første måten å projisere informasjon er å plassere optiske kombinatorer fremfor øynene til brukeren. Disse er transmissive slik at brukeren kan se gjennom og ut i den virkelige verdenen. Glasset er også delvis reflekterende slik at brukeren ser virtuelle bilder på glasset (Azuma 1997,10). Et eksempel på slik presentering er Microsoft Hololens som står utfyllende om i kapittel 2.9.



Figur 2.2: Illustrasjon av optisk kombinator (Azuma 1997, 11)

2.7.2 Video kombinasjon

Den andre måten å presentere informasjonen er video kombinasjon (se Figur 2.3). I stedet for å se gjennom et gjennomsiktig glass eller visir, ser brukeren direkte inn i en dataskjerm. Ved hjelp av et kamera, blir informasjonen fra utsiden presentert inne i brillen (Azuma 1997,11). Et eksempel på slik presentasjon er Oculus Rift.



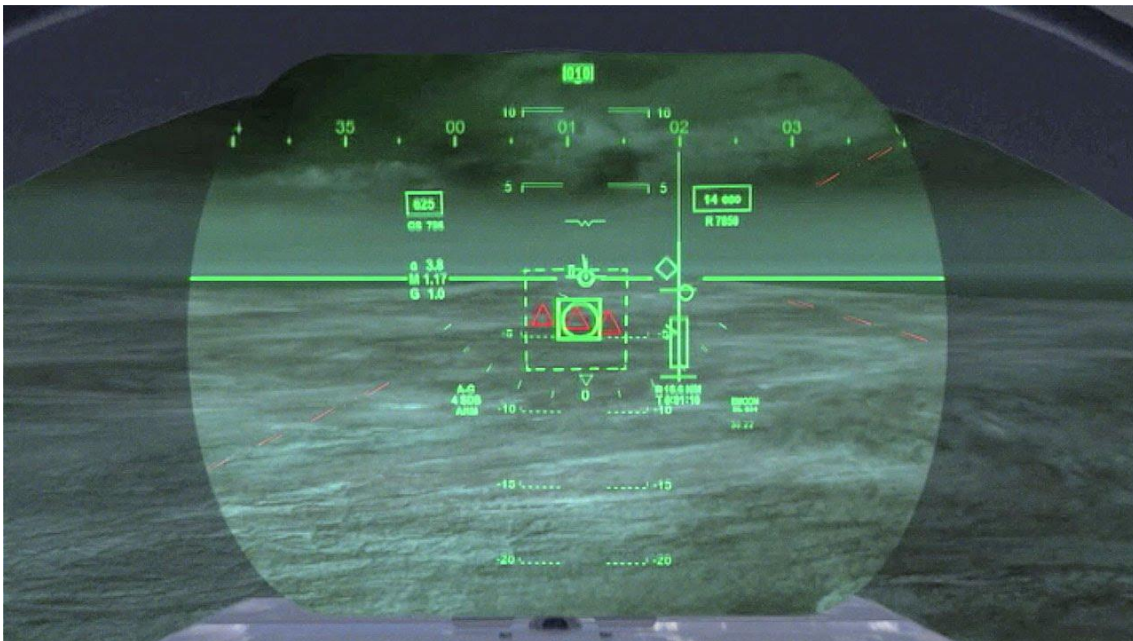
Figur 2.3: Illustrasjon av videokombinator (Azuma 1997, 11)

2.8 HMD/AR systemer i andre industrier

I dagens samfunn er det mange brukere av HMD og AR, blant annet innen fly og bilindustrien. I flyindustrien er det spesielt jagerfly som har brukt HMD de siste tiårene, hvor de får vist blant annet lufthastighet, måldata, høyde, våpenstatus på visiret i hjelmen eller i vinduet. Slike systemer brukes både i sivil og militær luftfart, men det er i militær luftfart at de har kommet lengst innen både bruk og forskning på AR og HMD (IFHQ, 2016). I de påfølgende avsnittene vil gjøres nærmere rede for de ulike typene HMD og AR som er på markedet i dag, herunder innenfor flyindustrien og bil- og forbrukermarkedet.

2.8.1 Flyindustrien

Lockheed Martins F-35 Lightning II er den flytypen som har kommet lengst i utviklingen av HMD systemer. Systemet er der bygget opp med en optisk kombinator, hvor piloten kan se gjennom visiret samtidig som han får opp informasjon og bilder på visiret. Det revolusjonerende med HMD-systemet til F-35 er at de bruker et system kalt «Distributed Aperture System» (DAS) til å livestreame bilder fra 6 infrarøde kameraer på utsiden av flyskroget til visiret til piloten. Dette gjør at piloten kan se «gjennom» flykroppen og får dermed et 360 bilde av alt rundt seg, som igjen gir piloten bedre SA.



Figur 2.4: Illustrasjon av HMD systemet og DAS i F-35 Lightning II (Templeton, 2015)

Systemet til F-35 har også innebygget nattoptikk, slik at piloten slipper å ha ekstra briller om natten. Dette gjør overgangen mellom dag og natt mer dynamisk. Systemet har også integrert et «eye tracking system» (se kapittel 2.10 for utfyllende om eye tracking) som vet hvor piloten ser, hvilket gjør at piloten kan bruke øynene som siktemiddel (Rockwell Collins, 2014).

Et minus med den nye hjelmen til F-35, er såkalt «green glow». Dette er at piloten blir distraheret av «ambient lighting» fra displayet, noe som gjør at piloten får en følelse av at han ser

gjennom et skittent vindu. Dette er farlig da piloten ikke kan se lys fra for eksempel hangarskip om natten slik at det blir ekstremt vanskelig å lande når det er mørkt. Et slikt problem er viktig å adressere da navigatørene i marinen primært navigerer etter lykter og lys langs land. Navigatøren må ikke risikere å bli distraheret eller forhindret fra å se disse grunnet «green glow» (Seck, 2016).



Figur 2.5: F-35 pilothjelm (Templeton, 2015)

2.8.2 Bilindustri

Innen bilindustrien har man ikke kommet like langt som på F-35, men her har selvsagt ikke den gjennomsnittlige sjåføren det samme behovet for informasjon som en jagerflypilot. Et av systemene som er på markedet i dag er Continentals AR HUD system (Continental, 2014). Her vises eksempelvis informasjon som fart, drivstoff, hvor man skal svinge og «lineassist» i frontruten. «Lineassist» er at systemet passer på at bilen ikke kjører over stripene i veien. Ved å bruke dette systemet blir tiden sjåføren ser ned minimert og han kan konsentrere seg mer om selve bilkjøringen. Systemet fungerer som en optisk kombinator for å projisere informasjonen til frontruten istedenfor til et visir som for F-35.



Figur 2.6: Illustrasjon av Continentals AR HUD (Continental, 2014)

2.9 Microsoft HoloLens

Innenfor forbrukermarkedet har det de senere årene blitt flere produsenter og utviklere som har startet forskning og utvikling av HMD systemer. En av de ledende systemene er Microsoft HoloLens. HoloLens er bygget som en F-35 HMD, men i en noe mindre versjon, slik at den skal passe forbrukere som gjerne ønsker å gå, sykle og arbeide samtidig som HMD systemet blir brukt.



Figur 2.7: HoloLens fra siden (Microsoft, 2017)

Microsoft Hololens er en optisk kombinator med en holografisk linse. Den mottar bilde fra en liten projektor over brillen og viser flerdimensjonale bilder på linsen. Dette vil si at projektoren kan vise bilder i flere «lag», slik at man får et tredimensjonalt bilde og en følelse av dybde i bildet. Hololens er trådløs og går på batterier noe som gir den en brukstid på 2-3 timer (Microsoft, 2017).



Figur 2.8: Hololens optiske kombinator med projektor (Microsoft, 2017)

Hololens har i tillegg 4 kameraer som kan kartlegge rommet slik at brillen og HPU (Holographic Processing Unit) vet hvor ting er plassert i rommet og hvor brukeren er i rommet til enhver tid. Hololens har også sensorer for å kartlegge brukerens bevegelser, hvor han ser, kan forstå tale og kan presentere lyd til brukeren. Lyden kan også presenteres slik at det virker som om lyden kommer fra et annet sted i rommet (spatial sound) (Microsoft, 2017).



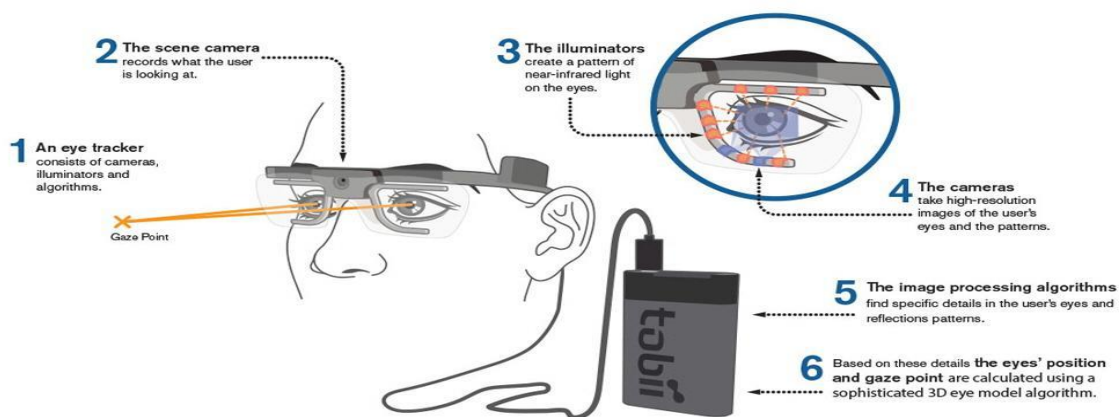
Figur 2.9: Illustrasjonsbilde av et brukergrensesnitt sett gjennom Microsoft Hololens (Charara, 2017)

Selv om Hololens er et ekstremt fremtidsrettet produkt med nesten endeløse bruksområder og funksjonaliteter, har den noen store feil sett med maritime øyne. For det første er den trådløs og kommer med programmet «device portal». Problemet med «device portal» er at uvedkommende kan få tilgang til brillen gjennom en ekstern datamaskin. Dette gjør at uvedkommende kan fjernstyre brillen og overvåke og se hva brukeren ser (Hachman, 2016). I stedet for å ha flest mulige piksler i brillen, har Microsoft heller siktet seg inn på å ha så høy «holografisk tetthet» som mulig. «holografisk tetthet» er minimum antall lyspunkter per radian. Hololens vil ha 2500 radiants, eller 2500 «light points per radian», hvilket sier noe om hvor mange lyspunkter det er plass til i en radian (Michail, 2016). Dette vil gjøre at hologrammene i Hololens blir kraftige og lysere.

Hololens er foreløpig så ny at det har enda ikke kommet noen endelig forbrukerversjon, kun en «developers edition» (utviklerversjon). Dette er en ikke helt ferdig brille, men en brille som kan brukes av utviklere for å teste programvaren sin på Hololens (Microsoft, 2017). Oppgaven vil videre ta utgangspunkt i Microsoft Hololens, dette fordi marinen ser for seg den brukt i et M-AR (Maritim Augmented Reality) prosjekt.

2.10 Pupil Labs Hololens binocular add-on og eye tracking

Pupil Labs er et selskap som lager eye tracking utstyr til VR og AR bruk. Eye tracking betyr at man det ved hjelp av små kameraer og sensorer er mulig å se hvor øyet fokuserer til enhver tid. Pupil Labs bruker en teknikk kjent som «Pupil Center Corneal Reflection» (PCCR). Dette innebærer at infrarødt lys blir brukt til å finne pupillens plassering relativt til et lysglimt reflektert på overflaten av hornhinnen (Goldberg og Wichansky, 2002). For å klare dette benyttes et kamera til å filme pupillen samt et kamera for å filme omgivelsene, slik at softwaren vet hva observatøren ser på. Ved å ta disse rådataene inn i softwaren og bruke algoritmer til å fjerne blinking og andre forstyrrelser, kan programmet kalkulere hvor øyet ser. Denne informasjonen blir deretter sendt videre til mottagerprogrammet som gjør det blant annet mulig å styre en datamus med øynene.



Figur 2.10: Eksempel på hvordan et eye tracking system fungerer (Tobii, 2017)

Pupil Labs har utviklet en eye tracker til Hololens som gjør det mulig å styre elementer i brillen kun ved bruk av øynene. Systemet er bygget opp med to kameraer for å filme pupillene og ett kamera for å filme omgivelsene. Bakgrunnen for at det benyttes to kameraer er fordi systemet skal kunne se hva brukeren ser på, uavhengig om objektet er fjernt eller nært. Systemet har en nøyaktighet på omtrent 1 grad og en presisjon på omtrent 0,08 grader (Pupil Labs, 2017). Dermed kan systemet med stor nøyaktighet, presisjon og hurtighet finne ut hvor brukeren observerer.



Figur 2.11: Pupil Labs Hololens Binocular add-on (Pupil Labs, 2017)

2.11 Rochester Optical Hologram Frame Insert

For et HMD system hvor en bruker skal se gjennom optiske glass inntreffer det problemer når brukeren har briller eller linser. Dette da briller er problematisk å ha utenpå andre optiske enheter, og linser medfører tørre øyne hos brukeren over tid (Klyve, Ihler og Goksøyr 2010, 44). Begge deler skaper ubehag for brukeren, og Hologram har ikke en velegnet løsning for å løse dette problemet. Dette har ført til at andre produsenter av optiske løsninger har laget spesialtilpassede linser til bruk i Hologram. En av disse er Rochester Optical som har laget en brille som kan monteres på innsiden av Hologram. Denne brillen er spesiallaget til hver enkelt bruker (Rochester Optical, 2016).



Figur 2.12: Illustrasjon av Rochester Optical Hologram Frame Insert (Rochester Optical, 2016)

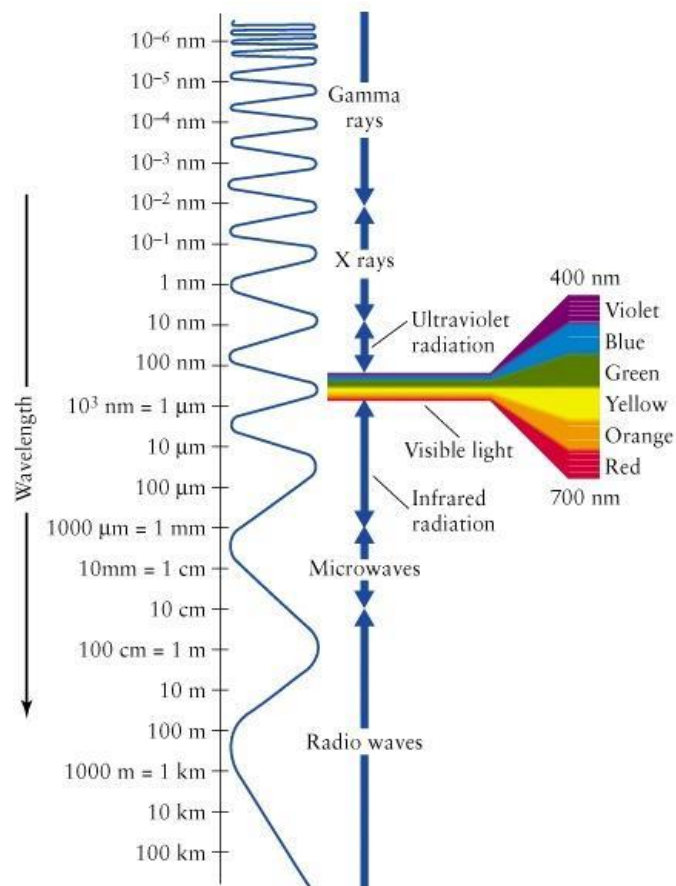
2.12 Farger

Farger har mye å si for hva øyet klarer å oppfatte og hvor raskt det kan se ting på en skjerm. Siden denne oppgaven skal presentere et system hvor all informasjonen kommer i en brille er det av stor betydning at fargene i brillen er korrekt, både for dag og natt.

Som tidligere nevnt i oppgaven, er det flyindustrien som har benyttet seg lengst av HMD (Feddersen, 1962). Innenfor flyindustrien er det gjort forskning på både hvilke farger og hvilken måte det er best å presentere symboler, tekst og andre detaljer for brukeren. På bakgrunn av denne forskningen er de kommet frem til monokromatiske displayer, hvor de vanligvis er ved å bruke smalbandet (narrow-band), emitterende fosfor (Wood og Howells,

2001). Dette gjør at skjermen får en grønn farge, hvor alle symboler, tekst og detaljer er vist i grønt.

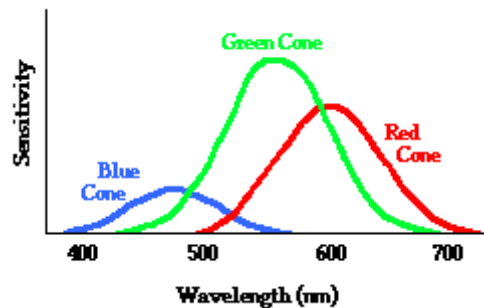
For å forstå hvorfor øyet er mest sensitivt for grønt, kreves det en nærmere redegjørelse av hvilke frekvenser av det elektromagnetiske spekteret som er synlig for det menneskelige øyet. I figur 2.13 kan vi se det visuelle spekteret menneskets øye klarer å oppfatte. Dette er en veldig liten del i forhold til det elektromagnetiske spekteret.



Figur 2.13: Det elektromagnetiske fargespekteret (NASA, 2017)

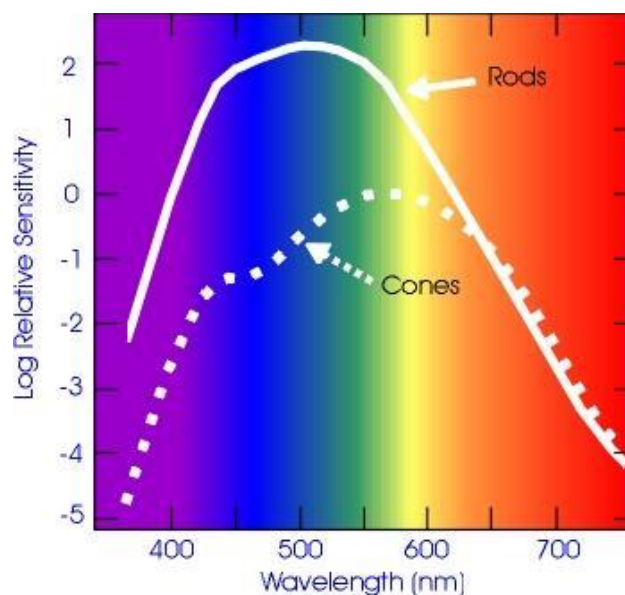
Som man ser av figuren korresponderer de ulike bølglengdene til forskjellige farger (tallene under er bølglengden i nanometer (nm), fra $3,9 \cdot 10^{-7}$ nm til $7,8 \cdot 10^{-7}$ nm) (The Physics Classroom, 2016) innenfor det visuelle spekteret. Øyet består av staver og tapper for at mennesket skal kunne se disse fargene. Stavene er lysømfintlige og brukes i mørket, men kan ikke skille mellom farger. Tappene derimot kan skille mellom farger. Måten dette skjer på er når en lysstråle med en spesifikk bølglengde treffer øyet, blir det fanget opp av tappene og det starter en kjemisk reaksjon i øyet. Øyet sender videre et signal som hjernen tolker til riktig

farge. Innenfor øyeforskning tror de at det finnes tre forskjellige tapper (The Physics Classroom, 2016), som henholdsvis kan skille mellom primærfargene rød, grønn og blå. Tappene kan ikke bare ta opp kun sin respektive farge, de kan også ta opp litt av de andre fargene. Eksempelvis er at den grønne tappen blir aktivert av bølgelengder fra lys som er enten gul eller blå. Vi har en kurve som visualiserer dette og som viser sensitiviteten på y-aksen og bølgelengde på x-aksen:



Figur 2.14: Lyssensitivitet (The Physics Classroom, 2016)

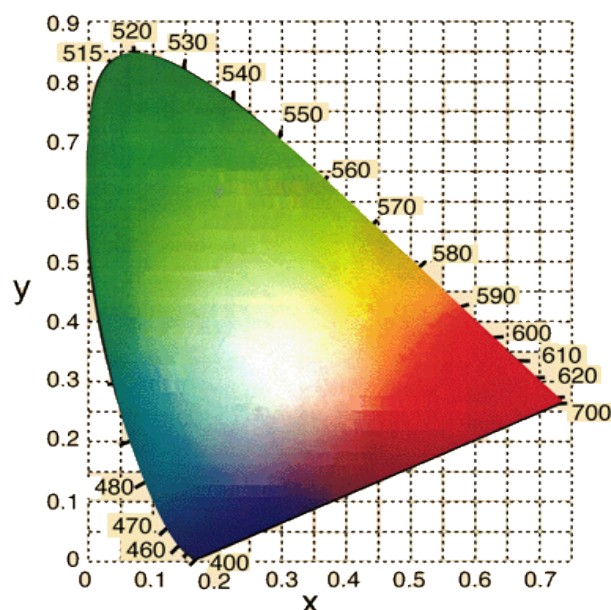
Figur 2.14 forteller oss hvilken farge det menneskelige øyet er mest sensitiv for å oppdage og tolke riktig. Her ser vi at fargen grønn skiller seg ut fra de andre fargene. Dette er fordi mesteparten av øyets sensitivitet ligger i midten av spektrumet (mellom 500-620 nm) omtrentlig mellom «blå grønn» til «purpur» (MacEvoy, 2015).



Figur 2.15: Lyssensitiviteten til staver og tapper (Kaiser, 2005)

IMO henviser i Adoption of the Revised Performance Standards for Electronic Chart Display and Information Systems (ECDIS) (IMO 2006, 7) til IHO Special Publication S-52 Appendix 2 hvilke farger man skal benytte seg av i et ECDIS system. Her er det beskrevet farger for dag, skumring og natt. De fargene som er beskrevet i dette dokumentet er valgt av persepsjons-spesialister (IHO 2010, 40), som har funnet ut hvilke farger som skal brukes.

I vanlige skjermer bruker man en RGB fargeskala for å vise farger. Den består av rød, grønn og blå og alle mulige variasjoner av disse tre fargene. RGB fargeskalaen er en enhetsavhengig skala, noe som vil si at en enhet vil reprodusere en gitt farge med en gitt RGB verdi annerledes enn en annen enhet, og til og med forskjellig over tid (Stokes, Anderson, Chandrasekar og Motta 1996). Derfor bruker man en annen skala for å sikre seg at alle skjermer benyttet i en ECDIS har de samme fargene uavhengig av produsent. Fargeskalaen som blir benyttet er laget av CIE (Commission Internationale l'Eclairage), hvor det blir brukt en X, Y, Z skala, også kalt en tristimulus verdi (Nave, 2012) istedenfor RGB. Denne skalaen er lik som RGB skalaen, men istedenfor å bruke rød, grønn og blå for å danne alle farger, bruker CIE X, Y, Z. CIE bruker imaginære primærfarger og standardiserte bølgelengder (700nm for rød, 546,1 nm for grønn og 435,8 nm for blå) (Schanda 2007, 29) for å definere alle farger. Y korresponderer til luminans og X og Z til koordinater på det kromatiske diagrammet (se figur Figur 2.16) (Walker, 1996). IHO benytter seg av denne skalaen for å forsikre seg om at navigatøren får presentert riktige farger og lysstyrke i henhold til kravene, uavhengig av produsent (IHO,



2010).

Figur 2.16: Illustrasjon av CIE 1931 kromatiske fargedigram med parameterne X og Y

(Nave, 2012)

2.13 Lys

Innenfor lys og intensiteten på lys brukes enhetene candela, lux og lumen. Candela (cd) er definert som 1/683 W per steradian ved en bølgelengde på 556 nm. Enklere sagt lyset fra et stearinlys. Som et mål på hvor mye lys som blir utstrålt over et område, brukes Candela per kvadratmeter (cd/m^2). Lumens (lm) tar utgangspunkt i candela og ser på virkningsgraden til lyskilden. Lumen tar ikke utgangspunkt i hvor intenst lyset er, men hvor mye lys som strømmer ut fra kilden. Lumens kan defineres vitenskapelig, hvor 1 lumen = 1 candela ganget med steradianen. En steradian er det samme som en radian, bare i et tredimensjonalt plan. En steradian brukes for å beregne romvinkelen, som er en todimensjonal vinkel i et tredimensjonalt plan. En steradian blir da overflatearealet delt på radius i andre potens (Ryer, 2000).

1 Lux (lx) er en betegnelse for belysningsstyrke og forteller hvor mye lys som faller på en flate, det vil si hvor mange lumens per kvadratmeter (Valmot, 2015). For å få et forhold til hvor mye lys man omgir seg med daglig, gir *Tabell 1* omtrentlige verdier på forskjellige lyskilder:

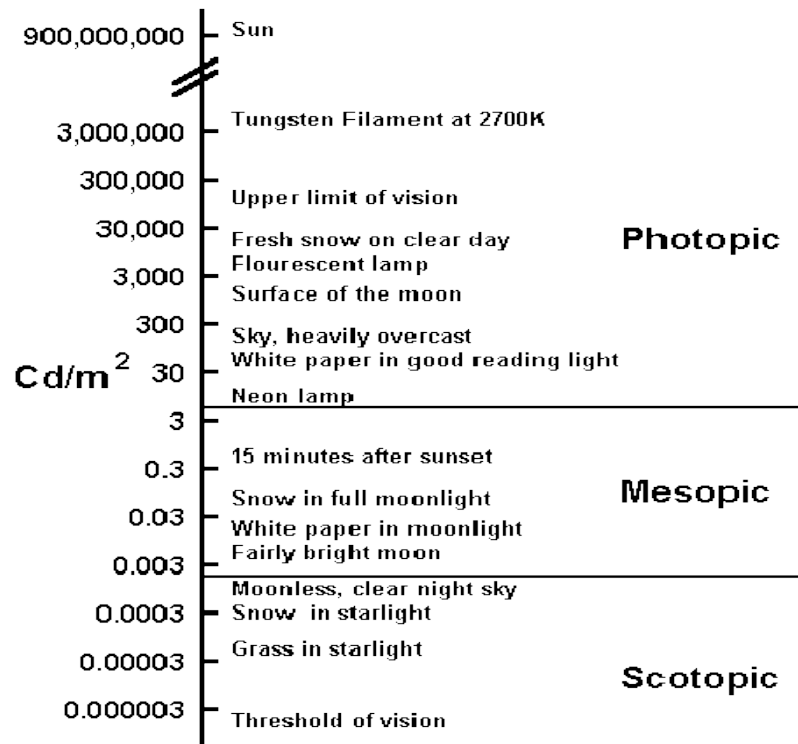
Tabell 1: Lysstyrke fra ulike kilder

Lyskilde	Belysningsstyrke
Fullmåne	1 lux
Gatelys	10 lux
Hjemme belysning	30-300 lux
Kontorbelysning	100-1000 lux
Operasjonsbelysning	10 000 lux
Direkte sollys	100 000 lux

Kilde: Schubert 2006, 278.

Om natten og i meget lave lysnivåer vil det ikke være nok å bare forstå at øyet består av staver og tapper. Øyet kan da deles inn i tre «driftsmoduser»; fotopisk, mesopisk og skotopisk.

Fotopisk syn er ved høye lysnivåer (< 3 cd/m²) og er karakterisert ved stavfotoreseptorer, lav lysfølsomhet, høy skarphet og fargesyn. Skotopisk er ved meget lave lysnivåer (<0,003 cd/m²) og karakteriseres med bruk av tappfotoreseptorer, høy lyssensivitet, dårlig skarphet og ingen fargesyn. Mesopisk er midt i mellom fotopisk og skotopisk (Lighting Alalysts, Inc., 2017).



Figur 2.17: Illustrasjon av forskjellige luminanser og visuelle «moduser», målt i Candela (Green, 2013)

For et system som skal vise digitalt innhold om natten, er det viktig å ha kunnskap om hvordan øyet fungerer og hvor lite lys det trenger for å se. Flyindustrien har utviklet en formel på hvordan man skal beregne kontrastforholdet til et HUD system beskrevet i formel 2.1 (Wood og Howells, 2001):

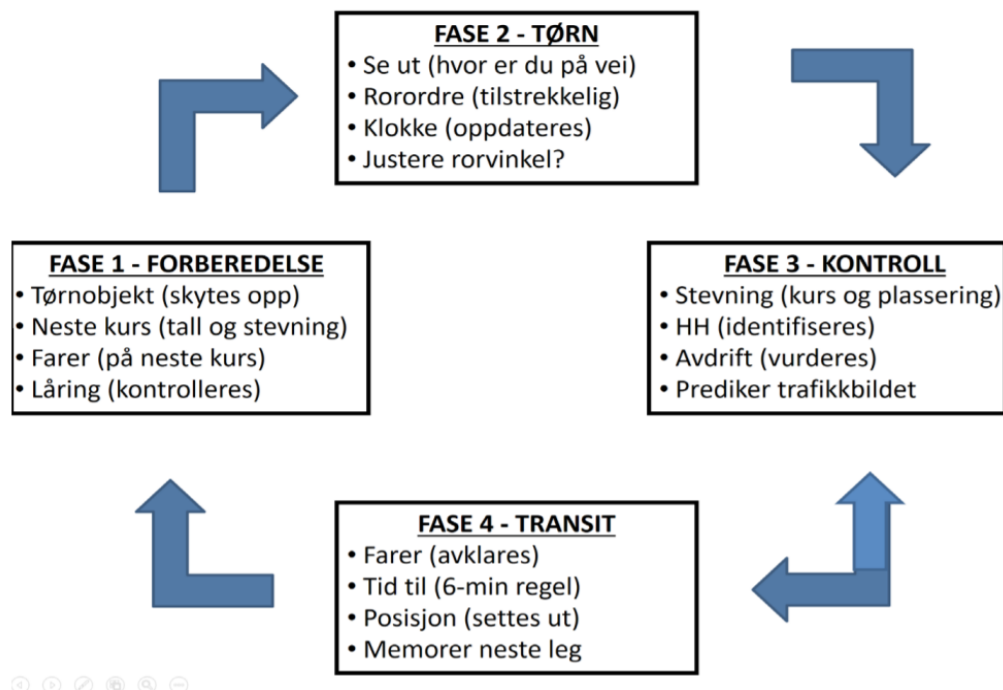
$$HUD\ kontrastforhold = \frac{Skjerm\ luminans + Omgivelses\ luminans}{Omgivelses\ luminans} \quad (2.1)$$

Skjerm luminans er hvor mye lys som treffer øynene til piloten, mens omgivelses luminans er luminansen til omgivelsene sett gjennom HUD kombinereren. Det er en generell enighet innen flyindustrien at et kontrastforhold på 1,2 er tilstrekkelig for fremvisning på kombinatoren, men at 1,3 er å foretrekke. Eksempelvis vil et kontrastforhold på 1,3 sett mot en 34 000

cd/m² sky gjennom en kombinator som er innstilt til 80% fotoniske nivåer (høye lysnivåer), gi en skjermluminans på pilotens øye på 8160 cd/m² (Wood og Howells, 2001).

2.14 Skolemodell av hva navigatøren trenger

Navigatører i marinen trenger informasjon fra ECDIS, radar og conning display under et seilas. På Operativ Maritim linje på Sjøkrigsskolen, blir kadettene lært opp i hva navigatøren trenger i de fire fasene i navigasjon (se figur 2.18).



Figur 2.18: De fire fasene i navigasjon (Brandal og Hareide, 2017)

De viktigste momentene som kan trekkes ut fra figuren er:

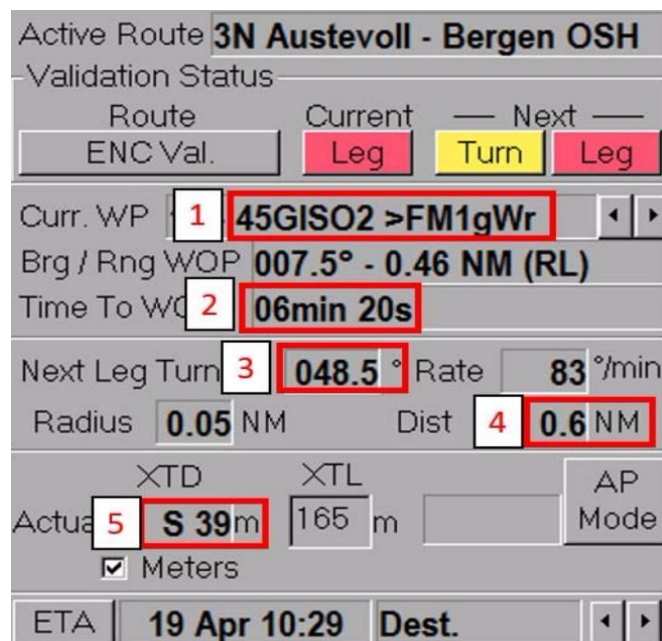
- Nåværende kurs
- Kurslinjen og avvik fra kurslinjen
- Distanse fra nåværende posisjon til tørn
- Neste tørnindikator
- Distanse på neste leg
- Stevnobjekt neste leg

Den ovennevnte informasjonen får navigatøren gjennom ECDIS Route Monitor som befinner

seg i nedre høyre hjørnet på skjermen. Route Monitor har en grafisk framvisning av informasjonen og er laget slik at all informasjonen kommer i rekkefølge i forhold til hva som kommer først på neste leg. Dette for at det skal være enkelt for navigatøren å finne og tolke den, selv i mørke omgivelser og med mye støy på skjermen.

Route Monitor vinduet inneholder:

1. Tørnobjekt og stevning på neste kurs
2. Tid til WOP
3. Neste kurs
4. Distanse på neste leg
5. Nåværende avstand fra kurslinjen styrbord/babord i meter



Figur 2.19: Route Monitor vinduet i ECDIS (Hareide, Ostnes og Mjelde, 2016)

I hurtigbåtnavigering, kan noen få sekunder med å prøve å finne informasjon i ECDIS eller radar føre til at man ikke ser en fare eller at fartøyet seiler ut av kurs. En av de verste ulykkene som har skjedd i Norge på grunn av dette, er Sleipner ulykken, da det gikk på grunn i 1999 og 16 mennesker omkom (Justis- og Politidepartementet, 2000). Bakgrunnen for ulykken var at begge navigatørene jobbet samtidig i radaren for å finne store Bloksen og ingen holdt utkikk like før de gikk på grunn. De var fokusert ned i radaren i ca. 20 sekund i 35kn hastighet, noe

som vil si at man har seilt 0,194 nm på den tiden de var opptatt. Dette medførte at MS Sleipner seilte rett på store Bloksen.

2.15 IMO krav om ECDIS og forskning på AR og HMD i maritim bruk

Det er gjort en del forskning og undersøkelser på hva navigatøren trenger av informasjon for å navigere trygt og sikkert (Weintrit, 2009). Det aller meste av denne forskningen er gjort med tanke på sivile skip og skipsfart, grunnet at størsteparten av skipsfarten på verdensbasis er handelsfartøy (Equasis, 2015). Da det ikke er gjort noe særlig med forskning på hva navigatører i Sjøforsvaret trenger av informasjon, tar vi utgangspunkt i den sivile forskningen og IMO sine krav til en ECDIS.

I følge «the Electronic Chart Display and Information System (ECDIS): An Operational Handbook» er informasjon om nåværende posisjon, skipets fart og skipets kurs den viktigste informasjonen navigatøren må ha tilgjengelig mens han seiler (Weintrit, 2009). Informasjonen blir vist som en linje på kartet med den faktiske kursen skipet holder i grader i tillegg til farten skipet holder i nautiske mil per time (knop). Systemet må også kunne gi en advarsel når skipet forlater XTD (Cross-Track Limit). I tillegg skal ECDIS gi navigatøren informasjon om tid til tårn, distanse til tårn, posisjon og tid til Wheel Over Point (WOP) og past-track. IMO krever også at den planlagte ruten skal være validert i tillegg til at fartøyets posisjon skal sjekkes underveis i seilasen.

I en nederlandsk studie fra 2013 utført av De Vlaming, Verhoef, Meijer og Kuipers, fremgår det hvordan AR og HMD innenfor maritim navigasjon bør brukes og hvordan informasjonen bør presenteres. De skriver om tre forskjellige nivåer av informasjon, primary information, secondary information og special information.

Disse skal gjøre systemet enklere i første omgang ved å separere primary og secondary information. Primary er den informasjonen som alltid vil vises. Dette mener de skal være eget fartøys fart og kurs, vind og strømretning slik at man kontinuerlig kan vurdere om det er behov for å legge på for avdrift. Sist men ikke minst skriver de at kurslinjen fra ECDIS skal presenteres som en farget linje i kartet slik som vist på Figur 2.20.



Figur 2.20: Illustrasjon bilde av ett maritimt HMD system (De Vlaming, Verhoef, Meijer og Kuipers, 2013)

Secondary information er informasjon som ikke alltid vises, men som er tilgjengelig om navigatøren skulle ha behov for det. Dette er informasjon som er mindre kritisk for seilasens sikkerhet, men som eksisterer for å forbedre SA til navigatøren herunder blant annet informasjon som andre fartøy, skvalpeskjær, undervannshindringer og skipsvrak. Special information er informasjon som kan legges til og fjernes alt etter hvilken situasjon navigatøren befinner seg i. De tre forskjellige nivåene av informasjon skal styres fra menyer hvor den enkelte navigatøren enkelt kan justere av og på, alt ettersom hva måtte ønske av informasjon.

3 Del 2: Intervju

Intervju ble valgt som metode for å innhente informasjon fra erfarne vaktsjefer på Skjold-klassen. Dette var for å gi oppgaven grunnlag for videre drøfting om hva et HMD system trenger å inneholde basert på erfaringer. Intervjuene er gjennomført slik at alt som skrives vil være personlige meninger og tanker til intervjuobjektene. Vi har intervjuet tre vaktsjefer med stor variasjon i fartstid og erfaring. Alle vaktsjefene har god kunnskap og kjennskap til Skjold-klassen, hvor to av dem har mer enn fem års fartstid om bord. Det siste intervjuobjekt har lengre fartstid fra andre fartøysklasser, men har også seilt nærmere to år om bord på Skjold-klassen.

Det kan medføre en svakhet at oppgaven ikke har mer enn tre intervjuobjekter. Ved å ha flere intervjuobjekter kan det tenkes at det ville vært større variasjon i svarene. Men da kunnskapsnivået rundt AR og HMD var i utgangspunktet lavt, er sannsynligheten for flere varierende svar liten selv med flere intervjuobjekter.

Intervjuene ble gjennomført om bord på de respektives fartøy og kontor. Dette for å sikre reliabiliteten til intervjuobjektene ved at de skulle være i trygge omgivelser. Det ble videre benyttet båndopptaker for å sikre validiteten til intervjuet og vaktsjefene. I forkant av intervjuene ble spørsmålene sendt til vaktsjefene, slik at de kunne forberede seg. Første intervjuobjekt mottok imidlertid ikke spørsmålene på forhånd grunnet planer om å ikke distribuere de. Etter at intervjuet var gjennomført ble vi enig med første vaktsjef at det var hensiktsmessig å sende spørsmålene ut på forhånd. Dette spesielt med tanke på intervjuobjekter med lite kunnskap om temaet. Da første intervjuobjekt hadde større kunnskap enn de to resterende, førte ikke dette til noen svakhet i oppgaven. Ved oppstart av intervjuene ble det holdt en kort introduksjon hvor kunnskapsnivået til vaktsjefene ble kontrollert, deretter ble tematikken og ideene bak oppgaven introdusert.

Intervjuet ble gjennomført på en uformell måte som la opp til at vaktsjefene kunne gi sin personlige mening og reflektere rundt spørsmålene.

Intervjuspørsmålene kan leses i vedlegg en.

3.1 Hva vaktsjefer på Skjold mener

Da det er begrenset med forskning, kunnskap og kjennskap til bruk av AR innenfor maritim navigasjon var det usikkerhet rundt intervjuet og dets resultater i møtet med vaktsjefer og tidligere navigatører i Korvettvåpenet. Vaktsjefene kom med mange gode momenter som både fremmet det positive med AR, og argumenterte for vanskeligheten ved både bruk og implementering av et slikt system på Skjold-klassen. Intervjuobjektene gav også noen tankevekkere om flere momenter innenfor AR og HMD, hvor flere er brukt videre i oppgaven.

I sin helhet mente samtlige intervjuobjekter at AR og HMD er en god mulighet for å gjøre jobben til navigatøren sikrere og enklere. De to eldste var noe mer positiv til både bruk og implementering av et slikt system. Intervjuobjekt to, den yngste, var også positiv til systemet, men noe mer kritisk i måten han svarte på spørsmålene. Vaktsjefene presiserte at systemet ikke må skape unødvendig støy eller ta vekk fokuset til navigatøren. De nevnte også at systemet kan være med på å skape en falsk trygghet som senker aktsomheten og i verste fall kan få katastrofale følger.

En annen positiv egenskap intervjuobjektene påpekte med Augmented Reality var hvor mye av tiden navigatøren bruker på å se ned i skjermen som kan flyttes opp og ut av vinduet. Til dette sa den eldste vaktsjefen «alle tekniske duppeditter som kan hjelpe oss på en eller annen måte bør prøves og testes før man kaller det tull» (intervjuobjekt en).

Intervjuobjekt en påpekte at han ønsket å se på mulighetene for implementering av en ny type peilesøyle som kunne erstattet den nåværende peilesøylen de har om bord.

En måte han så for seg at dette kunne bli gjennomført var å få opp et trådkors i HMD som flyttet seg sammen med hodet og synsfeltet til brukeren. Etter at navigatøren var ferdig å bruke trådkorset til å ta peilinger kunne han enkelt fjerne denne ved å trykke på en knapp, for å redusere støy.

Vaktsjefene fremhevet at hvis AR på en sikker og effektiv måte kunne identifisert farer som skvalpeskjær, mørke objekter, undervannshindringer og eventuelt uidentifiserte objekter

ville dette vært til stor hjelp i hurtigbåtnavigasjon. De så for seg et virtuelt merke som markerer eller på en annen måte fremhever faren på kursen. Igjen konstaterte vaktseilene faren med for mye støy i bildet.

Nattseilas var et moment alle vaktseilene poengterte og beskrev som et stort problem. De stilte spørsmål ved hvordan man kan bruke AR og HMD om natten når all informasjonen som skal suppleres må lyses opp i brillen for at navigatøren skal se det. De spesifiserte at det skal veldig lite lys til for at nattsynet forsvinner og lysstyrken må kunne balanseres slik at navigatøren ikke påvirkes. En av vaktseilene eksemplifiserte viktigheten av dette med å poengtere overgangen fra bruk av AR og HMD i mørket til å måtte ta av seg utstyret for å seile i Dead Reckoning.

Vaktseilene trakk også frem menneskelig prosessering og kognitive ferdigheter. De var enige i at projiseringen av informasjon var nøkkelfaktoren til suksess eller fiasko. Det samme gjaldt hvilken informasjon som skulle vises. Nåværende kurs og fart, tårnobjekt, distanse til tårn, neste kurs og distanse var den klart viktigste informasjonen å få fremstilt i brillen ifølge vaktseilene. En av vaktseilene uttrykte noe usikkerhet knyttet til fremstillingen av informasjon med tanke på lysforurensning. Han lurte på om ikke lyset og tallene som endret på seg kunne være distraherende for navigatøren, men trakk frem at det fortsatt var bedre å kunne se ut med støy enn å se ned i en skjerm. Han avsluttet med å si «jeg har troen på et slikt system så lenge det er innenfor rimelighetens grenser, og man må ikke glemme at det fremdeles er mennesker som sitter i stolen og skal prosessere informasjonen» (intervjuobjekt to).

To av vaktseiler lurte også på om man kunne brukt systemet til å planlegge seilaser. Det de kunne tenke seg var å få visualisert leden som de skulle seilt i brillen, for å få en oversikt over hvordan farvannet kommer til å se ut. Dette poengterte de med at det ikke er det samme å planlegge en seilas i kartet som å faktisk seile ruten i virkeligheten.

Det var unison enighet om at Dead Reckoning var en av de største svakhetene ved bruken av AR og HMD om bord på et militært fartøy. Samtlige snakket om DR i forhold til den taktiske situasjon, da Sjøforsvarets fartøy opererer under andre forhold enn den sivile skipsfarten

gjør. Den eldste vaksjefen poengterte her viktigheten av trening og prosedyrer ved implantering av AR og HMD som et navigasjonsverktøy. Han mente at det må utarbeides klare retningslinjer for når og hvordan navigatøren skal gjøre overgangen fra å seile med AR og HMD til å ta av seg brillen og seile i DR.

Den yngste vaksjefen stilte spørsmål ved redundansen i systemet, og hvordan det kan brukes selv om eksempelvis GPS blir slått ut. Dette poengterte også intervjuobjekt tre, hvor han trakk fram jamming som et stort problem i dagens militære situasjon, og hvordan systemet kan kompensere og takle dette. Han trakk også fram at hvis systemet er trådløst kan dette medføre problemer, da signalet lett kan bli jammet, plukket opp og tolket av andre. Dette gjør at de kan forstyrre signalet, vite hva systemet viser oss og i verste fall sende feilinformasjon som gjør systemet invalid.

To av vaksjefen snakket om problematikken som kan oppstå mellom vaksjef og navigatør ved implementering av AR og HMD. De mente det kunne oppstå situasjoner hvor vaksjef ikke forstår hva navigatøren tenker og planlegger, siden han sitter med sin egen brille og informasjon. Vaksjefene konkluderte med viktigheten av prosedyrer og kommunikasjon innad i broteamet.

Under intervjuene snakket vaksjefene om flere interessante momenter enn de som er nevnt ovenfor. Videre i oppgaven vil fokuset kun ta utgangspunkt i de svarene som er beskrevet i dette kapittelet, da resterende kun var korte utsagn og idemyldring som i all hovedsak ikke besvarte spørsmålene.

De fire hovedmomentene som tas videre i oppgaven er:

- Bruken av AR og HMD til å redusere tiden navigatøren må se andre steder enn ut vinduet.
- Implementering av en peilesøyle i HMD
- Hvordan AR og HMD kan brukes under nattseilas
- Hvordan og hvilken informasjon som skal projiseres i HMD

4 Drøfting: Hvordan systemet vil se ut

Denne delen av oppgaven vil drøfte hvordan vi mener brillens brukergrensesnitt (GUI) bør designes og hvilken informasjon som bør presenteres basert på hva forskning, vaksjefer og skolemodellen sier. Vi vil se på hva som er den mest optimale løsningen for at man skal få nok informasjon, men også slik at navigatøren ikke skal bli overveldet av for mye informasjon.

4.1 Forskning og plassering av informasjon

Forskningen sier at systemet skal gi oss den viktigste informasjonen for navigeringen, hvor man får opplyst om farer, sjømerker, kurs, kurslinje, fart, strøm og vind (De Vlaming, Verhoef, Meijer og Kuipers 2013, 10). Forskningsresultatet viser at systemet bør ha mulighet til å vise ekstra informasjon, som grunt farvann, vrak, andre fartøyers informasjon og undervannshindringer. Det skal bemerkes at forskningen tar utgangspunkt i større fartøy på oversjøisk ferd, men det kan trekkes ut likheter som kan brukes i systemet vårt. Den største forskjellen, er at forskerne ønsket å vise kurslinjen som en stor heltrukken strek foran fartøyet, noe vi og vaksjefene ser på som potensielt farlig. Vi mener at å ha en slik strek forut er potensielt farlig, siden man risikerer å ikke oppdage farer og andre fartøy. Dette kan forårsake mange alvorlige situasjoner og ulykker.

Vi ser et stort potensiale ved bruk av HMD og AR for å forhindre ulykker som Sleipner ulykken, fordi man slipper å se like mye ned, og dermed kan ha større fokus utover. For å klare dette må vi designet et grensesnitt i brillen som navigatøren enkelt kan bruke og finne informasjon uten å flytte blikket fra utsiden. I en studie gjennomført i Korvettvåpenet (Hareide og Ostnes, 2017) så de på hvor navigatøren fokuserer når de seiler for å kartlegge hvor fokuset er i løpet av seilaset. Denne studien kan brukes som et verktøy for å forstå hvor navigatøren ser og kartlegge hvor informasjonen ideelt bør plasseres i HMD. Vi ser av Figur 4.1 at navigatøren bruker mye tid i midten av vinduet og ned på ECDIS og radar, men i mindre grad øvre del av vinduet. Slik vi ser det er de optimale plasseringene av informasjon i HMD som vist i det røde feltet i Figur 4.1.



Figur 4.1: Fokuskartet viser hvor navigatøren ser i løpet av ett seilas og den ideelle plasseringen av HMD informasjon (redigert bilde fra Hareide og Ostnes, 2017)

4.2 Nattproblematikk, lys og farger

Sjøforsvarets fartøy opererer like mye om natten som om dagen. Dette krever at systemene om bord har en mulighet til å kunne dimmes helt ned samt at de har en fargepalett som er designet for at navigatøren bedre skal kunne se symboler i ECIDS og på radar om natten. Problemet med dagens systemer er at de ikke kan dimmes nok ned om natten, noe som gjør at navigatøren mister en del av nattsynet når han må se ned på ECDIS/radar for å finne informasjonen som han trenger.

Dette innebærer at lys- og fargeproblematikken må vurderes når informasjonen skal flyttes opp i displayet som navigatøren sitter med på hodet. Lysnivået på HMD systemet må følgelig kunne dimmes til et så lavt nivå at navigatøren kan se ut og fortsatt ha nattsyn, i tillegg til å kunne se informasjonen som er påkrevd.

Som beskrevet i kapittel 2.12 er det viktig å velge riktige farger i henhold til hva IMO krever og hva som er mest hensiktsmessig for presenteringen. I flyindustrien, der militære fly har størst utbredelse og brukstimer av slike display (Feddersen, 1962), brukers monokromatiske skjermer, vanligvis med hjelp av smalbåndet (narrow-band) emitterende fosfor. Dette skaper et grønt display hvor alle symboler, tekst og figurer er grønne. Dette fordi fargen grønn er den fargen som øyet best klarer å se om natten uten å miste nattsynet. Dette er blant annet

noe av årsaken til at man bruker grønt i nattkikkerter som beskrevet i kapittel 2.12. Som tidligere redegjort for under kapittel 2.8.1 har de nye F-35 flyene som Norge har investert i hatt problemer med «green glow» i sine HMD system. (Seck, 2016).

Brukergrensesnittet i brillen som navigatøren skal ha på hodet må derfor designes nøye slik at både «green glow» og lysforurensning forhindres. Dette for at navigatøren skal få den informasjonen som han trenger samtidig som han klarer å se det som står på skjermen uten å bli blendet. Her må formel 2.1 til flyindustrien benyttes for å sikre riktig lysstyrke samtidig som at man kan ha mulighet til å dimme brillen helt ned for å unngå problemer med nattsynet. Her må simulatorforsøk til for å kvalitetssikre at man får det mørkt nok til å ikke ødelegge nattsynet. I formel 4.1 er et eksempel på hvor lite lys brillen må produsere 15 minutter etter solnedgang. Omgivelsenes luminans vil være 0,3 og vi ønsker et kontrastforhold på 1,2 (presentert i kapittel 2.12):

$$HUD \text{ kontrastforhold} = \frac{Skjermluminans + Omgivelsenes \text{ luminans}}{Omgivelsenes \text{ luminans}}$$

$$1,2 = \frac{Skjermluminans + 0,3 \frac{cd}{m^2}}{0,3 \frac{cd}{m^2}} \quad (4.1)$$








$$Skjermluminans = 1,2 * \left(\frac{0,3 \frac{cd}{m^2}}{0,3 \frac{cd}{m^2}} \right) = \underline{\underline{1,2 \frac{cd}{m^2}}}$$

Dermed kan vi se av resultatet at brillen ikke kan ha større lysstyrke enn 1,2 cd/m² for å unngå å blende navigatøren.

I system vil vi gå for to nesten like fargeløsninger, en for dag og en for natt. I kapittel 2.12 så vi på viktigheten ved å kunne vise de samme fargene uavhengig av HMD. Det er derfor CIE 1931 kommer til å bli brukt for å forsikre at systemet viser de riktige fargene. Hvis ikke systemene til henholdsvis vaksjef og navigatøren viser de samme fargene, kan det føre til at de tror de ser på to forskjellige objekter, og en farlig situasjon kan oppstå.

Fargepaletten om natten vil være identisk med dagpaletten, men nedtonet slik at det ikke er for skarpe farger som blender navigatøren. Etter å ha fulgt retningslinjene til IHO om fargevalg, i tillegg til å se på hvilke farger flyindustrien, og da spesielt kampfly bruker i sine systemer, har vi kommet frem til fargepaletten i *Tabell 2*. Alle tall, bokstaver og symboler vil være i en neon-grønn farge, mens safety depth vil ha en lilla farge (magenta). Systemet vil vise alle lykter med sin respektive lyskarakteristikk og farge i forhold til fartøyets posisjon. Man vil kunne se lyktens lyskarakteristikk over symbolet slik at man kan kontrollere at man ser på riktig blink. Blinker vil vises med sin respektive farge og lyskarakteristikk (eksempelvis en ISO4 vil blinke i brillen som en ISO4). Alle jernsøyler vil vises som gule ikke blinkende firkanter, og alle flytende sjømerker vil vises med sin egen farge. I tillegg må det bemerkes at fargene som blir vist i oppgaven ikke samsvarer med fargene som faktisk kommer til å bli brukt, da dataskjermer viser fargene forskjellig og trykkeriet ikke kan trykke de riktige fargene.

Tabell 2: Farger på dagseilas og nattseilas (Fargene er ikke representative for det ferdige systemet).

Farge	Betydning	CIE XYZ 1931 fargekoordinater		
		X	Y	Z
Neon-grønn 	Tall, bokstaver, symboler, brukergrensesnitt	0,38	0,73	0,13
Magenta 	Safety depth	0,30	0,16	0,23
Fast gul 	Jernsøyler	0,61	0,61	0,08
Blinkende/fast Hvit/grønn/rød 	Lykter (avhengig av lyktesektoren man befinner seg i og lyskarakteristikk)	Hvit: 0,95 Grønn: 0,1 Rød: 0,41	1,0 0,21 0,21	1,09 0,03 0,02
Gul/grønn/rød 	Flytende sjømerker (viser sin respektive farge)	Gul: 0,68 Grønn: 0,1 Rød: 0,41	0,75 0,21 0,21	0,11 0,03 0,02
Blinkende hvit/grønn/rød 	Blinker (viser sin respektive farge og lyskarakteristikk)	Hvit: 0,95 Grønn: 0,1 Rød: 0,41	1,0 0,21 0,21	1,09 0,03 0,02
Fast stripete blå-grønn 	Radarekko (ikke land, oppdrettsanlegg, sjømerker osv.)	0,25	0,28	0,74

4.3 HMD og AR gir situasjonsforståelse

Tanken bak systemet er at det skal gi navigatøren bedre SA, som igjen skal gjøre navigatøren i bedre stand til å prosessere informasjon hurtig, og reagere på situasjoner som oppstår. For å sette tall på det kan vi eksemplifisere med forskningen (Hareide og Ostnes, 2017) som vi snakket om i innledningen. Der viste det seg at 65% av tiden navigatøren navigerer går med til å se ut av vinduet. Dette betyr at navigatøren i løpet av en time ser ut av vinduet i 39 minutter, hvilket igjen tilsier at det er 21 minutter hvor navigatøren ikke ser hva som foregår rundt fartøyet. Det skal imidlertid bemerkes at navigatøren selvfølgelig ikke sitter i flere minutter med hodet bøyd ned i ECDIS, men at dette heller er en illustrasjon på hvor mye tid som faktisk forsvinner til bruk av systemene om bord.

En annen faktor som vi mener det er verdt å nevne er hastigheten Skjold-klassen kan operere med. Om Skjold-klasse fartøyer skal seile i 48 knop innaskjærs betyr dette at fartøyet tilbakelegger en kabel, eller 185 m på sirka 7,5 sekunder. Om navigatøren skal seile en kort distanse på 0.3 nm (tre kabler) som fartøyet bruker 22,5 sekunder på, tilsier dette at navigatøren har begrenset med tid på å få med seg all informasjonen fra ECDIS før neste tårn. Her ser vi helt klart nytten av å få presentert informasjonen i en brille, slik at navigatøren kan få de opplysningene han trenger med tanke på både kurs, fart, objekter og farer. AR og HMD kan sørge for at navigatøren kontinuerlig kan vurdere hva som har skjedd, hva som skjer og hva som kan skje med fartøyet. Navigatøren kan hyppig ta vurderinger og avgjørelser basert på informasjon i HMD og situasjoner som måtte dukke opp.

4.4 FLIR og skrogmonterte kameraer

En av funksjonene vi ser for oss i HMD systemet er at man på utsiden av skroget til Skjold-klassen monterer kameraer som både er kompatible med vanlig video samt Forward Looking Infrared (FLIR) og nattoptikk (se Figur 4.2). Dette gjør at navigatøren kan «se gjennom» skroget og får bedre kontroll og oversikt over fartøyet. Navigatøren kan bruke denne funksjonen til blant annet en Fast Inshore Attack Craft (FIAC) situasjon nært fartøyet eller hvis han skal finmanøvrere. I tillegg vil man om natten ha mulighet til å se farer som skvalpeskjær, småkaier, småbåter og vannskutere lettere med nattoptikk enn uten. Ved å ha nattoptikken sømløst integrert i brillen, får navigatøren bedre situasjonsforståelse om natten og han kan

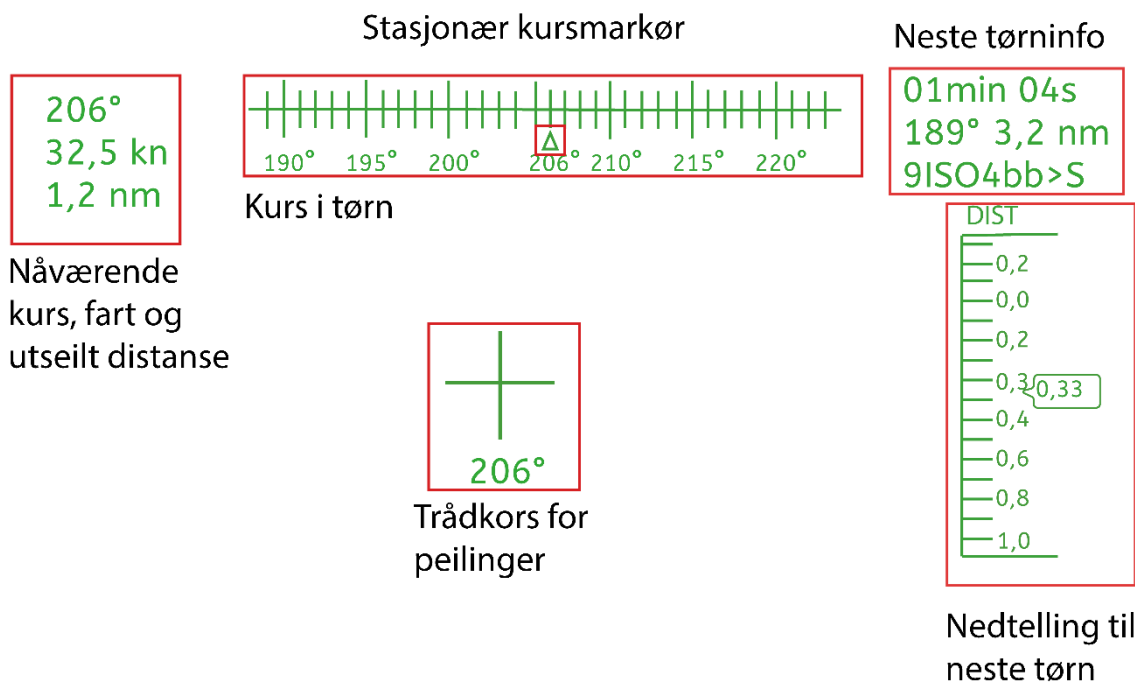
derfor seile raskere og tryggere i trange leder og mellom holmer og skjær.

Radar er en av hjelpemidlene navigatøren bruker til å sortere ut farer. I en situasjon hvor fartøyet seiler i høy hastighet (30-60kn) vil tiden som blir brukt på å se ned i radaren være så lang at fartøyet risikerer å ha seilt over faren før den er oppdaget. Ved å ha nattoptikk i brillen vil navigatøren kunne med større sannsynlighet se små objekter han ellers ikke ville sett. I ett vanlig seilas vil det være mulig å slå av videoen, grunnet at dette ble karakterisert av vaktsjefene som en unødvendig funksjon.



Figur 4.2: Oversikt over hvor kameraene vil bli montert på utsiden av broen (redigert bilde fra Forsvarets mediearkiv)

4.5 Grafisk brukergrensesnitt



Figur 4.3: Illustrasjon av plasseringen av informasjonen i brukergrensesnittet. Merk: Røde bokser med svart tekst er kun for å beskrive den individuelle funksjonen og vil ikke være en del av grensesnittet

I Figur 4.3 er forslaget vi har kommet frem til etter at vi har sett på hva forskning mener, hva vaksjefene kunne tenke seg og erfaringer vi selv har fra skolemodellen. Oppsettet er laget med inspirasjon fra kampfly. Grunnet til dette er at kampflyene har mye mer erfaring og kunnskap innenfor temaet (se kapittel 2.8.1). Som drøftet i kapittel 4.1, har vi valgt å benytte øvre del av vinduet til å vise informasjonen.

I likhet med kampfly, ser vi det hensiktsmessig at en kursmarkør som viser kursen fartøyet tørner mot (midterste element i Figur 4.3) blir displayet i tørn. Dette for at navigatøren skal ha kontroll på kursen sin, og for å hindre at han overstyrer eller understyrer. Med dagens løsning må man se ned på radarskjermen for å få en oppdatert kurs i tørn, noe som gjør at man mister fokus og kan overse farer. Nåværende kurs og fart vil vises i øvre venstre hjørne. På motsatt side av bildet, altså i øvre høyre hjørne vil neste kursinfo stå.

I et seilas hvor navigatøren har mye å tenke på og mye informasjon å sortere ut, er det viktig at brukergrensesnittet er så intuitivt som mulig. Dette for å unngå misforståelser og feiltol-

king av informasjonen i brillen. Derfor ser vi det som mest hensiktsmessig å plassere nåværende kurs og fart på en side, og neste tårninformasjon på motsatt side. Til tross for at informasjonen er plassert på hver side av vinduet, vil den være så nært synsfeltet til navigatøren at han ikke trenger å bevege øynene noe særlig. Ved å gjøre det på denne måten legger vi til rette for navigatøren slik at han enkelt kan finne informasjonen og vite hva som er hva til enhver tid.

På høyresiden av bildet vil det like før tårn dukke opp en nedtellingsindikator for distanse til tårn. Den vil dukke opp på en forhåndsdefinert distanse til tårn, og vil telle ned til man er i WOP. Deretter vil den starte å telle oppover inntil den er kommet til en forhåndsdefinert distanse hvor den vil forsvinne. Dette er for å fjerne ekstra støy for navigatøren, hvor han har distanseteller oppe i øvre, venstre hjørne sammen med kurs og fart (utseilt nåværende distanse).

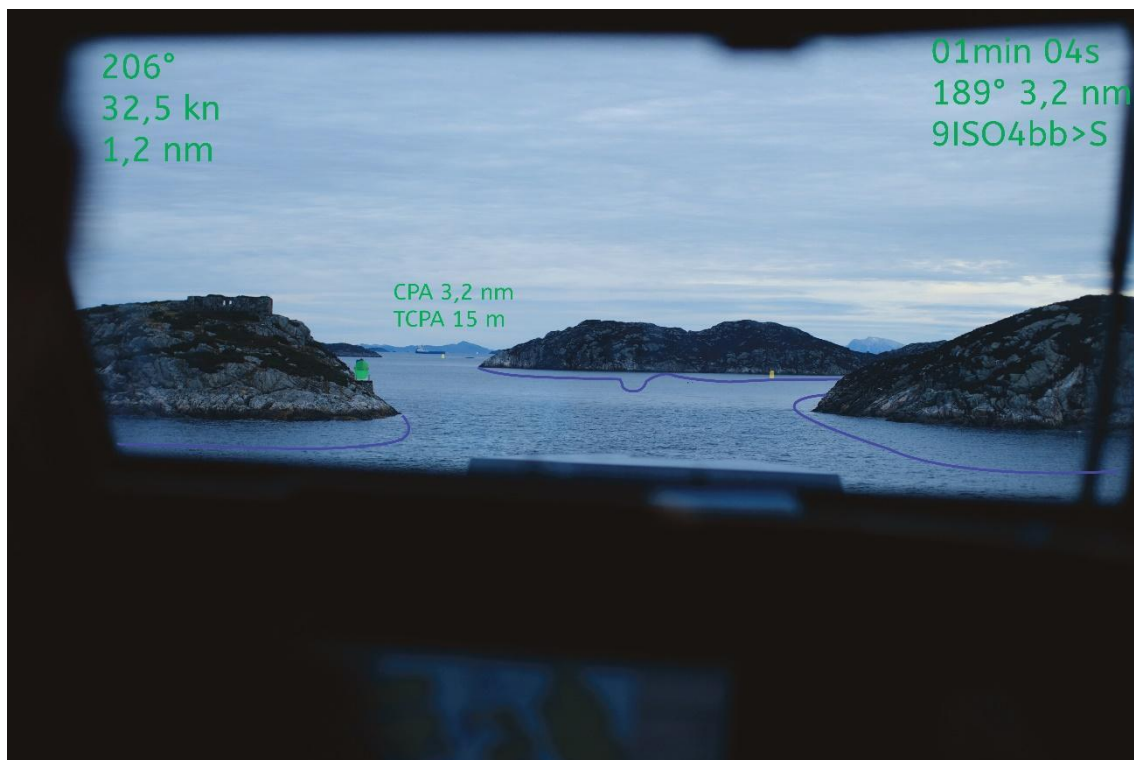
I midten av Figur 4.3 er det illustrert et trådkors med en grad under. Dette er en funksjon som navigatøren kan ta opp hvis han ønsker å skyte en peiling til systemet. Dette vil fungere akkurat som med dagens Optical Bearing Device (OBD), men istedenfor en fysisk peilesøyle med et fysisk «sikte», trykker man inn en knapp på konsollen som gjør at trådkorset dukker opp i brillen. Da slipper man å bevege på og plassere hodet bak peilesøylen, noe som er vanskelig under et seilas om bord på Skjold-klassen. Under trådkorset vil det stå hvilken grad trådkorset peker, og informasjonen vil vises i noen sekunder etter at peilingen er tatt. For å ta en peiling ser navigatøren på objektet han ønsker å ta peiling på og fokuserer på det, før han enten markant blinker «hardere» enn normalt eller trykker fysisk på en knapp på konsollen (avhengig av hva navigatøren har satt som innstilling før seilasen). Systemet bruker da eye tracking for å finne ut hvor navigatøren ser og oppfatter at peilingen er tatt. Graden til peilingen vises deretter i noen sekunder i brillen før den forsvinner og vil være tilgjengelig i ECDIS som en vanlig peiling for videre bruk i navigeringen. Vi ser på denne funksjonen som en svært verdifull egenskap, da navigatøren ikke trenger å bruke tid eller krefter på å få en nøyaktig peiling med bruk av OBD. For navigatøren vil dette være både enklere og raskere å gjennomføre. Vi ser derimot at dersom det er mye sjø i et område fartøyet seiler i, kan det være problematisk å ha «blinkefunksjonen» for å ta peilinger. I røff sjø blir fartøyet utsatt for

mye stamping, slag og vibrasjoner som kan gjøre at man blinker hardere uten å ønske det. Dette kan gi unøyaktige eller for tidlige peilinger men ved å ha en fysisk knapp har systemet redundans.

4.6 Brukergrensesnittet under seilas

Systemet er integrert med resten av brosystemet, slik at det får informasjon fra den Elektromagnetisk logg (EM logg), GPS, gyrokompass, radar og vindmåler. Dermed bruker systemet de integrerte algoritmene og softwaren til å sortere og presentere informasjonen navigatøren har valgt å vise. Her er det ekstremt viktig at systemet har flere integritetskontroller og systemsjekker slik at feil og feilkilder blir luket ut og varslet til brukeren. Her må man legge inn grenseverdier i systemet. Når systemet selv måler en høyere verdi enn den som er satt, skal navigatøren varsles samt at systemet begynner å bruke andre løsninger. Et eksempel på dette er hvis gyrokompasset viser mer enn to grader feil, vil det ha stor innvirkning på plasseringen av de syntetiske objektene i brillen. Brillen vil da gå over til å bruke satelittkompasset for å få riktig peiling.

Systemet vil bruke den informasjonen den får fra de andre brosystemene til å finne sin faktiske posisjon, kurs og fart, slik at den kan plote alt fra sjømerker og jernsøyler til andre fartøyer riktig i forhold til hva navigatøren ser. I Figur 4.4 har vi illustrert hvordan vi mener systemet bør se ut under seilas.

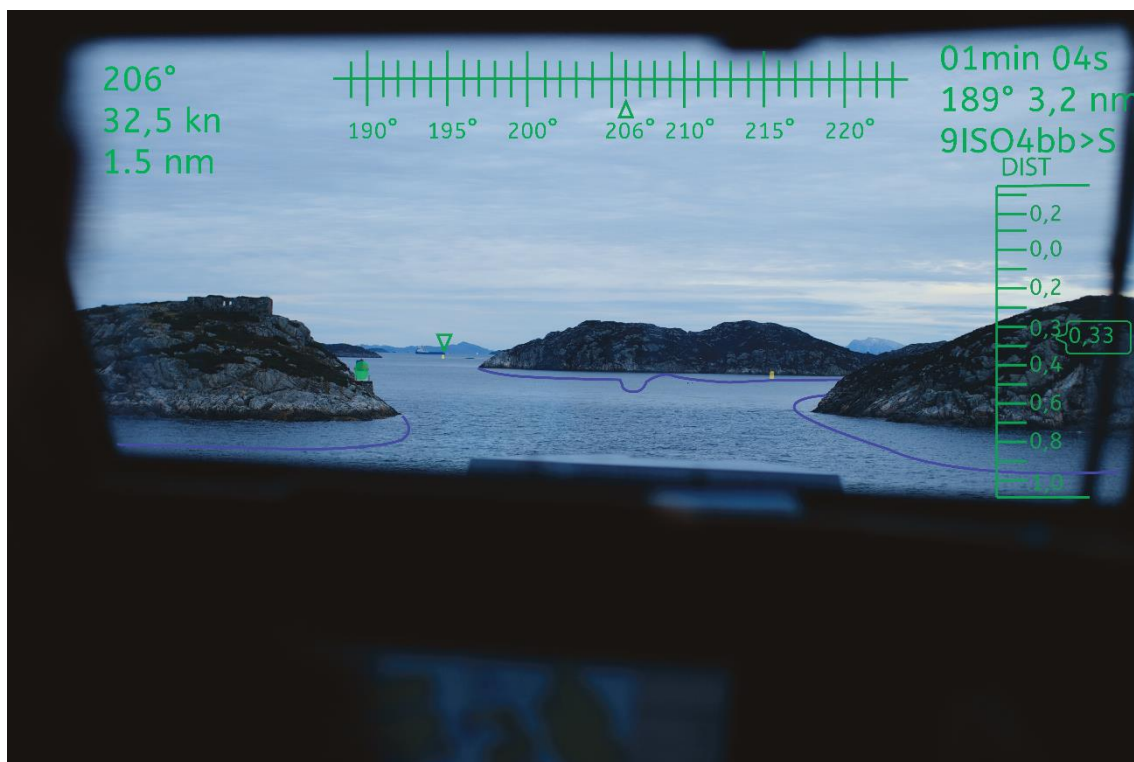


Figur 4.4: Illustrasjonsbilde av brukergrensesnittet under seilas med safety depth på (magenta fargede streker), lykt med grønn lyktesektor (grønn firkant), to jernsøylar (gule firkanter) og et kryssende fartøy vist med CPA og TCPA (kan fjernes av navigatøren)

I Figur 4.4 ser vi de samme punktene som beskrevet i kapittel 4.5 i en virkelig seilas. Her vises informasjonen som navigatøren ser under hele seilasen og som er «standard-bildet» (Primary information) i systemet. Illustrert er også CPA/TCPA som viser et kryssende fartøy lengre ned i fjorden. Denne informasjonen vil være tilleggsinformasjon (secondary information) som er mulig for navigatøren å få projisert i brillen. Dette ser vi på som en nyttig funksjon for å planlegge klarering av andre fartøyer på kursen. Hvis det er mange fartøyer, eksempelvis i Sotraleden, vil det være uhensiktsmessig å vise alle fartøyers informasjon i brillen, da dette vil skape mye støy. Derfor skal navigatøren ha mulighet til å velge hvilke fartøyers CPA/TCPA som skal vises av systemet.

4.7 Brukergrensesnittet i tårn

I tårn vil systemet endre seg fra «standard-bildet» som vist i Figur 4.4 til «tårn-modus» illustrert i Figur 4.5. Her vil navigatøren få opp kursmarkøren og nedtellingen til tårn. Dette er for at navigatøren skal ha kontroll på hvor fartøyet tårner og hvor langt det er igjen til tårn. Som presentert i kapittel 4.1 er det slik at man må se ned i radarskjermen for å se nåværende kurs, både i tårn og under seilaset. I tillegg må navigatøren se opp på EM loggen for å se utseilt distanse. Dermed må navigatøren regne seg frem til hvor langt det er igjen på inneværende legg før tårn. Ved å ha kursmarkøren og nedtellingsindikatoren tilgjengelig i navigatørens synsfelt (Field Of View, FOV), gjør det at navigatøren hele tiden før, under og like etter tårn kan følge opp fartøyets kurs. Siden EM loggen også blir brukt som en sekundær tårnindikator, er det viktig å vise EM loggen i brillen under seilaset. Her vil nedtellingsindikatoren være en sekundær kontroll for navigatøren før tårn. Dette gjør det mulig for navigatøren å følge opp og gjøre tiltak hvis det skulle være nødvendig.



Figur 4.5: Kursmarkør og nedtellingsindikator dukker opp ved en forhåndsprogrammert tid/distanse før tårn

I tårn vil også neste stevningsobjekt dukke opp som en neon-grønn opp-ned trekant (illustrert i Figur 4.5 i midten av bildet). Dette for at navigatøren skal slippe å bruke mye tid og ressurser på å identifisere og sortere ut hvilket objekt som er stevningsobjektet på neste kurs. Dette kan være rimelig utfordrende, da det mange steder langs norskekysten er stor tetthet med lignende blinker og lykter, og det er lett å mistolke lyskarakteristikken. Ved at systemet til enhver tid vet hvor det er ved å både bruke GPS, radar overlay, EM Logg og gyrokompasset, kan det vise riktig objekt til navigatøren. Selv om systemet gjør dette selv, må det fortsatt innarbeides en rutine for at navigatøren bekrefter og verifiserer at de objektene systemet oppgir, faktisk er de riktige objektene. Dette fordi ingen systemer er 100 % pålitelige eller feilfrie.

4.8 Radar og nattseilas

Radar er noe vaktseilene bruker hyppig for å blant annet skille ut ekkoer, se fremover i seilaset, sjekke trafikk tettheten og at ECDIS er riktig. En funksjon vi ser for oss, er at HMD systemet kan benytte seg av radar for å sjekke systemets integritet og validitet. Radar overlay benyttes som en metode for å kontrollere at ECDIS er pålitelig når vi seiler, og dette er noe vi tenker å implementere slik at systemet kan sjekke sin egen integritet ved hjelp av radar overlay. Ved at systemet har tilgang til radaren og benytter seg av auto-tracking, kan ekko som ikke korresponderer med blant annet sjømerker, land, oppdrettsanlegg, broer og høyspentledninger vises i brillen for å gjøre navigatøren oppmerksom. De blir da vist som blå-grønne stripete små bokser i brillen i rettvise peiling og avstand fra fartøyet (se *Tabell 2*). Dette slik at navigatøren kan forsøke å finne ut hva ekkoet er, og har anledning til å fjerne det senere hvis det skulle vise seg å ikke være noe fare for seilaset.

Ved nattseilas med brillen ser vi at funksjonen som viser safety depth kan være vanskelig å benytte seg av. Dette fordi man ikke kan se landkonturene, med mindre man bruker nattoptikk. Dermed kan det bli rotete å se magenta fargede streker i brillen, i tillegg til at man kan feilvurdere avstanden til land. Figur 4.6 viser hvordan grensesnittet vil se ut under nattseilas for å danne et bilde av hvordan det vil være for navigatøren.



Figur 4.6: Illustrasjonbilde fra Skjold-simulatoren som viser brukergrensesnittet i tårn ved nattseilas

4.9 Design og størrelse på Hololens

Når det gjelder selve brillen, fikk vi indikasjoner fra vaksjefene på at de var skeptisk til å ha noe som var på hodet da fartøyet rister mye under seilas. Vaksjefene var også skeptisk til at det kunne meget ubehagelig over tid hvis man har ekstra vekt på hodet. Hololens veier 579 g (Rubino, 2016) noe som gjør at navigatøren kan bruke den over lengre tid uten å bli utslitt i nakken.



Figur 4.7: Microsoft Hololens sett fra siden (Viswav, 2016)

Hololens er også slik at den er lett å justere og tilpasse hodet til den individuelle navigatøren, samt at det er mulig å endre nesepute. Brillen oppdager automatisk avstanden mellom pupillen til brukeren slik at bildet som vises blir presentert riktig og der brukeren ser. Fordelen med at man kan manuelt justere hodestroppen og at systemet automatisk justerer pupillbredden, er at i motsetning til F-35 sin hjelm som er spesiallaget til hver enkelt pilot, kan navigatøren enkelt overlevere brillen til nestemann.

Som diskutert i kapittel 2.11 er det problematisk å bruke Hololens for navigatører med briller eller linsener. Dette kan være et stort problem hvis navigatøren ikke får tid til å skifte til briller eller ta ut linsene, slik at han blir hindret i å se ut. Ved å benytte Rochester Optical sin løsning sammen med Hololens ser vi på dette problemet som minimalt. Navigatøren vil bli pålagt å ikke bruke private briller men heller bruke Rochester Optical sine spesialbriller. Dermed vil navigatører med briller i like stor grad kunne benytte seg av HMD.

4.10 utfordringer

Systemet har flere fallgruver. En av utfordringene både vi og vaktsefene dro frem, var faren med at navigatøren og vaktsef ser to forskjellige bilder med informasjon. Dette vil si at når Skjold-klassen seiler, ser vaktsef både sin egen og navigatørens ECDIS samt radar skjermen. Dermed kan han ha kontroll på hva navigatøren ser og gjør. Hvis vaktsef og navigatøren ser forskjellig informasjon, kan dette føre til farlige situasjoner av den grunn at vaktsef ikke vet hva navigatøren tenker eller planlegger. Her er det da enda viktigere å være eksplisitt med alt det som navigatøren gjør og tenker, slik at både vaktsef og navigatør har et likt situasjonsbilde og vet hva som kommer til å skje. Det skal være sagt at med dagens metoder for hurtigbåtnavigering benytter hver enkelt vaktsef/navigatør forskjellige verktøy og moduser i sine respektive ECDIS, alt etter hva de selv ønsker eller er vant med. I HMD systemet ser vi for oss at det blir et standardoppsett, i likhet med standardoppsettet på en ECDIS, med mulighet til å velge de funksjonene man ønsker til enhver tid ut ifra situasjon og trafikkbilde. Slik ECDIS-systemet er i dag, ser vi for oss at det skal være en «suppress»-knapp man kan trykke på for å fjerne alt av informasjon i displayet, slik at man kan løse den oppståtte situasjonen uten forstyrrelser. Hvis enten navigatøren eller vaktsefen ikke ønsker å bruke brillen, må rutiner være så godt drillet inn at den som ikke har på seg HMD systemet fortsatt vet hva som skjer og får den samme informasjonen gjennom ECDIS og kommunikasjon.

En annen risiko vi og vaktsefene frykter, er at navigatøren kan gå inn i «playstation-mode». Dette vil si at navigatøren blir for vant til, og for skråsikker på systemet slik at han slutter å monitorere og kontrollere seilaset. Hvis fartøyet da blir utsatt for jamming og annen degrading setter det store krav til systemets integritetskontrollere for å oppdage feil på seg selv og sensorene sine. Dermed skal systemet varsle brukeren slik at han kan utføre tiltak. Dette er en stor risiko, da slike feil kan medføre store ulykker. For å forhindre dette bør det være drillet inn gode nok rutiner og prosedyrer, samt å utføre jevnlig øvelser hvor systemet blir degradert uten at navigatøren er kjent med det.

Ved bruk av Hololens til å projisere informasjonen vil en ulempe være at den er trådløs. Selv

om dette er for at det skal være enkelt for brukeren å bære brillen, er det i en maritim, taktisk situasjon kritisk at informasjonen er kryptert og ikke trådløs. Hololens transmitterer informasjon til «device portal» (se kapittel 2.9), noe som gjør at det er mulig for utenforstående å fjernstyre og spionere på brillen fra en datamaskin. To mulige løsninger slik vi ser det, er at det må brukes en kabel for overføring av informasjon fra systemene til brillen, eller ved kryptering av signalet fra brillen.

5 Konklusjon med anbefaling

Vår konklusjon på oppgavens problemstilling er at bruk av Augmented Reality og Head Mounted Display som et navigasjonshjelpemiddel vil hjelpe navigatøren med å seile sikrere og få bedre Situational Awareness. Dette gjøres ved at tiden navigatøren må se ned i skjermer minimeres ved at den nødvendige informasjonen han trenger blir overført direkte til HMD. Vi kan dermed konkludere med at navigatøren vil bli i stand til å forbedre sine egne ferdigheter ved bruk av HMD. Dette mener vi er fordi navigatøren får informasjonen i en brille som gjør han i stand til å fokusere ut av vinduet under hele seilaset og kan dermed navigere raskere, tryggere og mer effektivt.

Som vaktsefene konkluderte med i intervjuet, er det viktig med prosedyrer, rutiner og kommunikasjon innad i broteamet. Dette er momenter vi mener er helt kritisk og nødvendig å forskes videre på for å sikre de beste løsningene. Dersom forskning, kontroll og oppfølging ikke blir gjort grundig nok, er sjansene store for at ulykker tilsvarende Sleipnerulykken kan forekomme på nytt.

En av de store utfordringene med systemet er at det må velges riktige farger i forhold til hva navigatøren klarer å se. I kapittel 4.2 har vi presentert hvilke farger vi har kommet fram til på bakgrunn av hva IMO og IHO krever av et ECDIS system. Disse kravene konkluderer vi med at skal implementeres i brillen, da det menneskelige øyet registrerer disse fargene raskest. Ved å benytte fargepaletten vi har kommet frem til sammen med formel 2.1, får man den ideelle lysstyrken og utseendet for alle forhold. Videre konkluderer vi at det er nødvendig med mer forskning vedrørende størrelsen på tall, bokstaver og symboler, samt hvordan disse bør se ut, da dette er viktig for navigatøren om natten.

I kapittel 4.4 argumenterer vi for bruken av FLIR og kameraer for å se «gjennom» skroget til fartøyet. Dette mener vi er et viktig taktisk- og manøvreringsverktøy som vil være til stor hjelp for navigatøren, men som vi ikke mener er kritisk for navigasjonssikkerheten.

Med bakgrunn i drøftingen kan vi konkludere med at det grafiske brukergrensesnittet bør utformes på en slik måte som fremstilt i Figur 4.3. Dette etter å ha sett på hvor navigatøren ser når han seiler (se Figur 4.1), hva vaktsjefene og forskningen mener. Ved å kombinere meningene fra disse tre perspektivene har vi laget brukergrensesnittet slik vi ser det mest hensiktsmessig for hurtigbåtnavigasjon. Vi har utarbeidet det på en slik måte at det skal være så enkelt som mulig å finne og tolke informasjonen for navigatøren under et seilas, uten at han trenger å se noen andre steder enn ut vinduet. Informasjonen navigatøren før hadde behov for å se etter i ECDIS og radar, vil han nå få presentert i HMD systemet. Dermed kan vi konkludere med at HMD systemet vil frigjøre mer tid for navigatøren og gjøre seilaset sikrere.

I drøftingen trekker vi frem at det er gjort minimalt med forskning på sivil skipsfart og Augmented Reality. Vi konkluderer dermed med at Sjøforsvaret må se til flyindustrien og spesielt kampfly når det kommer til utvikling og integrering av et slikt system. Som beskrevet i kapittel 2.8.1 har flyindustrien forsket på HMD siden 60-tallet. Vi mener at selv om det blir praktisert to ulike former for navigasjon, er det mye kunnskap og erfaring å hente fra flyindustrien. Derfor fastslår vi at overgangen og implementeringen av et slikt system vil bli både raskere og mer problemfritt.

Som nevnt innledningsvis i oppgaven, vil det alltid være slik at ethvert teknisk system vil føre med seg noen svakheter. Dette vil også være tilfellet for HMD. For det første ser vi det som en svakhet at navigatøren enkelt kan havne i «playstation-mode» som beskrevet i kapittel 4.10. Dette mener vi kan løses på flere måter. Systemet vil ha en integritetskontroll av egne sensorer og system, hvor den varsler brukeren hvis noe ikke er som det skal være. Velutviklede og innlærte prosedyrer kan videre bidra til å unngå at navigatøren havner i «playstation-mode», herunder at navigatøren som en del av prosedyrene er lært opp til å kontrollere systemet underveis i seilassen.

For det andre er systemet trådløst noe som medfører en del taktiske risikoer. Som beskrevet i kapittel 4.10 er den beste løsningen enten å bruke kablet overføring eller krypterte signalene, slik at uvedkommende ikke kan plukke opp og tukle med signalene.

På bakgrunn av de ovennevnte drøftinger er vår konklusjon at HMD bør implementeres i marinen, da dette på tross av enkelte utfordringer og ulemper, samlet sett vil med videre forskning kunne føre til at navigatøren kan seile sikrere og ha bedre situasjonsforståelse.

6 Videre arbeid

HMD systemet er pr dags dato så nytt at det fortsatt gjenstår mye arbeid, forskning og utvikling for at systemet kan bli tatt i bruk på marinens fartøyer. Stadig flere sivile bedrifter har imidlertid startet utvikling av egne applikasjoner og bruksområder, hvilket bidrar til å drive utviklingen videre. Potensialet er stort.

Vi mener Forsvaret også må bidra til å satse på forskning og utvikling, da vi anser HMD som den fremtidige og foretrukne navigasjonsløsningen innenfor Forsvaret i fremtiden.

Av områder som vi anser det bør undersøkes og forskes mer på er:

- Hvordan bør fremtidige prosedyrer og rutiner innen seiling bli seende ut når man benytter HMD og AR?
- Forholdet mellom vaktsjef og navigatør ved bruk av AR og HMD.
- Videre forskning på fargepalett, symboler, tall og tekst til HMD systemet.
- Hvordan kan HMD og AR implementeres i en operativ setting med tanke på jamming, Dead Reckoning?
- Hvordan implementere de taktiske systemene som Link 11 og 16 i HMD systemet?
- Hvordan man kan bruke Hololens og skrogmonterte kameraer slik at Seaprotector operatøren får bedre SA, kan hurtigere og mer effektivt bekjempe trusler?
- Kan operasjonsrommet få bedre SA ved å benytte de skrogmonterte kameraene og Hololens?

Vi anser det også hensiktsmessig at man starter så tidlig som mulig med forsøk og tester på hvordan informasjon, utseende og brukervennlighet bør være for navigatørene som skal benytte seg av systemet.

1 Bibliografi

6.1 Litteratur

Azuma, Ronald T.

1997. *A survey of Augmented Reality*. Malibu: Hughes Research Laboratories.

De Vlaming, Arthur, Rick Verhoef, Erin Meijer og Maarten Kuipers

2013. *Augmented Reality used in Navigation*. Rotterdam: Netherland Maritime University.

Equasis

2015. *The World Merchant Fleet in 2015 Statistics from Equasis*. Saint-Malo: French Ministry for Transport.

Fedderson, W. E.

1962. *Simulation Evolution of a Head Mounted Orientation Display*. Texas: Bell Helicopter Company

Geoghegan, Brendan J.

2015. *Navigation head-up display*. Monterey: Naval Postgraduate School.

Goldberg, Joseph H., Anna M. Wichansky

2002. *Eye tracking in usability evaluation: A practitioner's guide*. Oxford: Elsevier Science.

Hareide, Odd Sveinung, Runar Ostnes

2017. *Scan pattern for the maritime navigator*. Bergen: In Press TransNav Journal.

International Hydrographic Organization (IHO)

2010. *S-52 – Specifications for Chart Content and Display Aspects of ECDIS*. Monaco: International Hydrographic Bureau.

International Maritime Organization

2006. *Resolution MSC.232 (82) Adoption of the Revised Performance Standards for Electronic Chart Display and Information Systems (ECDIS)*. London: IMO Publishing

2016. *IMO IE978E Performance Standards for Shipborne Radiocommunications and Navigational Equipment*. London: IMO Publishing

Klyve, Per, John Ihler, Bernt Goksøyr

2010. *Nasjonal Kvalitetshåndbok for Oftalmologi*. Oslo: Mood Grafisk Design.

Ryer, Alex

1997. *The Light Measurement Handbook*. Peabody: Technical Publications Dept. International Light Technologies.

Schanda, János

2007. *Colorimetry: Understanding the CIE System*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.

Schubert, E. Fred

2006. *Light Emitting Diodes*. Troy NY: Cambridge University Press.

Thompson, Jason I.

2005. *A Three Dimensional Helmet Mounted Primary Flight Reference for Paratroopers*. Ohio: Air Force Institute of Technology

Weinrit, Adam

2009. *The Electronic Chart Display and Information System (ECDIS)*. Boca Raton: CRC Press.

Wood, Robert b., Peter J. Howells

2001. *The Avionics Handbook*. Williamsburg: CRC Press.

6.2 Internett

Bhattacharjee, Shilavadra

2017. What is Dead Reckoning Navigation Technique at Sea?

<http://www.marineinsight.com/marine-navigation/what-is-dead-reckoning-navigation-technique-at-sea/> 23.05.2017.

Cipra, Barry

1993. Engineers Look to Kalman Filtering for Guidance.

http://www.cs.unc.edu/~welch/kalman/siam_cipra.html 26.05.2017.

Continental

2014. Head-up Display.

<http://continental-head-up-display.com/> 24.05.2017.

Hachman, Mark

2016. We found 7 critical HoloLens details that Microsoft hid inside its developer docs.

<http://www.pcworld.com/article/3039822/consumer-electronics/we-found-7-critical-holo-lens-details-that-microsoft-hid-inside-its-developer-docs.html> 24.05.2017.

Kaiser, Peter K.

2005. Lambdas.

<http://www.yorku.ca/eye/lambdas.htm> 24.05.2017

Lighting Analysts, Inc.

2017. Photopic, Mesopic and Scotopic – Concepts.

[http://docs.agi32.com/AGI32/AGI32%20Help_Left.htm#CSHID=references%2FPhotopic_Mesopic_Scotopic - Concepts.htm|StartTopic=Content%2FPreferences%2FPhotopic_Mesopic_Scotopic - Concepts.htm|SkinName=WebhelpSkin](http://docs.agi32.com/AGI32/AGI32%20Help_Left.htm#CSHID=references%2FPhotopic_Mesopic_Scotopic_-_Concepts.htm|StartTopic=Content%2FPreferences%2FPhotopic_Mesopic_Scotopic_-_Concepts.htm|SkinName=WebhelpSkin) 27.05.2017.

MacEvoy, Bruce

2015. Light and the Eye.

<http://www.handprint.com/HP/WCL/color1.html> 24.05.2017.

Michail, Ashraf

2016. What's a light point?

<https://forums.hololens.com/discussion/92/whats-a-light-point> 24.05.2017.

Microsoft Hololens

2017. A new way to see your world.

<https://www.microsoft.com/en-us/hololens/hardware> 24.05.2017.

2017. Hololens Hardware Details.

<https://developer.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/hololens-hardware-details#weight> 29.05.2017.

Nave, Carl Rod

2012. CIE Tristimulus Values.

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/vision/colper.html> 24.05.2017

Novatel

2017. Error Sources.

<https://www.novatel.com/an-introduction-to-gnss/chapter-4-gnss-error-sources/error-sources/> 23.05.2017.

Pupil Labs

2017. Technical Specifications & Performance.

<https://pupil-labs.com/vr-ar/> 24.05.2017.

Rochester Optical

2016. Rochester Optical Launches Smart Gold Prescription Insert for Microsoft Hololens.

<https://www.rochesteroptical.com/press-releases/rochester-optical-launches-rx-insert-for-hololens/> 29.05.2017.

Rockwell Collins

2014. F-35 Gen III Helmet Mounted Display System.

<https://www.rockwellcollins.com/~media/Files/Unsecure/Products/Product%20Brochures/Displays/Soldier%20Displays/F-35%20Gen%20III%20Helmet%20data%20sheet.aspx>
24.05.2017.

Royal Australian Air Force

2016. Air Force Explores Augmented Reality Visualization (ARV).

[https://www.airforce.gov.au/News/Air-Force-explores-Augmented-Reality-Visualisation-\(ARV\)?RAAF-70CPWSHH7iRVVjF7TbzjaIBKOpCRdCzf](https://www.airforce.gov.au/News/Air-Force-explores-Augmented-Reality-Visualisation-(ARV)?RAAF-70CPWSHH7iRVVjF7TbzjaIBKOpCRdCzf) 26.05.2017.

Rubino, Daniel

2016. These are the full hardware specifications of the Microsoft Hololens.

<http://www.windowscentral.com/hololens-hardware-specs> 24.05.2017.

Seck, Hope Hodge

2016. Pilots to Test Fix for F-35 Helmet «Green Glow» Problem.

<https://www.defensetech.org/2016/08/16/pilots-to-test-fix-for-f-35-helmet-green-glow-problem/> 24.05.2017.

Stokes, Michael, Matthew Anderson, Srinivasan Chandrasekar, Ricardo Motta

1996. A Standard Default Color Space for the Internet – sRGB.

<https://www.w3.org/Graphics/Color/sRGB> 27.05.2017.

The Physics Classroom

2016. Visible Light and the Eye's Response.

<http://www.physicsclassroom.com/class/light/Lesson-2/Visible-Light-and-the-Eye-s-Response> 24.05.2017.

Valmot, Odd Richard

2015. Dette er forskjellen på Lumen, Lux og Candela.

<https://www.tu.no/artikler/dette-er-forskjellen-pa-lumen-lux-og-candela/275787>

24.05.2017.

Walker, John

1996. Colour Rendering of Spectra.

<https://www.fourmilab.ch/documents/specrend/> 27.05.2017.

6.3 Figurer

Brandal, Stig, Odd Sveinung Hareide

2017. Faser I navigasjon. Bergen: HOS Grafisk

Charara, Sophie

2017. Microsoft Hololens: Everything you need to know about the \$3000 AR headset.

<https://www.wareable.com/microsoft/microsoft-hololens-everything-you-need-to-know-about-the-futuristic-ar-headset-735> 24.05.2017.

Green, Marc

2013. Night Vision.

<http://www.visualexpert.com/Resources/nightvision.html> 24.05.2017.

NASA (National Aeronautics and Space Administration)

2017. What Wavelength Goes With a Color?

https://science-edu.larc.nasa.gov/EDDOCS/Wavelengths_for_Colors.html 24.05.2017

Nave, Carl Rod

2012. The CIE Chromaticity Diagram.

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/vision/cie.html#c2> 27.05.2017.

Pupil Labs

2017. Hardware Add-Ons.

<https://pupil-labs.com/vr-ar/> 24.05.2017.

Røed, Christoffer

2016. KNM Skjold.

http://mediarkiv.forsvaret.no/fotoweb/archives/5016-Sj%C3%B8forsvaret/Indekserte%20bilder1/2016/11/DSC_0870.jpg.info 24.05.2017.

Snyder, Christiane

2016. Degrees of Freedom.

<http://www.leadingones.com/articles/intro-to-vr-4.html> 24.05.2017.

Templeton, Graham

2015. F-35 helmet uses retina projection to give pilots a «God's eye view».

<https://www.geek.com/chips/f-35-helmet-uses-retinal-projection-to-give-pilots-a-gods-eye-view-1616488/> 24.05.2017.

Tobii

2017. How do Tobii Eye Trackers work?

<https://www.tobiipro.com/learn-and-support/learn/eye-tracking-essentials/how-do-tobii-eye-trackers-work/> 24.05.2017.

Viswav, Pradeep

2016. Difference between Hololens Development Edition and Commercial Suite.

<https://mspoweruser.com/difference-hololens-development-edition-commercial-suite/>

24.05.2017.

6.4 Foredrag

Endsley, Mica R.

1988. *Design and evaluation for situation awareness enhancement*. Anaheim: Foredrag for "Human Factors and Ergonomics Society 32nd Annual Meeting", 24-28. Oktober.

Hareide, Odd Sveinung, Runar Ostnes, Frode Voll Mjelde

2016. *Understanding the Eye of the Navigator*. Helsinki: European Navigation Conference.

30. mai-02. juni.

6.5 Regjeringsdokumenter

Norges Offentlige Utredninger 2000:30

Hurtigbåten MS Sleipners forlis 26. November 1999. Oslo: Justis- og politidepartementet

2 Vedlegg

Intervjuspørsmål til Bachelor Augmented Reality og Head Mounted Display:

- Hvor gammel er du?
- Hvor lenge har du seilt i marinen?
- Hva kan du om augmented reality innenfor navigasjon? Hva tror du det er og hvilke muligheter tror du det gir oss?
- Hva mener du om augmented reality som et navigasjonshjelpemiddel om bord på skjold-klassen
- Hvilke funksjoner ser du for deg er de viktigste å få implementert som ett verktøy i AR ved bruk av HUD
- Hva mener du vil være overflødig eller kunne skape farlige situasjoner