

FFI RAPPORT

MOT ET NBF OGSÅ UNDER VANN – Noen muliggjørende sensor- og kommunikasjonsteknologier TEKNOLOGIINNSPILL TIL FS 07

KNUDSEN Tor, LØDØEN Stig E

FFI/RAPPORT-2005/03938

**MOT ET NBF OGSÅ UNDER VANN – Noen
muliggjørende sensor- og kommunikasjonsteknologier
TEKNOLOGIINNSPILL TIL FS 07**

KNUDSEN Tor, LØDØEN Stig E

FFI/RAPPORT-2005/03938

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT
Norwegian Defence Research Establishment
Postboks 25, 2027 Kjeller, Norge

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT (FFI)
Norwegian Defence Research Establishment

UNCLASSIFIED

P O BOX 25
 NO-2027 KJELLER, NORWAY
REPORT DOCUMENTATION PAGE

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/RAPPORT-2005/03938 1a) PROJECT REFERENCE FFI-IV/1039/914	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED 2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	3) NUMBER OF PAGES 26		
4) TITLE MOT ET NBF OGSÅ UNDER VANN – Noen muliggjørende sensor- og kommunikasjonsteknologier TEKNOLOGIINNSPILL TIL FS 07 UNDER WATER NETWORK CENTRIC WARFARE				
5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) KNUDSEN Tor, LØDØEN Stig E				
6) DISTRIBUTION STATEMENT Approved for public release. Distribution unlimited. (Offentlig tilgjengelig)				
7) INDEXING TERMS IN ENGLISH: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> a) <u>Autonomous sensors</u> b) <u>underwater communication</u> c) <u>sonar</u> d) <u>Net centric warfare</u> e) <u>Underwater surveillance</u> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> IN NORWEGIAN: a) <u>Autonome sensorer</u> b) <u>undervannskommunikasjon</u> c) <u>Sonar</u> d) <u>Netverksbasert forsvar</u> e) <u>undervannsovervåkning</u> </td> </tr> </table>			a) <u>Autonomous sensors</u> b) <u>underwater communication</u> c) <u>sonar</u> d) <u>Net centric warfare</u> e) <u>Underwater surveillance</u>	IN NORWEGIAN: a) <u>Autonome sensorer</u> b) <u>undervannskommunikasjon</u> c) <u>Sonar</u> d) <u>Netverksbasert forsvar</u> e) <u>undervannsovervåkning</u>
a) <u>Autonomous sensors</u> b) <u>underwater communication</u> c) <u>sonar</u> d) <u>Net centric warfare</u> e) <u>Underwater surveillance</u>	IN NORWEGIAN: a) <u>Autonome sensorer</u> b) <u>undervannskommunikasjon</u> c) <u>Sonar</u> d) <u>Netverksbasert forsvar</u> e) <u>undervannsovervåkning</u>			
THESAURUS REFERENCE: 8) ABSTRACT Network centric warfare has proven itself as one of the most important development military developments in recent years. It is now being introduced in more and more land- and air- equipments and systems. Underwater the lack of adequate communication has hampered a similar development. This paper deals with some of the problems one encounters when the concept of net centric warfare is being introduced to the world of under water systems. New systems that may make net centric warfare under water possible are described.				
9) DATE 2006-19-05	AUTHORIZED BY This page only Elling Tveit	POSITION Director of Research		

ISBN 82-464-1019-9

UNCLASSIFIED

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

INNHOLD

	Side	
1	SAMMENDRAG	7
2	INNLEDNING	8
3	OVERORDNET MÅLSETTING	9
4	ROLLER OG OPPGAVER	9
4.1	Overvåkning av undervannsdomenet	10
4.2	Integrerte operasjoner med overflatefartøyer	10
4.3	Kommunikasjon	11
4.4	Satellitt (SATCOM) og radio kommunikasjon	11
4.5	Kommunikasjon under vann	13
4.5.1	Elektromagnetisk og optisk kommunikasjon	13
4.5.2	Akustisk kommunikasjon	14
4.5.3	Kobling mellom NbF over og under vann	15
5	NBF UNDER VANN	16
5.1	Nettverksintegerte Sensor/Effektor Systemer	16
5.2	Integrerte anti-ubåt operasjoner (tett samarbeid mellom fregatter og egne ubåter)	18
5.2.1	Hvordan kan ubåter kommunisere skjult?	19
6	KYST OG HAVNEOVERVÅKNING	20
7	INTEGRERTE UBÅT OG AUV OPERASJONER	21
8	KOSTNADSOVERSLAG	21
8.1	Satellittkommunikasjon	22
8.2	NBF Under vann	22
8.2.1	Nettverksintegerte Sensor/Effektor Systemer	22
8.2.2	Forutsetninger for kostnadsberegningen	23
8.2.3	Kostnader -tall og figurer	23
8.2.4	Kvalitative implikasjoner i forsvarsstrukturen	24
8.3	Kommunikasjon med/via nettverksintegerte sensor/effektor systemer	24
8.4	IFF og skjult kommunikasjon mellom ubåt og fregatt	24
8.4.1	Utstyr på fregatten	25
8.4.2	Utstyr for ubåt	25
9	KONKLUSJON	25

MOT ET NBF OGSÅ UNDER VANN – Noen muliggjørende sensor- og kommunikasjonsteknologier

1 SAMMENDRAG

Konseptet nettverkbasert forsvar (NbF) begynner nå å få sin form og implementeres også i det norske Forsvaret. Hittil har det naturlige fokus vært NbF over vann. For å integrere alle deler av det norske Forsvaret i NbF sammenheng, må en inkludere NbF *under* vann slik at iboende og potensielle nye egenskaper til undervannsbåter, AUVer og fremtidige undervannssensorsystemer kan utnyttes..

NbF er avhenging av effektiv kommunikasjon mellom de deltagende enhetene. I overskuelig fremtid ser det ut til at akustisk kommunikasjon må benyttes mellom enheter under vann, kombinert med radio- og satellittkommunikasjon når informasjonen skal distribueres videre over vann

FFI har i de senere årene gjennomført innledende studier relatert til problemstillingen NbF under vann. I denne sammenheng har FFI samarbeidet med ledende nasjoner som USA og Canada i tillegg til NATOs forskningscenter NURC. Denne tilnærmingen er viktig både mht interoperable løsninger og det faktum at disse nasjonene er blant de som er kommet lengst relatert til NbF under vann.

Det kanskje viktigste området på kort sikt er nettverksintegreerte sensor/effektor systemer hvor det allerede er utviklet konseptuelle løsninger og gjennomført tester av forskjellige autonome systemer. FFI har fått i oppdrag å utvikle et prototypsystem bestående av autonome sensorer og kommunikasjonsnoder, som skal kunne benyttes i CDE forsøk for å vurdere den operasjonelle og taktiske bruken av slike systemer i fremtiden. Målsettingen er at systemet skal være enkelt å sette ut og tas opp etter øvelsen. Etter enkelt vedlikehold skal sensorer og kommunikasjonsnoder kunne benyttes om igjen.

Ett annet interessant konsept som bør videreutvikles er knyttet til integrerte anti-ubåt operasjoner hvor tettere samarbeid mellom overflatefartøyer og undervannsbåter kan gi økt operativ effekt. For å få dette til kreves en skjult kommunikasjonskanal mellom ubåt og overflatefartøy som til enhver tid er tilgjengelig. En mulig metode å løse dette på er å utnytte de aktive signalene fra overflatefartøyet ("ping") til å skjule kommunikasjonen. Metoden vil gjøre det mulig å innføre IFF (Identification Friend/Foe), slik at ekko fra "våre" ubåter vil bli merket på sonardisplayet. Metoden gjør det også mulig å ha en kontinuerlig skjult kommunikasjon mellom fregatter og samarbeidende ubåter, riktignok en kommunikasjon med lav datarate.

I tillegg til systemene nevnt over er det også behov for en ”indre forsvarslinje” for å beskytte indre kyst, havner og ilandføringssteder for f.eks. olje og gass. Også innenfor dette området finnes det eksisterende prototyper, og Forsvaret og FFI samarbeider med militære forskningslaboratorier i utvalgte land.

Innføring av NbF under vann er en helt nødvendig forutsetning for at alle våre strukturelementer integreres i NbF konseptet. Operativt vil NbF under vann gi betydelig merverdi ved at undervannsbåter, AUVer og nye undervannssensorer og -effektorer vil kunne interoperere med ”alle” komponenter i Forsvaret.

Kostnadene til de forskjellige systemene er anslått til:

- Satellittkommunikasjon: 2 MNOK per ubåtinstallasjon
- Akustisk kommunikasjon til undervannsnettverk: 1 MNOK per ubåtinstallasjon
- Nettverksintegreerte sensor/effektor systemer: 115 MNOK for et system med 200 sensorer og 100 kommunikasjonsnoder inkludert driftskostnader over 20 år.
- Skjult kommunikasjon mellom overflate fartøy og ubåter:
 - For fregattene: 20 MNOK i utvikling av systemet og 50 MNOK for produksjon og installasjon på 5 fregatter.
 - For ubåtene: 10 MNOK til utvikling og tester. 2 MNOK pr enhet ferdig installert per ubåt.

2 INNLEDNING

De gamle doktrinene om autonome styrker som opererer mer eller mindre på egen hånd er forlatt. Erfaringene fra de siste kriger og ikke minst USAs militære suksess de siste årene har for alltid demonstrert hvor effektivt krigsoperasjoner kan gjennomføres når de militære styrkene kan opptre tett koordinert, noe som krever tidsriktig, sikker og skjult kommunikasjon. Uten denne kommunikasjonen faller det nettverkbaserte forsvaret, NbF, fra hverandre.

Sjøvann er elektrisk ledende og påvirker alle elektriske felt slik at elektromagnetisk kommunikasjon raskt dempes og dermed er ubrukelig på avstander over noen få bølgelengder. I det optiske området er det et vindu i det blågrønne området hvor lysets dempning er redusert. På korte rekkevidder (under 100 m) kan man benytte kraftige lasere til kommunikasjon i rent vann. Blir avstanden lenger er det ikke funnet noen alternativer til akustisk lydforplantning under vann. Fartøyer på overflaten kan benytte radio- og satellittkommunikasjon til å sende og motta større informasjonsmengder, men ingen av disse systemene gjør det mulig for enheter under vann å bli tett integrert i et nettverksbasert forsvar. I vikeligheten kan man si at Forsvaret hittil ikke engang har hatt noe som ligner på NbF under vann. Denne rapporten omhandler nye systemer som nå er under utvikling og som kan forandre på dette. Det har imidlertid lite for seg å utvikle slike systemer uten at det kan føre til en vesentlig forbedring av den måten konkrete oppgaver kan løses på. Rapporten fokuserer derfor på en del oppgaver og viser hvordan nye systemer og teknologi som er under utvikling kan påvirke måten undervannsforsvar og overvåkning gjøres på i løpet av den neste 10-20 års perioden.

3 OVERORDNET MÅLSETTING

En målsetting med NbF under vann er å øke den operative ytelsen og redusere risikoen for tap av personell og utstyr både når det gjelder overvåkning av undervannsaktivitet og undervannsforsvar. I tillegg bør innføring av NbF under vann kunne implementeres uten at kostnadene blir alt for store.

Våre styrker deltar ofte i internasjonale operasjoner. Det bør derfor også være en målsetting at vårt NbF-system under vann skal kunne tilknyttes tilsvarende allierte systemer, slik at alliansen oppnår en reell styrkemultiplisering når våre styrker deltar.

4 ROLLER OG OPPGAVER

Når det gjelder overvåking av undervannsaktivitet er det naturlig å skille mellom overvåking med og uten ubåter eller AUVer, og spesielt om enhetene opererer neddykket eller om de har anledning til å stikke antenner opp i luften. Ubåter har alltid kunnet kommunisere via radio og satellitt ved å stikke en antenne opp i luften, og i disse situasjonene kan man si at ubåter er en del av NbF. Men kravet til å ha en antenne over vannet begrenser sterkt ubåtens mulighet til å utnytte sin styrke, nemlig evnen til å operere skjult og utnytte hele det tredimensjonale undervannsrommet. Det er derfor viktig å utvikle nye kommunikasjonssystemer som vil kunne gjøre det mulig å kommunisere i hele undervannsdomenet og samtidig holde denne kommunikasjonen skjult.

Det kan være viktig for undervannsfarkoster å kunne kommunisere under gjennomføringen av et oppdrag. Dette impliserer at undervannsfarkostene må kunne kommunisere i hele vannvolumet og i alle fartstrinn som operasjonen krever. Det finnes ingen enkeltstående løsning som dekker alle kravene, så en må implementere en rekke forskjellige teknologier som til sammen dekker behovene. Dette notatet skisserer noen alternativer som dekker en del av behovene.

Et viktig element relatert til NbF under vann er sikker og god navigasjon. For at det skal være mulig å bygge opp et sikkert og godt taktisk bilde, er det essensielt at posisjonen til alle plattformer, sensorer og effektorer¹ til enhver tid er riktig og nøyaktig. Navigasjonsfeil i en slik sammenheng vil kunne bli fatal. Skal en effektor benytte fyringsdata fra en annen kilde (ekstern sensorinformasjon), er det ikke bare viktig at sensoren er god, men at også posisjonen til både sensoren og effektoren er riktig. Dette er en stor utfordring under vann, siden plattformene, sensorene og effektorene ikke har tilgang til GPS-signaler. Gode navigasjonssystemer må derfor implementeres i komponentene.

Ubåter vil også i fremtiden (gjærne sammen med AUVer) ha et oppgavespekter som inkluderer anti-ubåt krigføring, anti-overflate krigføring, tilstedeværelse, minekrigføring,

¹ En effektor er det reaksjonssystemet som velges i den gitte situasjonen. Er oppdraget å overvåke et område kan effektoren være et maritimt patruljefly, MPA, som slipper sonobøyer for å følge kontakten. I en krigssituasjon kan effektoren være en torpedo som skytes ut fra egen plattform, fra en annen ubåt, fra overflatefartøy eller fly.

spesialoperasjoner, ISTAR (Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance) og eventuelt maktprojeksjon. Det nye er at operasjonen skal gjøres i en nettverkbasert sammenheng, noe som fører til nye/andre utfordringer og måter å gjennomføre operasjonene på. Kravet blir tettere samarbeid med andre enheter, bedre informasjonstilgang og bedre situasjonsforståelse. Under beskrives to interessante operasjonstyper i mer detalj.

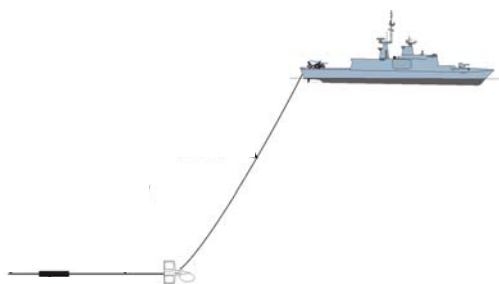
4.1 Overvåkning av undervannsdomenet

Det kan være stor forskjell på om overvåkning av undervannaktiviteten skjer i hav- og kystområder som tilhører et vennligsinnnet land, eller om operasjonene må skje i det skjulte og det i tillegg ikke er mulig å benytte kysten i operasjonen. Eksempler på oppgaver kan være:

- Skjult overvåkning av overflatetraffikk
- Overvåkning av fremmede konvensjonelle og atomubåter
- Overvåkning av undervannsaktivitet utført med små ubåter eller AUVer.
- Overvåkning av havner og viktige ilandføringsstasjoner og oljeinstallasjoner
- Undervannsforsvar mot ubåter og overflatefartøyer
- Samarbeid med andre styrker i det tredimensjonale undervannsrrommet.

4.2 Integreerte operasjoner med overflatefartøyer

Hittil har undervannsfarkoster og overflatefarkoster operert som om de tilhørte hver sin verden - den over vann og den under vann. Ubåtene får typisk tildelt egne geografiske områder, eller ”bokser”, for sine operasjoner. Egne overflatefartøyer vil ikke angripe ubåter som detekteres i disse områdene av frykt for å angripe egne fartøyer. Hvis ubåten forviller seg utenfor sitt område vil den kunne bli angrepet av egne styrker. Selv om disse ”boksene” forandres og flyttes etter hvert som anti-ubåt operasjonene skrider frem, er muligheten for tett integrerte operasjoner mellom overflate- og undervannsfarkoster meget begrenset.



Figur 4.1 Ny tauet sonar på Nansen klasse fregatter

De nye aktive sonarsystemene som Nansen klasse fregattene blir utstyrt med har meget lengre rekkevidder enn de gamle sonarene (se Figur 4.1). For å unngå at egne ubåter forstyrrer fregattens anti-ubåt operasjoner må de sikre ”boksene” hvor ubåtene kan operere fritt flyttes lang unna fregattene. Dette strider mot NbF-konseptet hvor en samarbeidende styrkekomponent

raskt bør kunne reagere på andre enheters informasjon i et tett samspill. Hvis det var mulig for undervannsfarkostene å overføre og motta meldinger kontinuerlig uten at deres posisjoner ble røpet ville man få helt nye operative muligheter for samarbeid mellom overflatestyrkene og

4.3 Kommunikasjon

NbF, slik vi kjenner det fra forsvarsstrukturen over vann, stiller krav til utveksling av store mengder data og informasjon over lange avstander og i sanntid mellom NATO, samarbeidspartnere og nasjonale elementer. Det nettverksentriske konseptet forutsetter informasjonsflyt mellom plattformer og komponenter med den kvalitet som brukerne av ressursene krever.

4.4 Satellitt (SATCOM) og radio kommunikasjon

Satellittkommunikasjon vil bli basis for bygging av informasjonsbærere for framtidens nettverkbaserte strukturer over vann. For en ubåt er fordelen med SATCOM i forhold til tradisjonelle systemer som for eksempel HF-radio, umiddelbar oppkobling, stor grad av global tilgjengelighet (begrenset til 75° N/S for geostasjonære systemer – men hele jordkloden for polare satellitter) og høy ytelse. I fremtiden vil ubåten kunne benytte EHF-baserte satellittsystemer og vil da bare behøve å ha antennen over havflaten i ett sekund for å motta 1,5 Mbit med data. Men det er ikke lett for en liten nasjon å få tilgang til slike systemer.

NATO og USN har i stor grad basert sine felles løsninger på SATCOM, spesielt i fm internasjonale operasjoner. Militære SATCOM systemer benyttes i stadig økende grad. Situasjonen er nå slik at tilgang til ledige kanaler i satellittene er begrenset for mindre allierte land og underlagt behovsprøving av de større nasjonene. Dette gjelder spesielt den mest aktuelle teknologien for ULA klasse undervannsbåter, nemlig NATO (eller USN) UHF bånd SATCOM.

USN vil introdusere neste generasjons UHF militær SATCOM fra 2009.

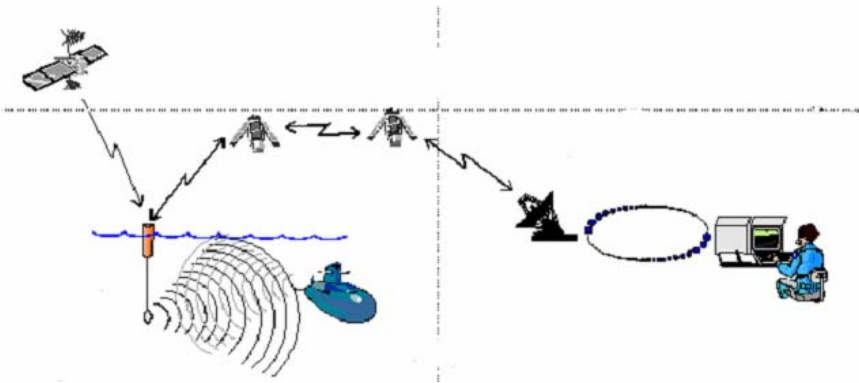
Denne vil introdusere langt flere kanaler enn dagens teknologier, og det er mulig dette kan gi land som Norge bedre tilgang til kanaler. Antagelig vil det foreligge en NATO standard for slike system rundt 2008.

Norge har ikke egne satellitter, og kan normalt ikke få tilgang til NATO satellitter under nasjonale operasjoner. Permanent tilgang til satellittkommunikasjon vil kreve at forsvaret leier kapasitet på andre, kanskje sivile satellitter eller sender opp egne. Dette, samt dårlig dekning for satellittkommunikasjon i polområdene (nord/syd for 75° N/S), gjør at HF-radio med sin lange rekkevidde og dekning fortsatt er interessant.

Bruk av sivil SATCOM tilpasset NATO-kryptografi er et alternativ til militær SATCOM. Slike systemer er utviklet med tanke på god Internettilgang. Dette vil gi høyere ytelse, bedre tilgjengelighet, lavere kostnader og den fordel at trafikken vil framstå som sivil og ikke militær for en motstander. I fred/krise vil dette være en fordel. Neste generasjons sivil SATCOM vil gi datarater rundt 400 kbit/s.

Undervannsbåter har spesielle teknologiske utfordringer i fm sporbarhet ved kommunikasjon og størrelse / utforming på antennesystemer. Spesielle antenneløsninger basert på bøyer vil forefinnes, og det er for tiden en stor utvikling på dette området i flere NATO-land, som Norge sannsynligvis kan basere sine løsninger på.

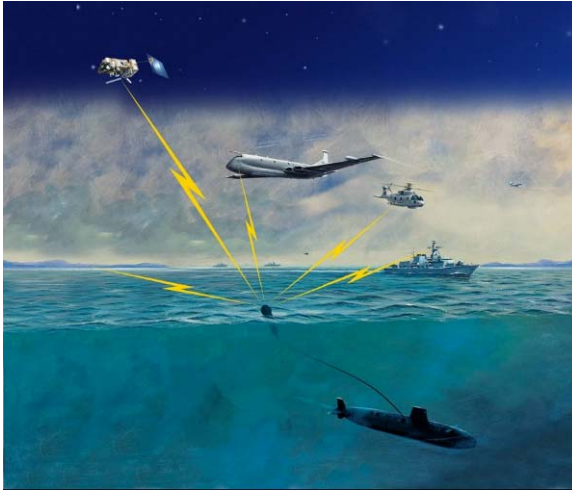
Bruk av bøyer reduserer risikoen for å røpe ubåtens tilstedeværelse. Selv om disse vil kunne røpe at det finnes en undervannsbåt i området gir de ikke dens eksakte posisjon, og undervannsbåten kan f eks sette bøylene ut på ett sted og komme seg et stykke unna før de begynner å sende. Lignende bøyesystemer brukes allerede i dag for nødkommunikasjon, men man snakker her om et langt mer avansert konsept hvor bøyen f eks har stealth-egenskaper. Imidlertid vil dataraten for toveis kommunikasjon bli meget lav, hvis bøyen skal være frittflytende og ikke sende før ubåten er kommet et godt stykke unna, fordi informasjon mellom bøye og ubåt må foregå via et akustisk modem.



Figur 4.2 Kommunikasjon via bøye og satellitt / Iridium (DRDC Canada)

For å unngå dette utvikles bøyer som kan vinsjes ut fra undervannsbåten mens den er i fart på dypet. Bøyen inneholder en melding fra ubåten og sender denne via satellitt så snart den kommer til overflaten. Den kan også lagre en melding som den mottar. Deretter vinsjes bøyen inn og meldingen avleses i ubåten. Bøyen er så klar til å brukes igjen, se Figur 4.3. Det vil også være mulig å la bøyen være koblet til ubåten via en kommunikationskabel som spoles ut fra en vinsj slik at det er mulig i en kort periode å kommunisere online med ubåten, før kommunikationskabelen er spolt helt ut og bøyen vinsjes inn igjen. Med slik børst-kommunikasjon er det viktig at dataraten er stor i de korte periodene som er tilgjengelig for informasjonsoverføring.

Det utvikles også bøyer, eller kanskje heller tauete "båter" som gir så små forstyrrelser på overflaten som mulig. Ubåten kan vinsje den ut slik at den taues på overflaten mens ubåten kjører i undervannstilling. Dette gir mulighet for kommunikasjon over lengre tid, men samtidig kan bruken røpe ubåten.



Figur 4.3 Informasjonsoverføring via gjenbrukbar bøye (UK)

Det som kjennetegner alle disse systemene er at det er en eller annen fysisk link til en radio eller satellittkommunikasjonssystem på overflaten. Dette begrenser ubåtens bevegelser og kan røpe dens tilstedeværelse.

Radiokommunikasjon kan også gjøres mens ubåten er neddykket ved å taue en antenne nær overflaten, men dataraten er lav og ubåtens mulighet for manøvrering begrenses så lenge kommunikasjonen foregår.

4.5 Kommunikasjon under vann

Tradisjonelt har undervannsbåter operert autonomt, mens overflatefartøyer har dannet funksjonelle grupper med taktisk samarbeid på tvers av plattformene. Dette har avstedkommet en rekke teknologier for utveksling av data og informasjon tilpasset disse plattformene.

Innføring av et nettverkentrisk konsept for undervannsbåter krever derfor ny tenkning og tilpasning. Viktige momenter er hvordan informasjonsbærerne, som fysisk overfører informasjonen, skal benyttes for å hindre at en motpart kan benytte kommunikasjonen til å spore opp de deltakende styrkene. I praksis betyr dette at informasjonsmengden som skal overføres må reduseres til et minimum, og det vil være naturlig å prosessere data mest mulig lokalt, og kun overføre høyere ordens informasjon i kampsystemet til andre deltakere i nettverket.

De nye systemene bør derfor integreres tett i kampsystemet for at undervannsbåtene skal være en integrert del av NbF.

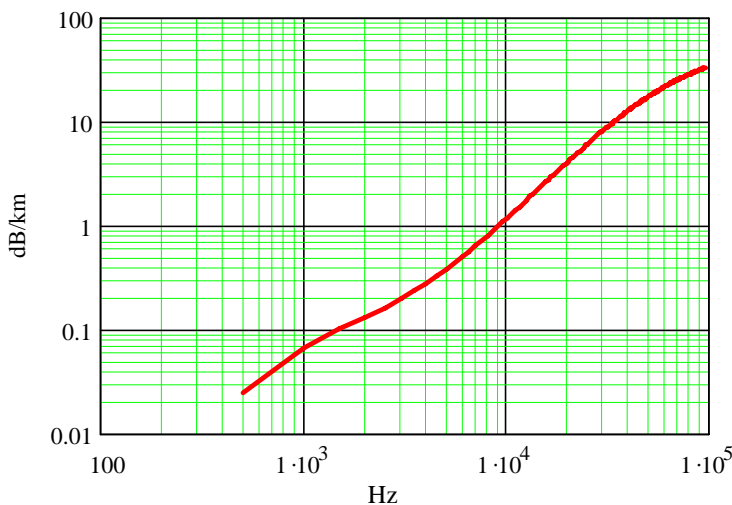
4.5.1 Elektromagnetisk og optisk kommunikasjon

Sjøvann er elektrisk ledende og påvirker alle elektriske felt slik at elektromagnetisk kommunikasjon raskt dempes og dermed er ubrukelig på avstander over noen få bølgelengder. Under vann kan derfor kun meget lavfrekvent elektromagnetisk kommunikasjon benyttes til å sende informasjon til ubåter på dypet. Store landbaserte senderstasjoner kan overføre data med lav rate, kun få bit per sekund. Dette er en enveis kommunikasjon siden ubåten ikke kan svare uten å gå til overflaten og stikke en antenne opp i luften.

I det optiske området er det et vindu i det blågrønne området hvor lysets dempning er redusert. På korte rekkevidder (under 100m) kan man benytte kraftige lasere til å overføre kommunikasjon i rent vann, men kommer det slam i vannet eller det blir en algeoppblomstring kan rekkevidden reduseres til noen få meter.

4.5.2 Akustisk kommunikasjon

For kommunikasjon under vann over lengre rekkevidder er det så langt ikke funnet noen alternativer til akustisk lydforplantning. Også akustisk lydforplantning dempes som funksjon av frekvens, se Figur 4.4, men dempningen er under 0,1 dB per km for frekvenser lavere enn 1500 Hz.



Figur 4.4 Typisk lydabsorpsjon i dB per km som funksjon av frekvens

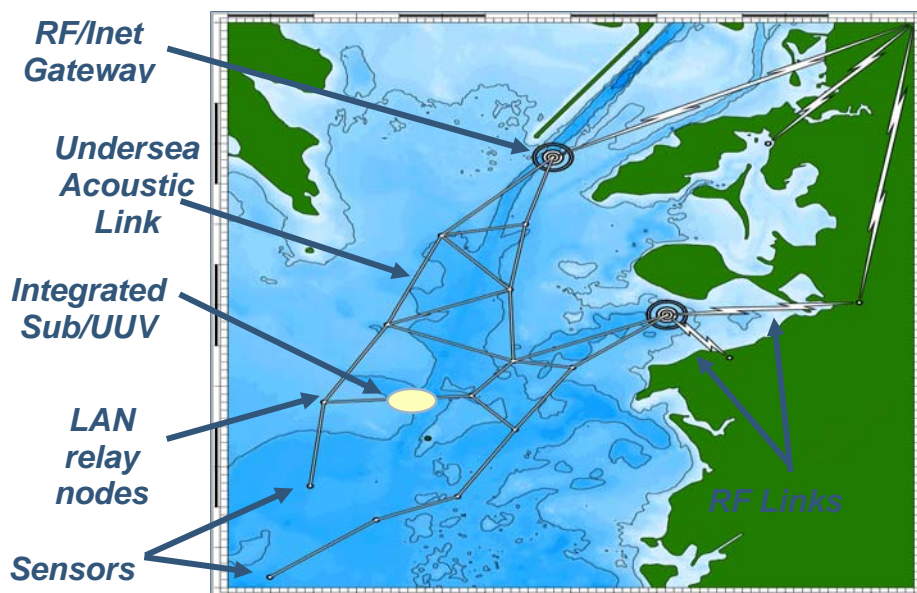
Det er derfor hval kommuniserer på frekvenser under 1 kHz, hvor det anekdotisk snakkes om rekkevidder på flerfoldige nautiske mil.

Høyere frekvenser kan benyttes for å kommunisere på kort avstand. Dette gir to fordeler. For det første gir høyere frekvens mulighet til å benytte større båndbredde og derved høyere datarate, for det andre fører høyere frekvens til sterk økning i absorpsjonen slik at det på noe avstand blir vanskelig å detektere at kommunikasjon finner sted.

Spredt spektrum, hvor en spredekode benyttes til å spre informasjonen ut over et stort frekvensbånd, benyttes for å skjule radiokommunikasjon for alle som ikke kjenner spredekoden. De som kjenner spredekoden kan benytte denne i signalprosesseringen for å dra signalet ut av støyen.

Ny transduserteknologi gjør det mulig å benytte spredt spektrum teknologi også under vann. FFI og Kongsberg Maritime deltar i et multinasjonalt forskningssamarbeid for å prøve ut denne teknologien. Målsettingen er å kunne gjøre skjult akustisk kommunikasjon mellom et moderfartøy og en AUV som kan være på flere titalls km avstand. Hvis resultatet blir godt, gir dette helt nye muligheter til kommunikasjon mellom ubåt, AUV og overflatefartøy, noe som blir belyst senere i dokumentet.

Som nevnt tidligere er det mulig å kommunisere på høyere frekvens over korte avstander. Hvis informasjonen skal overføres over lengre avstander kan dette gjøres ved å installere repeaterer som gjenvinner og videresender meldingen. Bla USA og UK utvikler slike repeater-systemer. Disse er batteridrevne og kan plasseres på bunnen i områder hvor det skal foregå operasjoner over en viss tid. Både ubåter, AUVer og overflatefartøy kan benytte et slikt system for å kommunisere seg imellom og overføre informasjon til et hovedkvarter.



Figur 4.5 Eksempel på undervannskommunikasjon ved bruk av autonome kommunikasjonsnoder lagt ut i et nett (SPAWAR USA)

En av fordelene med slike systemer er at de er meget vanskelig å ødelegge. Hvis en repeater blir ødelagt vil informasjonen automatisk bli videresendt av andre repeaterer i nærheten som plukker opp meldingen. Nettet arbeider etter samme prinsipp som multirolleradioene som hæren benytter. Et slikt undervannsnettverk gjør det mulig å introdusere nettverksbaserte systemer under vann.

Hvis posisjonene til sensorenhetene i nettverket er kjent, og det må de være hvis nettverket skal kunne fortelle hvor en eventuell inntrenger ble detektert, kan ubåter og AUVer som benytter nettverket måle avstanden til enhetene de kommuniserer og derved bestemme sin egen posisjon. På denne måten kan de opprettholde en god navigasjonsnøyaktighet i lang tid uten å måtte gå til overflaten.

Hvis en tråler opererer i området og flytter på noen av sensorene, vil en ubåt eller AUV som opererer i feltet og er utstyrt med gode undervannsnavigasjonssystemer kunne bestemme de nye sensorposisjonene.

4.5.3 Kobling mellom NbF over og under vann

Det er en vesentlig forskjell på kommunikasjon over og under vann, og det skyldes at utbredeshastigheten til informasjonsbæreren (lyshastighet/lydhastighet) er ca 200000 ganger saktere i vann enn i luft. Dette fører til en stor forskjell i den tiden det tar å overføre informasjon.

NbF-systemene over vann benytter dataintensive signaleringsprotokoller for å kontrollere og opprettholde nettverket. Dette kommer i tillegg til den informasjonen som skal formidles. Kobles et slikt system til et undervannsmodem må dataratene senkes i størrelsesorden 200000 ganger, og hvis det da er mye signalering som først må utveksles før selve informasjonen kan begynne å strømme bryter konseptet for NbF under vann sammen.

Følgelig vil det bli nødvendig å innføre et intelligent lag mellom NbF over og under vann. Dette må hente ut informasjonen som skal overføres, og fjerne alt annet. Deretter må informasjonen kondenseres, slik at bare **absolutt nødvendig** informasjon overføres. Større mengder informasjon vil fremdeles måtte overføres via radio eller satellitt.

De lave dataratene kombinert med den lave utbredeshastigheten i vann, ca 1500 m/s, gjør at det tar lang tid å overføre informasjon. På den andre siden går mye annet også sakte under vann. I kystområder vil en konvensjonell ubåt neppe gå fortere enn ca 8 knop eller 4 m/s. Et fly i overkant av Mach 1 har en hastighet på ca 400 m/s, altså en forskjell på ca 100 i det som kan kalles for mobilitet. Men selv med denne fordel vil den 200000 ganger saktere signalutbredelseshastigheten føre til at meldingene bør komprimeres med $200000/100=200$ ganger for at taktisk informasjon under vann skal ha samme taktiske relevans (latency) som over vann.

5 NBF UNDER VANN

Så langt er det belyst hvordan mangelen på tilgjengelig effektiv kommunikasjon i undervannsmiljøet har påvirket måten undervanns- operasjoner og overvåking drives på.

I dette kapittelet vil alternative nye metoder for å kunne operere effektivt under vann presenteres. Dette inkluderer nye sensor- og kommunikasjonssystemer, samt metoder for å gjennomføre effektive koordinerte AU-operasjoner.

5.1 Nettverksintegre Sensor/Effektor Systemer

Ubåtene har og vil få nye roller hvor bl.a. skjult informasjonsinnsamling og rapportering er viktig. I kystnære² områder har ubåtens passive sonarer relativt kort rekkevidde mot stillestående undervannsmål. Nye autonome sensorsystemer utvikles derfor av flere land.

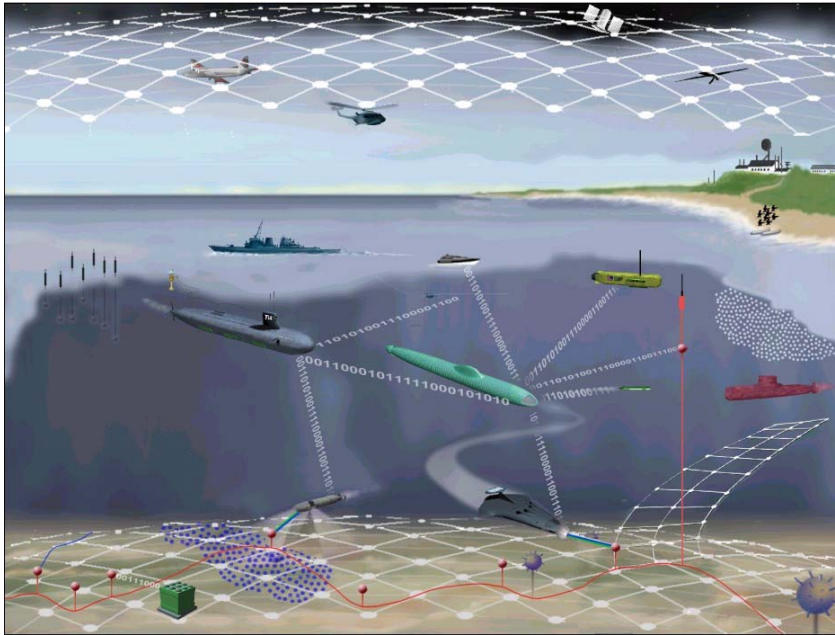
Disse sensorene vil detektere og grovklassifisere farkoster på og under havoverflaten og overføre informasjonen via et integrert akustisk undervannskommunikasjonsnettverk som benytter tilsvarende prinsipper som det militære norske multirolle radiosystemet (MRR).

Siden overvåkningssystemet består av selvstendige enheter uten kabelforbindelser kan mange forskjellige plattformer benyttes til å deployere systemet ut over et område. Eksempler er fly, helikopter, overflatefartøyer, ubåter og AUVer.

Det akustiske kommunikasjonsnett vil kunne benytte små overflatebøyer, gate-way bøyer, for å koble seg til Forsvarets nett over vann. Slike bøyer utvikles bla a av både USA og Canada.

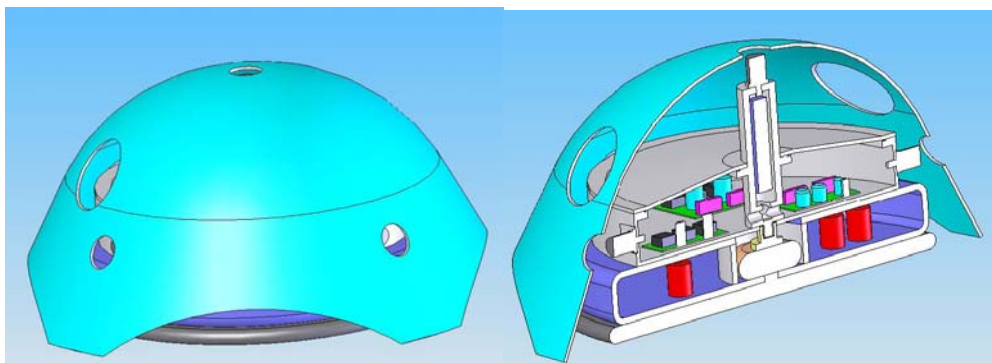
² På engelsk The littoral areas

Noen ligger på bunnen og kommer til overflaten for å sende informasjon fra feltet og samtidig motta informasjon som kan overføres til det akustiske undervannsnettverket. Deretter synker de ned til bunnen igjen og venter på neste melding fra feltet.



Figur 5.1 Nettverksbasert undervannsovervåkningssystem (SPAWAR USA)

Siden flere av våre viktige allierte utvikler slike systemer er det sterkt ønskelig at de akustiske undervannsnettverkene blir kompatible. I tillegg er det nødvendig at kostnadene holdes lave. Begge deler synes å være tilfredstilt i det systemet som USA utvikler, som benytter kommersielle ”masseproduserte” akustiske modem, men med signaler og protokoller utviklet av USAs marine. Systemet vil høyst sannsynlig også bli benyttet av Canada



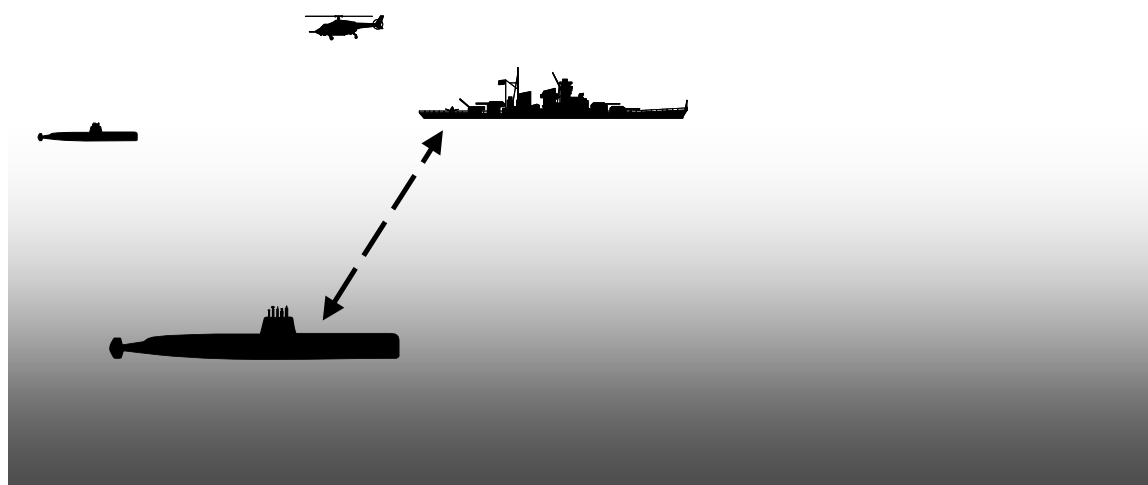
Figur 5.2 Eksempel på en undervannssensor under utvikling på FFI

Nettverksintegreerte sensorsystemer vil kunne gi stor fleksibilitet i bruk. Hvis sensorfeltet detekterer undervannsaktivitet kan vår ubåt gå til området for å undersøke hva som skjer. Den kan eventuelt sende ut en AUV for å gjøre undersøkelsen, eller for å følge tett etter en ubåt som passerer feltet. AUV og ubåt vil kommunisere via det akustiske kommunikasjonsnettverket, som er en del av det autonome sensorfeltet, slik at vår ubåt kan holde seg på sikker avstand og likevel ha full oversikt over det som pågår. Vår ubåt vil også kunne benytte det akustiske nettverket til å informere hovedkvarter eller en overflatestyrke om hva som er på gang slik at tilpassede tiltak kan settes inn. I tillegg vil ubåten kunne benytte det akustiske nettverket til å opprettholde en god navigasjonsnøyaktighet over nærmest ubegrenset tid.

Siden slike autonome sensorsystemer kan åpne for helt nye metoder for å overvåke det som skjer under vann, i områder som alltid har vært regnet som meget vanskelige å kontrollere, er det viktig at også det norske Forsvaret får inngående kjennskap til slike systemer. Forsvaret arbeider gjennom FFI med våre viktige samarbeidspartnere USA, Canada og NATO Undersea Research Centre (NURC) for å utvikle sensorer for slike systemer og for å utvikle en demonstrator slik at Forsvaret kan få operativ erfaring i bruk. Målsettingen er at demonstrasjonssystemet vil kunne benytte samme kommunikasjonssystem som USA og Canada slik at fellesoperasjoner med utstyr fra flere land kan gjennomføres.

5.2 Integrerte anti-ubåt operasjoner (tett samarbeid mellom fregatter og egne ubåter)

Siden det ikke er noe som engang likner på en tidsriktig kommunikasjon mellom AU fartøy og neddykket ubåt vet ikke AU fartøyet hvor egne ubåter befinner seg til enhver tid. Det er derfor, som nevnt tidligere, vanlig å gi ubåten et geografisk begrenset område hvor den skal oppholde seg og hvor egne styrker ikke vil angripe ubåter som blir detektert på sonarene. Ny kommunikasjonsteknologi kan forandre på dette.



Figur 5.3 Samarbeidende ubåt og fregatt. Fiendtlig ubåt i bakgrunnen

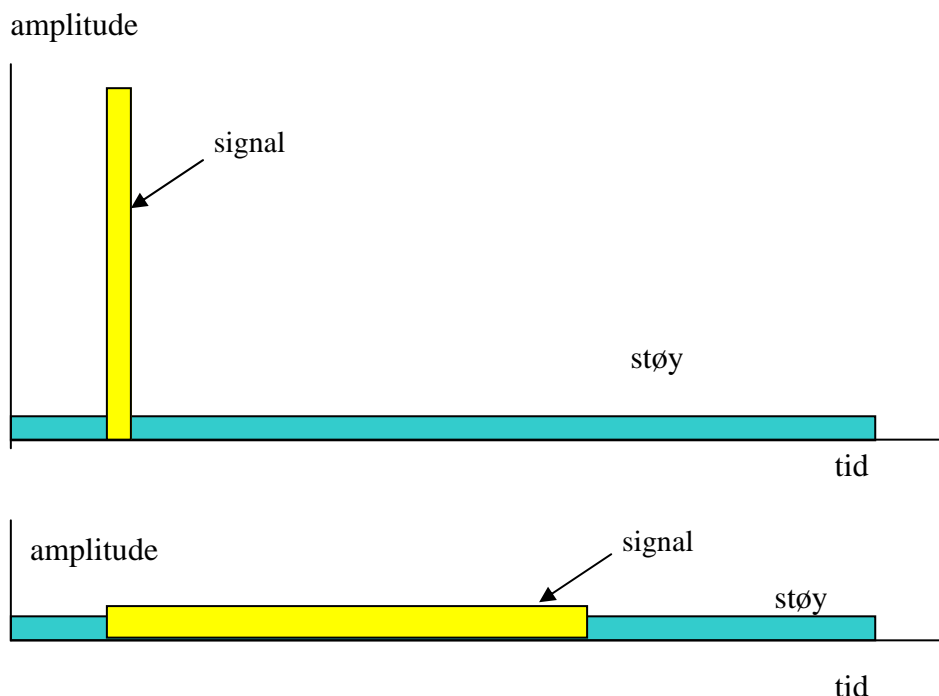
Det er allerede demonstrert at man kan inkludere digital informasjon i de akustiske søkepulsene, eller pingene som det heter på fagspråket, som aktive fregattsonarer sender ut. Det er videre demonstrert at det er mulig for en ubåt som kjenner ”koden” å hente ut informasjonen. Hvis ubåten kan sende skjult informasjon tilbake til fregatten hver gang fregattens kraftige ping passerer vil fregattens system kunne oppfange dette og presentere et IFF (Identify Friend or Foe) merke ved siden av ekkoet på sonardisplayet.

Hvis fregatten samtidig kan lese ut digital informasjon fra ubåten er det nå opprettet en toveis skjult kommunikasjonslinje mellom ubåt og samarbeidende fregatt. Dette vil gjøre det mulig for ubåter og AU fregatter å operere koordinert i samme området og danne grunnlag for nye måter å drive AU operasjoner på.

5.2.1 Hvordan kan ubåter kommunisere skjult?

Hvis ubåter og overflatestyrker kan kommunisere skjult vil dette kunne åpne opp for helt nye muligheter og metoder for å overvåke undervannsaktivitet. Det hele står og faller på om ubåtene kan være sikre på at ingen andre kan utnytte kommunikasjonen til å oppdage ubåten og iverksette mottiltak. Hittil har dette ikke vært mulig og det er derfor på sin plass å sannsynliggjøre at dette vil kunne oppfylles i nær fremtid.

For å kunne kommunisere må det sendes ut energi. Hver informasjonsenhet, bit, kan sendes som en kort kraftig puls eller som en kodet sekvens med lav amplitude som vist i Figur 5.4. Det er betydelig lettere å oppdage et kort signal med signalstyrke høyt over bakgrunnsstøyen enn et langt svakt signal, selv om den utsendte energien er den samme i begge tilfellene. Det er bare mottakere som kjenner den koden som er brukt for å spre signalet ut i tid, som kan samle energien igjen og trekke signalet ut av støyen.



Figur 5.4 Forskjell mellom kort og langt signal med samme energi

Selv spredt spektrum kommunikasjon kan oppdages. Det skyldes at det er en praktisk grense for hvor langt nede i støyen kommunikasjonssignalet kan være for at mottakeren skal kunne dra det frem og avlese informasjonen.

Jo nærmere motstanderen er senderen, desto lettere er det å oppdage utsendelsen siden alle signaler dempes med økende avstand. Sendernivået må også økes etter hvert som avstanden mellom sender og mottaker blir større, noe som gjør at en motstander lettere vil kunne detektere kommunikasjon beregnet for en mottaker på lang avstand enn på kort.

Det utsendte nivået behøver ikke være sterkt, og en enkel liten sendertransducer som vist i Figur 5.5 vil være tilstrekkelig for kommunikasjon over lange avstander. Men hvis motstanderen er på kort avstand vil han likevel kunne oppdage kommunikasjonen hvis den lokale bakgrunnsstøyen er lav.



Figur 5.5 Eksempel på sendertransducer for akustisk kommunikasjon. Diameter ca 10 cm

Hvis den lokale bakgrunnsstøyen på en eller annen måte kunne økes når informasjonssignalet sendes, ville det bli svært vanskelig om ikke umulig å oppdage utsendelsen.

Bakgrunnsstøyen i retning av en AU fregatt som leter etter en ubåt varierer mye. Når søkesignalet, eller pinget, passerer ubåten øker det akustiske nivået svært mye, og selv på lang avstand vil nivået være betydelig høyere enn selv den sterkeste bakgrunnsstøyen. Men det er en vesentlig forskjell mellom pinget og bakgrunnsstøyen. Pinget kommer fra retningen til fregatten, og andre sonarer i nærheten kan redusere forstyrrelsen ved bruk av stråleforming. Imidlertid vil nivået til pinget være så høyt at kommunikasjonssignalet vil være jammet selv om pinget kommer inn i sidelobene på motstanderens passive sonar.

Etter at pinget har passert vil motstanderens sonar begynne å "virke" igjen. Før dette skjer må signalet fra vår ubåt ha gått så langt at det naturlige transmisjonstapet har redusert nivået så mye at en motstander ikke kan detektere det. Dette resulterer i et tilsynelatende paradoks. Jo nærmere motstanderen er desto lettere er det å skjule kommunikasjonen, fordi motstanderen vil oppleve at begge signalene slutter samtidig selv om signalene er korte. Hvis avstanden mellom vår ubåt og motstanderen er lang vil et kort ping føre til at det er ferdig før kommunikasjonssignalet fra vår ubåt kommer frem. Det verste tilfellet oppstår når begge ubåtene befinner seg på en radiell linje fra fregatten, og motstanderen er nærmest fregatten. For å hindre dette må pinget gis en lengde som tillater at kommunikasjonssignalet dempes tilstrekkelig på grunn av transmisjonstap før det er ferdig. Beregninger tyder på selv i dette mest ugunstige tilfellet vil våre nye sonarer kunne maskere kommunikasjonssignaler.

Det er derfor store muligheter for å utvikle et nytt skjult akustisk kommunikasjonssystem mellom ubåt og samarbeidende AU fartøy basert på et samspill mellom fregattenes nye tauete sonarer og et nytt akustisk kommunikasjonssystem for ubåter.

6 KYST OG HAVNEOVERVÅKNING

De systemene som så langt er beskrevet kan betegnes som en ytre forsvarslinje.

Undervannsfarkostene som opererer her er relativt store, konvensjonelle ubåter og større AUVer med stor utholdenhet. Nærmere land finner vi viktige havner og ilandføringssteder for olje og gass. I disse områdene er det ofte mye akustisk støy fra annen aktivitet og aktive sonarsystemer

må benyttes for å detektere dykkere, froskemenn og små AUVer. Informasjon fra disse sonarsystemene må sammenholdes med overvåkningssystemer som monitorerer det som skjer på overflaten for å danne et komplett bilde av det som skjer på og under vann. Sensorene for overvannsovervåkning og undervannsovervåkning er helt forskjellige, og det samme er informasjonen som presenteres for en operatør. I praksis vil det være nærmest umulig å overvåke et slikt scenario uten å benytte mange operatører hvis man ikke kan utvikle deteksjon og datafusjonssystemer som trekker ut informasjon om unormale hendelser fra mange forskjellige sensorer i et nettverk. En del av nettverket kan være autonome sensorfelt som kan gi en tidlig varslings om at noe unormalt er på gang. Videre kan radarovervåkning bekrefte om det sensorene rapporterer befinner seg på overflaten eller under vann. Og endelig vil informasjon fra dykkerdeteksjonssonarer kunne gi den siste alarmen før noe skjer.

Det fins flere dykkerdeteksjonssonarer på markedet, og det arbeides aktivt med å utvikle automatisk deteksjons- og klassifikasjonsmetoder med tilstrekkelig høy deteksjonsevne og lav falsk alarm rate for å kunne benyttes til automatiske overvåkning av viktige områder. Et annet problem er å komme frem til systemer som kan detektere svømmere og froskemenn på tilstrekkelig avstand slik at man får tid til å sette inn tiltak før det er for sent. FFI vil i de nærmeste årene samarbeide med industri og forskningslaboratorier i flere land for å komme frem til bedre systemer enn de som er på markedet i dag. Ett eksempel på et slikt område er utviklingen av datafusjonssystemer for å gi alarmer når noe unormalt oppdages. FFI er i kontakt med USA for å vurdere om det kan være interessant å delta i deler av deres planlagte prosjekt JUMPS (Joint Unified Maritime Protection System), som bla vil koble sensorene under vann med deteksjonssystemer som virker over vann for å danne et komplett bilde av det som skjer i viktige kystområder. Det planlegges også forsøk sammen med UK for å komme frem til nye metoder og systemer for å detektere dykkere på lengre avstand enn eksisterende systemer.

Tatt i betraktning den store aktiviteten som gjøres på dette området må man forvente at gode automatiske undervannsovervåkningssystemer for bruk i havner og viktige ilandføringsområder vil komme på markedet i løpet av de neste 10 år.

7 INTEGRERTE UBÅT OG AUV OPERASJONER

Flere nasjoner jobber i dag med å kunne deployere AUVer fra undervannsbåter. Den største utfordringen i denne sammenheng er å få AUVen tilbake i ubåten. Vha gode sensorer, navigasjonssystem og kommunikasjonssystem vil AUVen kunne gjennomføre en rekke oppdrag som ubåten av ulike årsaker ikke kan gjennomføre. Eksempler på dette er kartlegging av havbunn og oseanografiske forhold, kartlegging av minefelt, kommunikasjon med overflatefartøyer og landstasjoner, overvåkning og etterretning osv. Både ubåten og AUVen vil kunne benytte de tidligere nevnte nettverksintegreerte sensor systemene.

8 KOSTNADSOVERSLAG

Dette kapitlet gir kostnadsoverslag på teknologiene som er presentert i rapporten. Det er kun ment å gi en idé om kostnadenes størrelsesorden, og må på ingen måter oppfattes som en absolutt kostnadsberegning. Generelt er estimering av investerings- og driftskostnader forbundet

med høy usikkerhet. De kostnadsestimatene som er presentert her, er ment å brukes som en del av beslutningsgrunnlaget for hvilke teknologier en bør prioritere i den videre utviklingen av forsvarsstrukturen. Estimatenes er ikke ment til investerings- eller budsjetteringsformål.

I kostnadsberegningene er det utført en analyse av kostnadene over hele systemets levetid, en såkalt Life Cycle Cost (LCC) -analyse. Kostnadene knyttet til investering, drift (inkludert vedlikehold), oppdateringer/oppgraderinger, direkte personellkostnader og avhendingskostnader er estimert. Nærmere beskrivelse av metodikk for kostnadsberegningene finnes i egen rapport [1].

8.1 Satellittkommunikasjon

Det norske militære enhetene som deltar i internasjonale operasjoner vil være en del av NATOs NbF forsvar. Forsvaret vil derfor høyst sannsynlig benytte satellittkommunikasjonssystemer med tilsvarende spesifikasjoner som våre allierte slik at det bør være mulig å anskaffe ferdigutviklede systemer. Kostnadene vil neppe overskride dagens satelittkommunikasjonssystemer. Hvis Forsvaret også i fremtiden kan benytte sivile produkter må kostnaden kunne sies å være lave. Det kommersielle satellittkommunikasjonssystemet som nå installeres om bord i noen av ubåtene av ULA-klassen koster ca 2 MNOK ferdig installert på hver ubåt. Det har samme ytelse som dagens tilsvarende militære systemer.

8.2 NBF Under vann

NbF under vann slik det er beskrevet i dette dokumentet består av to hovedkomponenter, Nettverksintegreerte Sensor/Effektor Systemer og systemer som tillater integrerte anti-ubåt operasjoner. Disse systemene er meget forskjellige og kostnadene vil derfor bli vurdert hver for seg.

8.2.1 Nettverksintegreerte Sensor/Effektor Systemer

Dette systemet er et deployerbart sensor og undervannskommunikasjonssystem for deteksjon av undervannsbåter og overflatefartøyer. Enhetene kan lett tas opp etter bruk og deretter brukes på nytt. Kostnadene til systemet avhenger derfor av prisen pr enhet og ikke minst antall enheter som anskaffes. Antall enheter bestemmer hvor stort område som kan overvåkes. Størrelsen på området bestemmes også av undervannsterrenget og hvor lenge man aksepterer at et mål befinner seg i området før det blir detektert. Problemene, og de matematiske modellene som kan benyttes for å beregne ytelsen til forskjellige konfigurasjoner av sensorfelt er meget like de som benyttes for minelegging, se for eksempel [2]. De vesentligste forskjellene er at nettverksbaserte sensorer har meget lenger rekkevidde enn minesensorer, og at intet blir ødelagt ved en deteksjon.

Som utgangspunkt for et kostestimat vil det her bli antatt at det anskaffes 200 sensorer med undervannskommunikasjonssystem og 100 rene kommunikasjonsnoder. Hvis hver sensor har en deteksjonsradius på 400m betyr det at en linje med 200 sensorer plassert 800 m fra hverandre teoretisk vil kunne danne to parallelle barrierer hver 80 km lang. Alternativt vil sensorene kunne legges ut som et områdefelt på 200 km² hvor 50% av området er dekket av sensorenes deteksjonsområder. Et slikt felt er meget tett og vil føre til at et mål i gjennomsnitt blir detektert hver gang det har beveget seg 2 km.

Hvis kommunikasjonsrekkevidden fra sensor til sensor konservativt anslås til 1000 m vil 100 kommunikasjonsnoder kunne overføre informasjonen til en ubåt som ligger 100 km unna.

8.2.2 Forutsetninger for kostnadsberegningen

Følgende antakelser er gjort:

- Utviklingskostnadene for nettverket (inkl. sensorer og kommunikasjonsnoder) er antatt å være 50 mill NOK totalt.
- Anskaffelsespris på sensorene er satt til 200 000 NOK per stykk og 150 000 NOK per kommunikasjonsnode.
- Enhetene antas å ha en levetid på 10 år pga stadig teknologisk utvikling. Enhetene anskaffes 2 ganger i løpet av 20-års perioden som er valgt for beregningene. Hver gang anskaffes 100 sensorer og 50 kommunikasjonsnoder.
- 50 sensorer og 25 kommunikasjonsnoder benyttes under øvelser pr år. Disse må vedlikeholdes før de igjen kan benyttes.
- Et årlig svinn på 5 % av utstyr benyttet under øvelser antas.
- Det er ikke lagt inn en TKF. Det er forventet at teknologien blir stadig mer avansert, men at komponentene er å få kjøpt i det sivile marked, og at man da kan forvente at pris per enhet er stabil eller går noe ned.
- For driftskostnadene for både sensorer og kommunikasjonsnoder er det er antatt en timespris på 550 NOK per vedlikeholdstime eks. materiell. Det er antatt at enhetene som brukt vil trenge vedlikehold på 4 vedlikeholdstimer og materiell til 2000 NOK. Enhetene som ligger på lager må også vedlikeholdes, med 1 vedlikeholdstime og materiell til 1000 NOK.

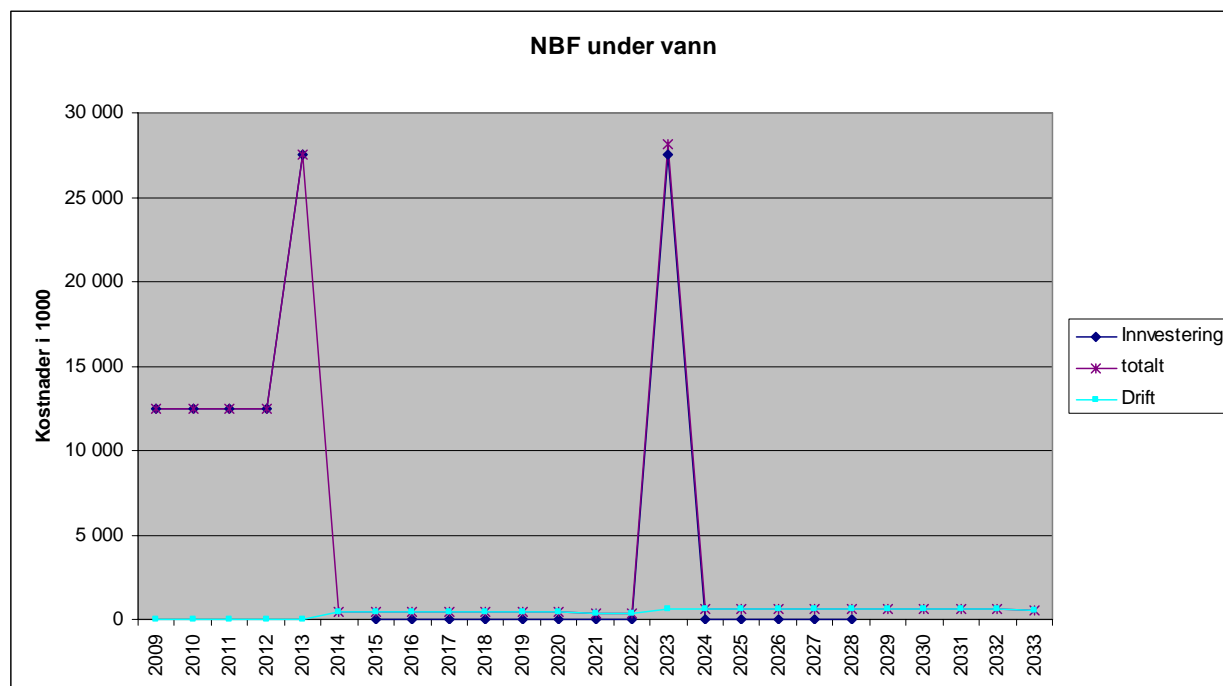
8.2.3 Kostnader -tall og figurer

Totalkostnadene over for 20 års drift for dette alternativet er på ca 115 millioner NOK. De årlige driftskostnadene for nettverket varierer fra ca 400 000 NOK til 600 000 NOK. Utviklings og anskaffelseskostnadene (investering) er store sammenlignet med driftskostnadene. Totalt er utviklingskostnadene anslått til 50 mill NOK og anskaffelseskostnadene er anslått til 55 mill NOK for to anskaffelser med 10 års mellomrom. Anskaffelsene er hver på 100 sensorer og 50 kommunikasjonsnoder. Tabell 8.1 viser kostnadene for hvert år av systemets levetid. Figur 8.1 gir et grafisk bilde av kostnadene.

År	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Investering	12 500	12 500	12 500	12 500	27 500		0	0	0	0	0
Drift av sensorer						284	281	278	275	272	269
Drift av kommunikasjonsnoder	0	0	0	0	0	142	141	139	138	136	134
Totalkostnader	12 500	12 500	12 500	12 500	27 500	427	422	417	413	408	403

2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
0	0	0	27 500	0	0	0	0	0					
266	263	260	412	408	405	402	399	396	393	390	387	384	381
133	131	130	206	204	203	201	200	198	196	195	193	192	190
399	394	389	28 117	613	608	603	599	594	589	585	580	575	571

Tabell 8.1 Årlige kostnader for nettverket. Beløpene er i 2005 NOK



Figur 8.1 Grafisk fremstilling av årlig kostnad for nettverket. Beløpene er i 2005 NOK

8.2.4 Kvalitative implikasjoner i forsvarsstrukturen

Nettverksintegreerte sensorsystemer erstatter ikke miner. De introduserer helt nye måte å overvåke undervannsmiljøet på. Imidlertid kan ytelsen til slike sensorfelt, dvs. sannsynligheten for å detektere et spesielt mål, eller hvor mange sensorer trengs for å oppnå en tilstrekkelig sannsynlighet til å detektere og følge et mål som opererer i området, beregnes med det samme verktøyet som man benytter til å beregne ytelsen forskjellige typer minefelt (sperrefelt, områdefelt etc.). Sensorene vil kunne legges ut fra fly, små og store overflatefartøy, ubåter og større AUVer, uten at dette vil kreve installering av spesialutstyr. Marinen står derfor relativt fritt når den skal plassere dette nye systemet i sin struktur.

8.3 Kommunikasjon med/via nettverksintegreerte sensor/effektor systemer

Utstyret som må installeres på ubåtene vil være enkelt, fordi kommunikasjonen vil skje over korte avstander. En moderne undervannstelefon kan overføre digital informasjon. Hvis ubåtene får installert undervannstelefoner som også kan kommunisere med sensornettverket vil de ekstra kostnadene for å benytte sensornettverket bli små. Hvis et akustisk sensormodem må installeres anslås kostnadene til dette å være 1 MNOK per båt.

8.4 IFF og skjult kommunikasjon mellom ubåt og fregatt

IFF og skjult kommunikasjon mellom ubåter og fregatter baserer seg bruk av fregattenes lavfrekvente aktive sonarsystemer både for å kommunisere til ubåten og å skjule kommunikasjon fra ubåten.

8.4.1 Utstyr på fregatten

Det spesielle ”modemet” som vil bli benyttet til å dekode informasjonen fra ubåten tilkobles sonarens stråleformer og henter ut signalet fra den strålen som peker mot ubåten. Etter dekoding av informasjonen skal eventuell IFF informasjon føres tilbake til sonarsystemet for å vises ved siden av ekkoet på sonardisplayet. Når ubåten ønsker å overføre en melding deles denne først opp i små informasjonsenheter. En informasjonsenhet kodes med en spredekode og sendes når fregattens ping som passerer ubåten. Det betyr at det maksimalt kan overføres en informasjonsenhet hver gang fregatten pinger. ”Modemet” på fregatten skal så dekode hver informasjonsenhet, hente ut informasjonen og sette sammen informasjonen fra hvert ping for å få frem meldingen.

Det er på det nåværende tidspunkt vanskelig å prissette systemet som skal installeres på fregatten. Systemet burde imidlertid ikke være mer komplisert enn et multistatisk prosesseringssystem som skal kunne kobles til fregattens nye tauete sonarer. Industrien har beregnet kostnadene for 4 systemer til ca 6 M€ Den delen av systemet som skal installeres på fregattene kan derfor totalt koste ca 50 MNOK . I tillegg antas at eksperimentering og utvikling vil komme på ca 20 MNOK

8.4.2 Utstyr for ubåt

Utstyret som skal installeres på ubåten er vesentlig enklere enn det som fregatten trenger. Hvis de nye passive sonarene som skal anskaffes for Ula-klassen benytter åpen arkitektur og COTS teknologi vil det være enkelt å koble et ”modem” til sonaren for å dekode meldingene fra fregatten. Senderen vil kunne bestå av en PC basert signalkoder, en liten effektforsterker som driver en relativt liten rundtstrålende transducer. Utstyret bør derfor neppe koste mer enn ca 2 MNOK per enhet ferdig installert, etter eksperimentering og utvikling på ca 10 MNOK.

9 KONKLUSJON

Nye konsepter og systemer er under utvikling for å også kunne implementere NbF-konseptet under vann. Disse vil transformere undervannsovervåkning fra deployering av enkeltsonorer på overflatefartøyer og ubåter til nettverksintegreerte systemer hvor ubåter, AUVer, overflatefartøyer og autonome sensorer er en del av et akustisk undervannsnettverk. Videre utvikles systemer som vil koble informasjon fra undervannsnettverket med nettverksbasert informasjon fra overvannssensorer for å gi et totalbilde av det som skjer på og under vann i utvalgte områder. Denne utviklingen kan forandre på måten Forsvaret gjør undervannsovervåkning på. Det er viktig av Norge som alltid har ligget fremst i metoder og teknikk for undervannsovervåkning i kystområder følger med i den transformasjonen som nå synes å være på gang.

Litteratur

- (1) JACOBSEN Therese Høy, GULICHSEN Steinar (2006): Teknologinnspill til FS 07 – metodikk og kostnadsestimater, 06/00828, Ugradert
- (2) Otto Svortdal (2002): Mineinnsats i sjøkrigen, Institutt for forsvarstudier