



Naar een vijfde generatie
onderzeebootbestrijding

Hernieuwde strijd op de Noord- Atlantische Oceaan

In recente *Marinebladen* is discussie gevoerd over de toekomst en samenstelling van de Nederlandse marinevloot. Een discussie waar ik naar uitkeek sinds mijn oproep in het *Marineblad* van mei 2023 om als officiersgemeenschap vaker op de zeepkist te gaan staan.¹ Waar KTZ Ronald van Vuuren een toekomst schetst van een hybride vloot met bemande, laag bemande en onbemande eenheden², neemt collega KLTZ Ivo de Haas ons mee in de gedachten achter het Future Maritime Operating Concept (FMOC).³ Het FMOC beschrijft de verdediging van Noordoost Europa en afschrikking als een belangrijke taken van de Koninklijke Marine. Dat afschrikken is niet alleen een taak voor de toekomst, maar de realiteit van het hier en nu. Deze bijdrage gaat dieper in op de technologische ontwikkelingen die we doormaken op het gebied van onderzeebootbestrijding.

LEES VERDER →

(foto: M. Roos | MCD)

Hernieuwde strijd op de Noord Atlantische oceaan

	TIJDVAK	DREIGING	ASW-EENHEDEN	SENSOREN
1st GEN	WWI	• Dizelelektrische duikboot	• Destroyers	• Visueel
2nd GEN	WWII	• Dizelelektrische duikboot	• Korvetten • Fregatten • Destroyers • Escort Carriers • Trawlers • Vliegtuigen	• Visueel • Boegsonar • Leigh Light • High Frequency Direction Finder
3rd GEN	Koude Oorlog	• Dizelelektrische onderzeeboot met snuiver • Nucleaire onderzeeboot	• Fregatten • Destroyers • Onderzeeboten • Maritieme Patrouille-vliegtuigen (MPA) • Helikopters	• Gesleepte Passieve Sonar • Boegsonar • Medium frequent dipping sonar • Sonarboeien • Magnetsiche anomalie sensoren
4th GEN	Post-Koude Oorlog	• Nucleaire onderzeeboot • Dizelelektrische onderzeeboot met lucht onafhankelijke voorstuwing	• Fregatten • Destroyers • Onderzeeboten • MPA • Helikopters	• Gesleepte laagfrequente Actieve/ Passieve sonar • Boegsonar • Laag frequent Dipping sonar • Sonarboeien
5th GEN	Na 2030	• Nucleaire onderzeeboot • Dizelelektrische onderzeeboot met moderne batterijtechniek of met lucht onafhankelijke voorstuwing	• Fregatten • Destroyers • Onderzeeboten • MPA • Helikopters • UAV • USV • UUV	• Multistatisch netwerk van on- en off-board akoestische sensoren in combinatie met niet akoestische quantum sensoren. • Real time verrijking met data uit wereldwijde databases

Veranderende onderzeebootdreiging

De hernieuwde onderwaterstrijd op de Noord-Atlantische Oceaan tussen westerse landen en de Russische Federatie is wezenlijk anders dan die gedurende de Koude Oorlog. Naast het beschermen van de noordelijk gelegen bastions speelt de Russische onderzeebootcapaciteit een toenemende rol in hybride operaties, waarin de focus ligt op disruptie van vitale onderwater infrastructuur en het beïnvloeden van landoperaties middels inzet van kruisvluchtwapens. Hoewel kleiner in aantal zijn de huidige generatie Russische onderzeeboten vele malen capabeler en geavanceerder dan vorige generaties. De Kazan-klasse nucleaire aanvalsonderzeeërs (SSN) en de Kilo-II-klasse dizelelektrische variant (SSK) zijn uitgerust met kruisvluchtwapens als de Kalibr en de hypersonische Zircon-missiele. Daarnaast zijn er steeds meer meldingen van onbemenste onderwatersystemen, die vanuit de onderzeeboten ingezet kunnen worden.

‘Uitdagingen lijken op te wegen tegen de nadelen’

Nieuwe generatie onderzeebootbestrijding

Om deze onderzeebootstrijd succesvol te beslechten (lees: het gevecht te winnen) wordt de onderzeebootbestrijdingscapaciteit van de krijgsmacht sterk gemoderniseerd. Het meest in de belangstelling staande onderdeel van die modernisering is de introductie van het Anti Submarine Warfare (ASW-)fregat. Met dit platform luidt de Koninklijke Marine de vijfde generatie onderzeebootbestrijding in. In deze generatie onderzeebootbestrijding wordt gebruik gemaakt van een breed scala aan moderne technologieën en systemen.

Niettegenstaande het onderscheid in vijf generaties, vonden de veranderingen geleidelijk plaats. Hierbij waren onderzeebootstrijd in beide Wereldoorlogen en die tijdens het hoogtepunt van de Sovjet-onderzeebootexpansie gedurende de Koude oorlog echte accelerators voor de ontwikkeling van nieuwe technologieën en tactieken en de daarmee gepaard gaande snelle operationalisering ervan. De huidige mondiale veiligheidssituatie lijkt hetzelfde versnellende effect te hebben. Er is een snel groeiend militair gebruik van onbemenste systemen, op land, in de lucht, op zee en onderwater. De introductie van deze systemen gaat hand in hand met de

DATAVERWERKING	ASW-WAPENS	COMMUNICATIE
• Mens	• Rammen • Kanon • Dieptebom (na 1917)	• Vlaggen • Licht morse
• Mens • Eenvoudige signaal verwerking	• Dieptebom • Hedgehog • Torpedo	• Radio • Vlaggen • Telex • Licht morse
• Klassieke signaalverwerking	• (Nucleaire) Dieptebom • Light Weight Torpedo • Heavy Weight Torpedo	• Radio • Telex • Tactische Datalink
• Klassieke signaalverwerking • Sensor specifiek • Track Fusion	• Light Weight Torpedo	• Secure Radio • Tactisch Datalink • Chat • SATCOM
• Sensor agnostisch • Data Science • Machine Learning • Artificial Intelligence • Plot level Fusion	• Stand-off ASW effector • Light Weight Torpedo	• Breedband beveiligd MESH cq MANET netwerk via UHF/VHF/HF radio, digitale onderwatercommunicatie, SATCOM and militaire 5G/6G.

snelle ontwikkeling en gebruik van moderne computer algoritmes voor vergaande automatisering en autonomie. Defensie bestudeert die ontwikkelingen, echter operaties in de Zwarte zee tegen de Russische vloot kunnen niet één op één vertaald worden naar ASW-operaties op de Noord-Atlantische Oceaan. Het is daarom te vroeg voor historische conclusies. Desalniettemin blijft onbetwist dat onbemande systemen deel uitmaken van toekomstige navale oorlogvoering, waaronder ASW. Daarom zitten CZSK en COMMIT niet stil.

Onbemande en autonome systemen

Het gebruik van onbemande systemen wordt gezien als één van de manieren om de voor een geloofwaardige afschrikking benodigde massa op zee te brengen. Met deze relatief goedkope systemen kan de KM een groot zeegebied afdekken, operationele diepte creëren en hiermee reactietijd winnen. Tijd en ruimte zijn fundamentele componenten van militaire doctrine. Kortom, er zijn voldoende militair operationele redenen om onbemenste systemen en autonomie te adopteren. Deze massa van systemen is nodig om militair-operationele dreigingen in de huidige tijd, maar ook in de komende decennia het hoofd te bieden. Die dreiging wordt gekenmerkt door een tegenstan-

der die haar onderzeebootwapen snel uitbreidt en deze uitbreiding combineert met een grote bevolking waaruit gerekruteerd kunnen worden. Dit, in combinatie met een significant en hoogtechnologisch militair-industrieel complex, is op zijn minst zorgwekkend. Om deze capabele tegenstander tegenwicht te bieden moet het NAVO-bondgenootschap een groot volume aan (onderwater) sensoren en effectoren creëren. Het bemensen van de benodigde systemen en ondersteunende diensten uit onze westerse bevolking lijkt echter niet makkelijk haalbaar. Zelfs als onze samenleving in staat zou zijn grote aantallen dienstplichtigen voor de krijgsmacht te mobiliseren, krijgen we waarschijnlijk te maken met een significante publieke backlash, inclusief intensieve media-aandacht bij het vallen van slachtoffers.

Niet alleen vanuit operationeel-militaire redenen bieden onbemande systemen en autonomie voordelen, ook de technische veranderingen ervan zijn relevant. Minder bemanning reduceert het scheepsvolume door voorzieningen weg te laten; bijvoorbeeld accommodatie en reddingsmiddelen. De nieuw technologie vraagt daarentegen wel meer ruimte voor computers, schokabsorptie en een waslijst aan andere technische componenten.

Hernieuwde strijd op de Noord Atlantische oceaan

Extra redundantie, robuuste betrouwbare communicatie en sensoren die het onbemande systeem moeten monitoren, introduceren nieuwe technische uitdagingen. Deze uitdagingen lijken echter op te wegen tegen de nadelen.

In een reactie op het betoog van collega Van Vuuren maakt viceadmiraal b.d. Wim Nagtegaal zich begrijpelijk zorgen over de kleine bemanningen die Van Vuuren schetst in zijn bijdrage.⁴ Het begrijpen en bedienen van een veel breder arsenaal aan systemen zal een enorme inspanning zijn voor de operationele gebruiker, zowel voor de bedienaar als de onderhouder. De zorgen die Nagtegaal benoemd zijn terecht alsook onderkend, en er wordt al lange tijd gewerkt aan oplossingen.

Nieuwe sensormaterialen

De signalen van een versterking en modernisering van de Russische onderzeebootvloot waren er al langer.⁵ Binnen het bondgenootschap en daarmee ook in Nederland wordt inzake ASW al langer dan zichtbaar gewerkt aan onderzoek naar het gebruik van onbemande systemen en autonomie.⁶ Hierbij wordt voortgebouwd op kennis die is opgedaan bij het ontwikkelen van de onbemande Stand-off mijnenbestrijdingscapaciteit, die de komende jaren in onze vloot wordt geïntroduceerd. Doordat onderzeeboten een dynamische dreiging zijn, is de oplossing een multistatisch netwerk bestaande uit bemande en onbemande platformen met een combinatie van on- en off-board sensoren en effectoren. Deze platformen kunnen organiek zijn, maar ook van andere eenheden of commando's komen. Het gaat hierbij om platformen, sensoren en effectoren zowel onder-, op- en bovenwater - inclusief ruimtevaartuigen. De geïntegreerde missieomgeving van onze toekomstige ASW-fregatten en Air Defenders is toegerust om de in hoge mate geautomatiseerde en waar mogelijk (en nodig) autonome *C4I hub & spoke* functie te vervullen. Deze eenheden zorgen daarbij niet alleen voor *command & control* (C2), maar ook voor redundantie inzake communicatiemiddelen en computerkracht.

Het sensorische deel van het onderwaternetwerk bestaat uit traditionele akoestische sensoren (sonars) en niet-akoestische sensoren (radar, elektro-optische en infrarood). Deze traditionele sensoren worden aangevuld met kwantumsensoren zoals kwantummagnetometers - waarmee verstoringen in het aardmagnetische veld worden gedetecteerd - en kwantumgravimeters. Laatstgenoemde registreert trillingen die via de bodem worden doorgegeven. Beide verstoringen zijn indicatoren voor de aanwezigheid van onderzeeboten. De materialen waarvan onderwatersensoren worden gemaakt evolueren eveneens. Zo doet

COMMIT in samenwerking met TNO onderzoek naar het gebruik van nanomaterialen voor transducerelementen. Dit is een ontwikkeling uit de hightech-industrie die laat zien dat naast de traditionele keramiek piezo-elektrische technologie voor zend- en ontvangstelementen ook veel lichtere polymeren geschikt zijn voor gebruik in militaire sonars. Deze nanotechnologie zorgt voor gewichtsbesparing waardoor sonars meer gevoelig oppervlak kunnen krijgen of deze geïnstalleerd kunnen worden op kleine onbemande systemen.

Een tweede innovatie op gebied van materialen is een geslept lineair passief *towed array* op basis van *fiber optic sensing*-technologie, die in samenwerking met een Nederlands bedrijf ontwikkeld wordt. Ook hierbij is het gewicht van de hydrofoon lager waardoor het gevoelige deel van de sonar kan worden vergroot. Dat betekent meer gevoeligheid, wat resulteert in detectievoordeel. Daarnaast zorgt de fiber-optische technologie voor volumevermindering waardoor er een dun *array* ontstaat en is geen elektro-technisch materiaal benodigd waardoor het ongevoelig is voor verstoring hiervan. De ontwikkeling van sonars voor onderzeebootbestrijding op basis van deze materialen is in volle gang.

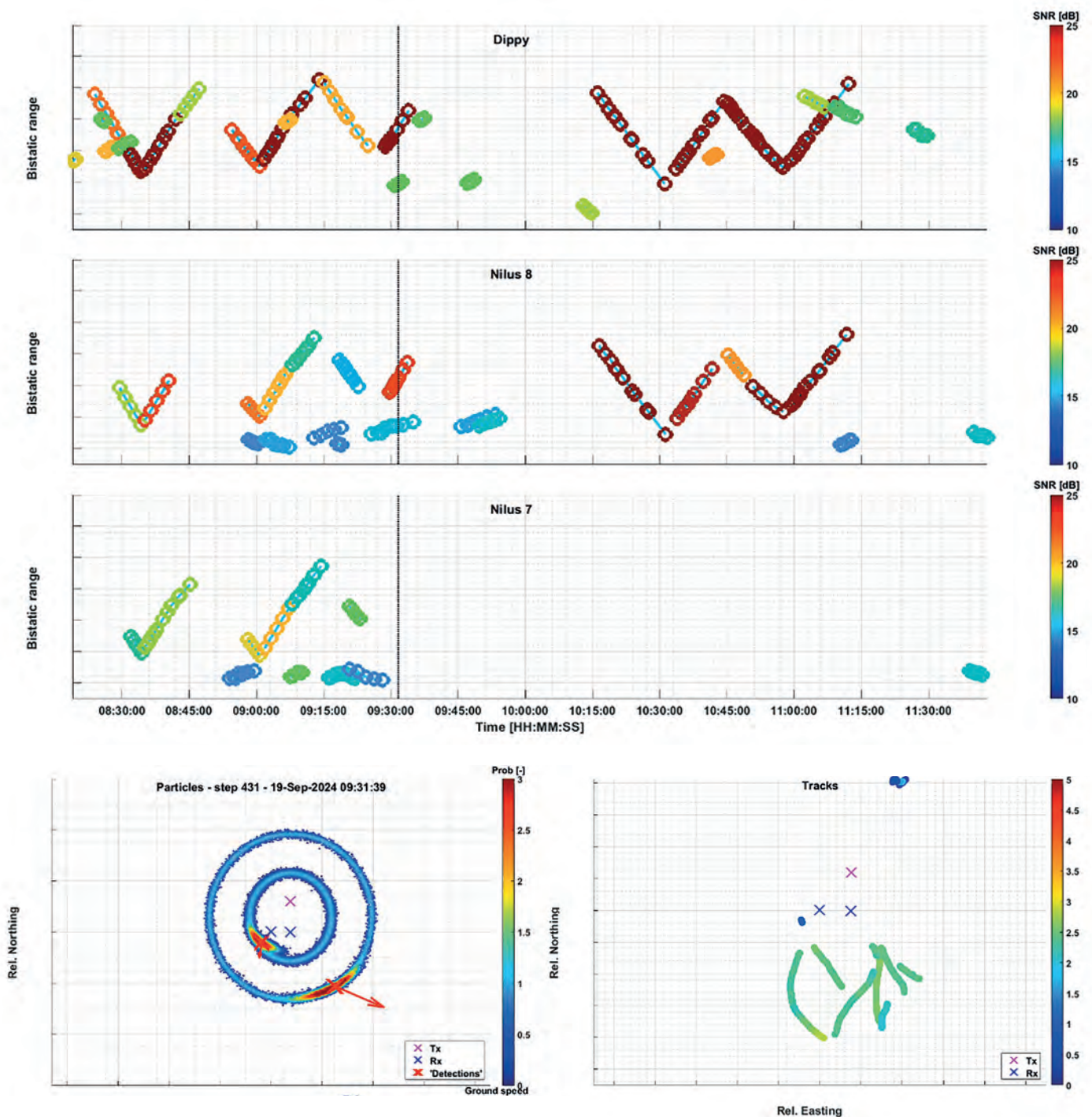
Verbeterde sonarprocessing

Sonarprocessing is de methode van het analyseren van onderwatergeluid dat door de sonar wordt opgevangen. Het heeft tot doel het herkennen van bruikbare informatie zoals de aanwezigheid, de locatie en karakteristieken van onderwatergeluid. Sonarprocessing maakt steeds meer gebruik van moderne computer algoritmieken zoals *machine learning* en kunstmatige intelligentie. Daarnaast raken detectiedrempels adaptiever waardoor deze drempel zich continu aanpast aan het omgevingsruisniveau. Hierdoor raken relevante contacten steeds minder onnodig weggefilterd, en helpt het bij voorkoming van een overmaat aan storing die de waarneming van de operator vertroebelt. Fusie van sonardata vindt in de toekomstige sonarketen in een eerdere processingfase plaats, waarbij *plotlevel fusion* het streven is. Dit is het proces waar ruwe informatie van sonar gedeeld wordt met of vanuit andere sonars en samengevoegd wordt voordat er een *track* wordt gemaakt. Een *track* is de informatie die zichtbaar wordt gemaakt in het Combat Management Systemen (CMS). De eerste stap is plotlevelfusie voor on-board sensoren met het doel toe te werken naar plotlevelfusie voor off-board sonardata. Deze laatste ontwikkeling vereist niet alleen voldoende communicatie-bandbreedte, maar ook standaardisatie van sonar-dataformaten. Met de implementatie van deze technieken reduceren we operatorbelasting, halen we meer relevante data uit de ruwe sonardata, versnellen we het proces van detectie en verhogen we de classificatie nauwkeurigheid van onderwatercontacten.⁷

Autonoom Multistatisch Heterogeen Netwerk

In een internationaal multistatisch netwerk is *interoperability* en *interchangeability* belangrijk om data en informatie eenvoudig tussen verschillende systemen en nationaliteiten te kunnen delen.⁸ Om dit mogelijk te maken moet het netwerk sensor- of effector-agnostisch zijn, dat wil zeggen dat het niet uitmaakt van wie de sensor is, hoe de sensor

‘Met de implementatie van deze technieken reduceren we operatorbelasting’



Multistatische sonarprocessing tijdens REPMUS. Boven: data van drie afzonderlijke sonars na processing. Onder: de trackvorming waarvan het resultaat - het rode kruis met pijl - uiteindelijk zichtbaar wordt gemaakt aan de operator. Tot nu toe moet de operator dat aan boord doen (data: TNO)

(intern) werkt of wie de sensor heeft geproduceerd. Standardisatie is dus essentieel, aangezien het samenwerking en uitwisselbaarheid mogelijk maakt, niet alleen met sensoren en effectoren uit onze eigen gereedschapskist, maar ook uit gereedschapskisten van bondgenoten. Het netwerk zal zelf beslissen wat de beste manier is om data en informatie uit te wisselen. Daarbij wordt rekening gehouden met prioriteit van de informatie en het volume van de data.

Cognitieve sonar

Binnen het netwerk zullen verschillende nodes gebruikmaken van een groot aantal in- en externe informatie- en databronnen, die gecombineerd met moderne computer

algoritmeek, datawetenschap, *machine learning* en kunstmatige intelligentie het *command team* ondersteunen met extra kennis en informatie om het onderwaterbeeld op te bouwen. Deze zogenaamde cognitieve sonartoepassing zal niet alleen de kans op detectie van onderwaterdreigingen vergroten door een beter begrip van de omgeving, maar ook de operatorwerklast verminderen, wat bij het continu uitbreiden van sensornetwerken van groot belang is.⁹

Genoemde ontwikkelingen klinken als forse stappen en een grote verandering. En hoewel sommige van de beschreven technologieën op zichzelf disruptief zijn, is het totale pakket deel van de evolutie van onderzeebootbe-

Hernieuwde strijd op de Noord Atlantische oceaan

strijding: van de eerste dagen van offensieve onderzee-operaties tijdens de Eerste Wereldoorlog tot de huidige operaties in de Noordelijke Atlantic. Hierbij was vertrouwen in de nieuwe technologie door de operator van belang. Ook nu is het voor de acceptatie van de beschreven ontwikkelingen belangrijk dat we aan vertrouwen werken. Een goed systeem van mens/machine teaming is dan ook een punt van aandacht.

Concrete resultaten

Om alle ontwikkelingen snel te kunnen adopteren, is het van belang deze snel naar de vloot te kunnen brengen. Daarom is besloten de productie van sonarprocessing op de grootbovenwatereenheden in eigen hand te nemen. Dit ontwikkeling resulteert in de Underwater Warfare Sensor Suite (UWWSS), een compleet geïntegreerde sonarprocessing suite, die wordt ontwikkeld door TNO in samenwerking met COMMIT (maritieme IT). UWWSS is onderdeel van het CMS en wordt op het ASWF geïntroduceerd. Om toekomstige ontwikkelingen kort cyclisch te kunnen implementeren, is het programma Continu Operationeel Relevantie Sonar (CORes) geïnitieerd. CORes zorgt voor een infrastructuur van simulators, die nieuwe sonar-algoritmes kan testen in een relevante omgeving zonder dat operationele eenheden als testplatform hoeven te dienen.

UWWSS is zoals eerder betoogd geschikt om sonar-data vanuit onbemande systemen te verwerken. Voor het ASWF ontwikkelt COMMIT een Unmanned Surface Vehicle (USV) met sonar, die past in de *mission bay* van het vaartuig. Ontwerp en bouw wordt uitgevoerd door Dutch Naval Design, een samenwerkingsverband tussen maritieme maakindustrie, onderzoeksinstituten en het Ministerie van Defensie. Momenteel werkt men aan een gedetailleerd ontwerp. Gedurende deze fase wordt ook aan de ontwikkeling van zowel vaar-, platform- als missieautonomie gewerkt. Voor de onderzeebootbestrijdingstaak krijgt de USV beschikking over een dippingsonar. Een zelfde soort sonar ziet al inzet vanuit de NH90 boordhelikopter, waarbij deze via een lier afzakt naar de gewenste diepte om metingen uit te voeren. Zoals eerder benoemd is het zaak operatorhandelingen tot het minimum te verminderen. Daarom is het overdragen van de operatorbelasting van de USV naar het moederschip geen optie en is het doel om voor USV-operaties geen extra sonarbedieners aan boord van het ASWF te plaatsen. De USV moet daarom zo autonoom mogelijk zijn, zowel in uitvoeren van het varen als in het detecteren, classificeren en tracken van onderwatercontacten in dat streven ligt de reden waarom gekozen is voor een dippingsonar in plaats van een gesleepte sonar. Detectie middels stationaire sensors – en een dippingsonar behoort tot die categorie – laten zich makkelijker automatiseren dan bewegende sensors. In een omgeving met veel verstoring en langzaam bewegende doelen, zoals in onderzeebootbestrijding, is dit laatste extra ingewikkeld.

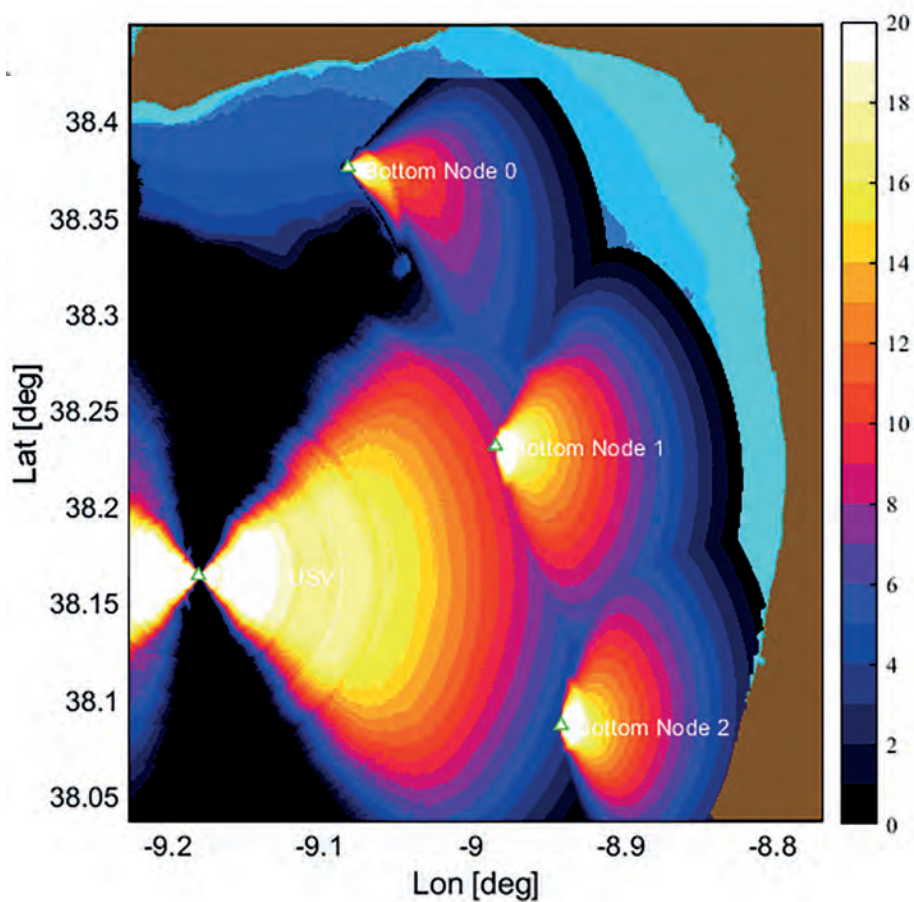
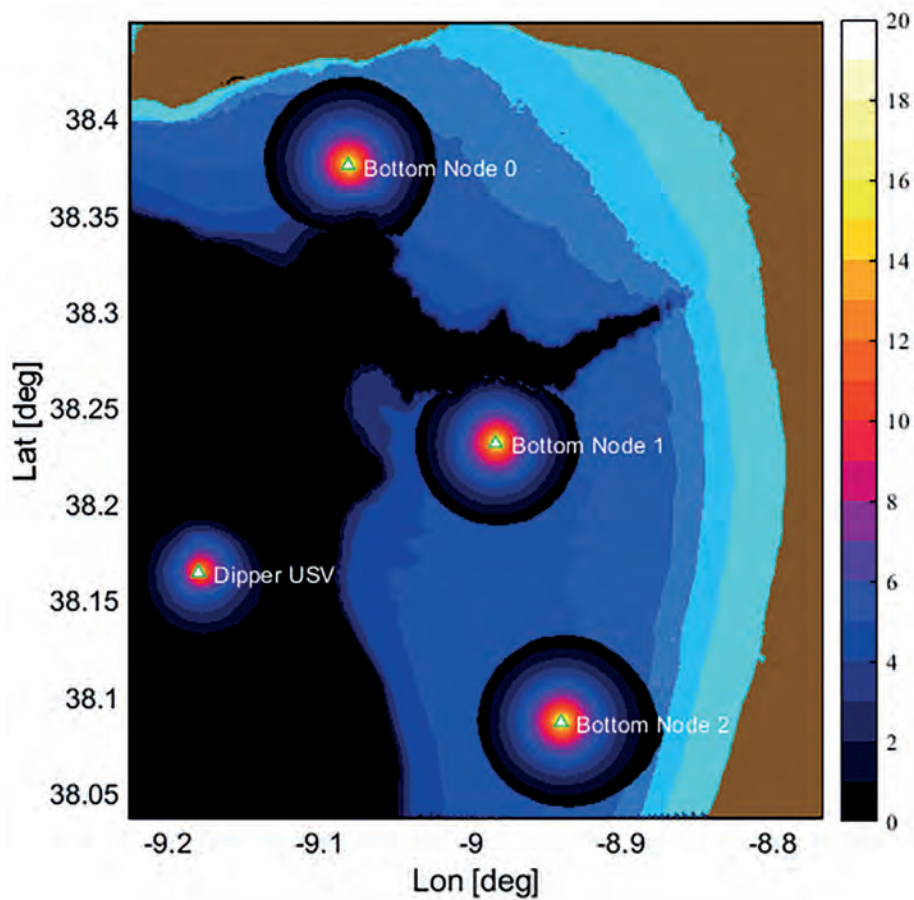
Makkelijker betekent echter niet gemakkelijk. Sinds 2020 doet TNO in opdracht van COMMIT onderzoek naar sonar-processingalgoritmes voor multistatische sonaroperaties in het kader van een door het NAVO Smart Defence Initiative (SDI) ingezette *deployable ASW barrier*. Een SDI is een bondgenootschappelijk initiatief waarbij deelnemende

landen zelf de kosten dragen van hun inbreng. Met internationale samenwerking komt meer kennis, kunde en data beschikbaar waardoor binnen de SDI slimmere en betere sonarprocessing is ontwikkeld. De resultaten van dit onderzoek werden voor het eerste gedemonstreerd gedurende de jaarlijkse Portugese oefening *Robotic Experimentation and Prototyping using Maritime Uncrewed Systems (REPMUS)* 2021.¹⁰ Met een experimentele sonar waren we in staat automatische detectie en tracking uit te voeren van een kunstmatig onderwaterdoel.¹¹ Met deze ervaring is de sonarprocessing doorontwikkeld en ook geschikt gemaakt voor multistatische signaalverwerking. Dit is een jaar later beproefd tijdens REPMUS 2022. In samenwerking met Duitsland is veel ervaring opgedaan om de multistatische signaalverwerking ook met een verscheidenheid aan systemen uit voeren. In 2022 is zoveel data verzameld, dat in 2023 is gewerkt aan een grote stap in de ontwikkeling. Tijdens REPMUS 2024 demonstreerden Nederland de volledige autonome detectie, tracking en rapportage van een onderwaterdoel in een multistatisch netwerk van actieve en passieve onderwatersensoren in drie domeinen - onderwater, op het water en in de lucht.

Deze demonstratie werd niet met nationale assets en nationale interfaces uitgevoerd, maar in een samenwerkingsverband met Duitsland, Noorwegen, het VK en het NAVO Centre for Maritime Research & Experimentation (CMRE). Wij waren in staat een internationaal netwerk van heterogene sensoren te creëren waarin zonder tussenkomst van operators een doel werd gedetecteerd, automatisch getrokken en gerapporteerd aan de ASW Commandant in het Maritime Operation Centre (MOC) aan de wal. Op het gerapporteerde onderwaterdoel is vervolgens een onbemande helikopter ingezet voor inzet van sonarboeien. Door het meerdere keren herhalen van de test, is niet alleen aangetoond dat de ambitie ook te verwezenlijken is, maar het laat ook zien dat onderzeebootbestrijding multi-domeinoperaties *avant la lettre* zijn.¹²

De onbemande helikopter die ook op het ASWF komt is ook geschikt voor het vergroten van effectieve wapeninzet. Hiervoor is het belangrijk zeker te stellen dat een sonarcontact ook daadwerkelijk een onderzeeboot is. Confirmatie met niet akoestische sensoren kan die mogelijkheid bieden. Gedurende REPMUS2025 is daarom succesvol geëxperimenteerd met een onbemande helikopter met een *Quantum Magnetic Anomaly Detector* (QMAD), die de verstoring van het aardmagnetisch veld door de onderzeeboot detecteert. In samenwerking met de internationale partners zal Defensie tijdens REPMUS 2026 aan de hand van alle ervaringen uit 2024 en 2025 een demonstratie uitvoeren waarin alle ontwikkelingen in samenhang worden aangetoond.

‘De onbemande helikopter is ook geschikt voor het vergroten van effectieve wapeninzet’



Vier sonars in beeld. Boven: de passieve sonars luisteren zonder uit te zenden, waardoor het detectiebereik beperkt is. Onder: de dippingsonar (links) is nu actief. De drie passieve sonars maken gebruik van het signaal van de actieve sonar (multistatisch) wat het bereik sterk vergroot. De afbeeldingen zijn gemaakt met modellen en niet met live data (bron: TNO)

Conclusie

Defensie wordt geconfronteerd met een toenemende onderzeebootdreiging die alleen het hoofd kan worden geboden door gebruik te maken van onbemande en autonome sensorsystemen. Om de toenemende data uit deze sensorsystemen te kunnen verwerken met minder mensen worden er meer en meer moderne sensoren, sensormaterialen en computeralgoritmes toegepast in de vlootvernieuwing van de Koninklijke Marine. Doordat er in de afgelopen decennia blijvend is geïnvesteerd in onderzoek naar moderne detectie en classificatie technologie, gecombineerd met experimenteren op zee is Defensie goed voorgesorteerd om met de introductie van het ASWF binnen de Nederlandse vloot vorm te kunnen geven aan de vijfde generatie onderzeebootbestrijding. Zoals dit artikel betoogd, is deze transitie geen directe omslag, maar vormt eerder een geleidelijk proces. Naast de beschreven materiele verandering zullen ook opleidingen, doctrines en tactieken evolueren als gevolg van operationele experimenten. En vanuit de vijfde generatie zal ongetwijfeld de weg worden ingeslagen naar een volgende generatie onderzeebootbestrijding.

KLTZ drs. ing. Paul Dröge is Hoofd Bureau Onderwatergevechtstechnologie bij het Commando Materieel en IT (COMMIT). Hij heeft een achtergrond als commandocentraleofficier en studeerde militaire geschiedenis aan de Universiteit van Amsterdam.

Noten

- 1 Dröge, P., 'De zeepkist op, het debat hervat!', *Marineblad*, nr. 3 (mei 2023), p. 40-43.
- 2 Vuuren, R. van, 'Vernieuwing van de vloot', *Marineblad*, nr. 3 (mei 2025), p. 6-13.

- 3 Haas, Y. de, 'Het Future Maritime Operating Concept', *Marineblad*, nr. 4 (juni 2025), p. 8-15.
- 4 Nagtegaal, W., 'Reactie op R. van Vuuren', *Marineblad*, nr. 4 (juni 2025), p. 48.
- 5 Zie bijvoorbeeld: Thomas Gibbons-Neff, Report: Russian sub activity returns to Cold War levels, *The Washington Post* (4 februari 2026); Kathleen H. Hicks et al, Undersea Warfare in Northern Europa (CSIS International Security Program, juli 2026).
- 6 Niet alleen voor onderzeebootbestrijding, maar ook voor mijnbestrijding. De laatste zijn daar nog eerder mee gestart wat tot uit is gekomen in de aanschaf van de nieuw MCM moederschepen met een toolbox die onbemand op afstand van het moederschip wordt ingezet. Zie hiervoor het themanummer Mijndienst, *Marineblad*, nr. 2 (maart 2025).
- 7 NIAG report SG 304 AI and Big Data Analytics in the Maritime Domain
- 8 *Interoperability* is het vermogen mat andere systemen samen te werken op basis van een gemeenschappelijke taal. *Interchangeability* betekent dat een systeem kan vervangen voor door een ander type systeem zonder dat de functie van het *system of systems* wezenlijk veranderd.
- 9 Boom, D., 'Verantwoorde bemanningsreductie', *Marineblad*, nr 3 (mei 2025), p. 28-34.
- 10 Voor meer informatie over REPMUS zie: A MUST DO: REPMUS is Primary Means for NATO to Develop Maritime Uncrewed Capability, *Seapower*. <https://seapowermagazine.org/a-must-do-repmus-is-primary-means-for-nato-to-develop-maritime-uncrewed-capability/>.
- 11 COMMIT en TNO gebruiken een 'in house' ontworpen experimentele sonar die in functie is te vergelijken met een HELRAS sonar van de NH90, maar eenvoudiger aan te passen en uit te breiden. Deze experimentele sonar heeft in vergelijking met de HELRAS een zeer laag vermogen. Detectie afstanden zijn daarom niet representatief. Zie ook: *Materieelgezien* 5-2021. https://magazines.defensie.nl/materieelgezien/2021/05/04_dipping-sonar-in-onderzeebootbestrijding. Voor het oefendoel zie: Alle Hens 8-2021. <https://magazines.defensie.nl/allehens/2021/08/05-asw-oefendoel>.
- 12 De resultaten zijn vastgelegd in een Departementaal Vertrouwelijk TNO-rapport. is. Voor defensiemedewerkers is het op te vragen bij de auteur.

Cartoon

