



# Het visualiseren van netwerkverkeer in virtual reality

In een wereld waarin vitale processen in toenemende mate afhankelijk zijn van informatiesystemen en computernetwerken groeit ook de dreiging van cyberaanvallen. Terwijl firewalls een gebruikelijke manier zijn om ongewenste toegang tot computersystemen te voorkomen, worden nieuwe generaties virussen specifiek ontworpen om lang onder de radar te blijven en kritieke schade toe te brengen. Tegen dergelijke aanvallen blijken firewalls ontoereikend; computers neigen vaak tot misclassificaties als gevolg van suboptimale patroonherkenning. Het menselijk brein is juist evolutionair ontwikkeld om snel verbanden te leggen, structuren te herkennen en afwijkingen op te merken. Dit unieke vermogen maakt de mens onmisbaar in het proces van de opsporing van fouten. De mens is daarnaast visueel ingesteld en de manier waarop data worden gepresenteerd maakt dan al het verschil. Dit artikel onderzoekt de mogelijkheden om *virtual reality*-technologie in te zetten voor het vinden van patronen en afwijkingen in netwerkverkeer en zo de detectie van cyberdreigingen te verbeteren.

Dit artikel is gebaseerd op de afstudeerscriptie van de auteur voor het KIM. Het begint met een inleiding over netwerkverkeer, cyberdreigingen en visualisatie, waaruit de probleemstelling voortvloeit, gevolgd door een uitleg van dimensies in data. Vervolgens worden de voor- en nadelen van visualiseren in virtual reality (VR) besproken. Dit leidt uiteindelijk tot een conceptontwerp van een VR-visualisatiesysteem met bijbehorende conclusies en aanbevelingen.

## Dimensies in data

Data worden over netwerken verstuurd in zogenoemde pakketten. Deze pakketten hebben vaak honderden di-

mensies, waardoor een visualisatie ervan, zelfs in VR, niet eenvoudig is. *The curse of dimensionality*, of vloek van dimensionaliteit, is de onheilspellende term voor verscheidene verwarrende fenomenen die kunnen voorkomen bij het ordenen van data in hoogdimensionale ruimtes en die zich niet voordoen bij lagere dimensies. Met elke toegevoegde dimensie groeien de complexiteit en het volume van de dataruimte namelijk exponentieel terwijl het aantal datapunten gelijk blijft; de data worden vervolgens 'dun'. Dat wil zeggen dat een steeds groter percentage van datacellen geen data bevat, ze zijn leeg ofwel 'not a number'. Dit fenomeen kan het best geïllustreerd worden met een simpele set observaties.

Stel een eendimensionale grafiek voor waarlangs observaties zijn uitgezet aan de hand van een enkele eigenschap. Stel nu voor dat dezelfde observaties nog een tweede kenmerk hebben dat langs een tweede as wordt gepresenteerd. Hetzelfde aantal datapunten is nu verspreid over een kwadratisch groter, tweedimensionaal oppervlak. Met het toevoegen van een derde dimensie wordt de ruimte waarin de punten zich bevinden met de derdemacht vergroot ten opzichte van het aantal punten, waarbij dus een zeer groot deel leeg is. Met honderden dimensies wordt de leegte naar verhouding zo groot dat statistiek toepassen niet meer mogelijk is. Classificatie, clustering en het detecteren van afwijkingen worden allemaal bemoeilijkt door de *curse of dimensionality*. Een belangrijk deel van het visualiseren van data bestaat daarom uit het vinden van een manier om met omvangrijke hoeveelheden dimensies om te gaan. Daarvoor is een aantal dimensie-reductiealgoritmen getest die in dit artikel verder worden uitgelegd.

### Visualisatie voor data-analyse

De afgelopen jaren is genoeg onderzoek gedaan naar het visualiseren van netwerkverkeer en zijn tal van systemen voorgesteld. Toch worden die systemen weinig gebruikt. De basis van het onderzoek ligt in de literatuur over de bestaande visuele-analysesystemen: daarbij gaat het veelal om 2D-systemen, met een enkel 3D-beeld op een 2D-display. Hoewel uit de literatuur blijkt dat visualisatie in het algemeen een bewezen en nuttig hulpmiddel is voor het opsporen van afwijkingen, vertonen bestaande technieken verscheidene gebreken. Die zijn onder te brengen in vier hoofdcategorieën. Zo zorgt ten eerste een gebrekkige voorverwerking van de data voor inadequaat situationeel bewustzijn bij de analist: een te groot deel van de *OODA-loop* (*observe, orient, decide & act*), die we bij de Koninklijke Marine maar al te goed kennen, wordt aan de mens overgelaten. Een visueel analysesysteem zou autonoom moeten zoeken en selecteren naar data waar waarschijnlijk een afwijking in te vinden is. Als een analist al dit werk moet doen verliest hij het overzicht. Ook kan een mens nooit de snelheid en hoeveelheid van het netwerkverkeer *real time* verwerken zonder dat het systeem de data eerst filtert.

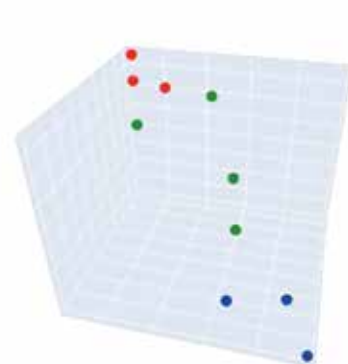
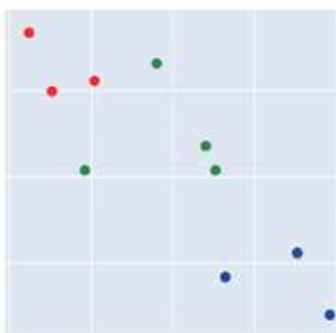
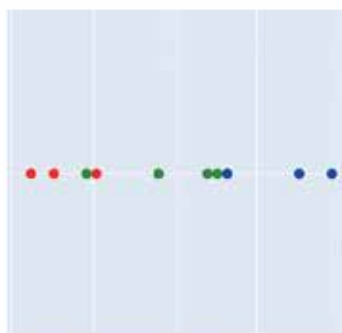
‘Het menselijk brein verwerkt met een VR-weergave ongeveer 8000 keer meer informatie in dezelfde tijd’

Ten tweede is het in geen enkel bestaand systeem mogelijk de context van data te vergelijken door attributen in tijd en structuur tegelijk te bestuderen. De methodes focussen óf op de sequentiële analyse van een enkel attribuut óf op de structurele analyse van multivariabele data, maar nooit op allebei tegelijk. De mogelijkheid om dat wel te kunnen is van belang: een bepaalde volgorde van bijvoorbeeld het opvragen, verkrijgen en aanpassen van een variabele is an sich normaal, maar kan verdacht zijn als het verzoek van een ander adres komt of de waarde ervan excessief wordt opgehoogd. Daarbovenop komt, als derde, dat de schaalbaarheid van de data beperkt wordt door de afmetingen van een scherm, waardoor het overzicht verloren gaat. Hoewel grotere beeldschermen en multimonitoromgevingen een stap kunnen zijn in de richting van schaalbaarheid, lijkt de groei in data groter te zijn dan de groei in computerkracht. Ook kunnen sommige weergavemodellen of diagrammen eenvoudig niet meeschalen met grotere hoeveelheden data. Bovendien wordt er, ten vierde maar zeker niet onbelangrijk, te weinig waarde gehecht aan gebruiksgemak en *user experience* terwijl uit onderzoek blijkt dat de manier van presenteren en het gemak van interactie bepalend zijn voor de uitkomst van de analyse. De gebruiker moet begrijpen wat er gebeurt. Als een computersysteem puur door een programmeur wordt ontwikkeld, ontbreekt hierin kennis van ervaring en psychologie. Het veelal negeren van dit fundamentele aspect maakt dat ondanks hun potentieel veel systemen uiteindelijk niet ingezet worden.

De mogelijkheden van virtual reality

### De mogelijkheden van virtual reality

Terwijl sommige beperkingen kunnen worden afgevangen in 2D, kan de virtuele werkelijkheid op een grotere hoeveelheid vlakken toegevoegde waarde hebben. Zo is VR door de besturing met hand- en hoofdbewegingen van nature intuïtief in de interactie. Dat komt het gebruiksgemak ten goede. Ook wordt het probleem van schaalbaarheid per definitie geëlimineerd: er is letterlijk een wereld aan ruimte voor alle data. Het combineren van meerdere weergaven en dimensies is mogelijk zonder data te comprimeren door de extra dimensie van VR te gebruiken om data in lagen over elkaar te leggen.



De curse of dimensionality: met elke hogere dimensie groeit de lege ruimte exponentieel (eigen afbeelding)

Door tijd – dan wel volgorde – langs een as uit te zetten in het virtuele en structurele attributen uit te zetten langs een tweede as, resteert een dimensie voor het tonen van de waarden. Hiermee is het voor het eerst mogelijk gegevens over tijd en structuur te vergelijken en te bestuderen in de context van alle netwerkpakketjes. Bovendien is de onbeperkte ruimte die VR biedt een psychologisch hulpmiddel dat de menselijke cognitie ondersteunt en transformeert. Doordat de gebruiker volledig in de data wordt ondergedompeld kan hij zich concentreren op zijn taak zonder afleiding van buitenaf. De stimulerende virtuele omgeving activeert de volle bandbreedte van de optische zenuw naar het brein: naar schatting kan deze zenuw ongeveer 8 megabits per seconde verwerken. Vergelijk dat met het lezen van een 2D-scherm: met minder dan een kilobit per seconde lijkt dat een verspilling van hersencapaciteit. Het menselijk brein verwerkt met een VR-weergave ongeveer 8000 keer meer informatie in de zelfde tijd.

## Het VR-concept in praktijk

Om deze voordelen in de praktijk te testen is een *proof of concept* ontwikkeld met een echte dataset van een Platform Management Systeem van een fregat. Na het bewerken van de gegevens met de programmeertaal *Python* zijn de data klaargemaakt voor gebruik. Ook zijn er verschillende dimensie-reductiealgoritmen op getest. Uiteindelijk is een schets ontstaan van het VR-systeem dat de data visueel inzichtelijk moet maken, waarbij is geprobeerd alle gevonden problemen te elimineren en alle gevonden voordelen tot uiting te doen komen. Dit ontwerp is gerealiseerd in VR via de programmeertaal *C#* in het programma *Unity3D* en is bekeken met de *Oculus Rift S* VR-headset. Het is getest tegen een aantal validatie- en verificatiecriteria die gebaseerd zijn op de beschreven voordelen en oplossingen. Zo kunnen conclusies worden getrokken over de bruikbaarheid. Hieronder volgt een opsomming van de criteria waaraan het systeem voldoet. Allereerst is het systeem intuïtief in de interactie; met extra implementaties zoals een *heads-up display* met gewenste extra gegevens kan het zelfs nog beter. Verder is het, mits de computer genoeg rekenkracht en geheugen heeft, uitermate schaalbaar: de test-dataset van meer dan 15.000 pakketjes kon zonder problemen worden getoond zonder het overzicht te verliezen. Tevens staat een dergelijk systeem de gebruiker toe (en stimuleert hem of haar) de beschikbare ruimte te benutten. Hoewel het in het conceptstelsel niet is gelukt dit volledig te integreren, is aangetoond dat het mogelijk is. Ook maakt het systeem simultane analyse van tijd- en structuurgerelateerde attributen mogelijk en toont het eigenschappen in hun context. Bovendien voorkomt het systeem afleiding en ondersteunt en versterkt het menselijke cognitieve functies; het maakt optimaal gebruik van de menselijke hersencapaciteit, het menselijk geheugen en de mogelijkheid van impliciet leren. Het enige criterium waar het testsysteem in het kader van het onderzoek niet aan kon

'Menselijk inzicht is de sleutel.  
Met visuele analyse wordt de kracht van  
het menselijk brein versterkt én benut'



*Dewi Ekker test het conceptstelsel voor netwerkanalyse met virtual reality*

voldoen is de voorverwerkingsalgoritmen die waarschijnlijke afwijkingen zouden moeten selecteren en prioriteren. De geteste dimensie-reductiealgoritmen leverden niet het gewenste resultaat op, maar vele andere algoritmen zijn het bestuderen waard.

## Beperkingen van het onderzoek

Bedenk wel dat dit een *proof of concept* is, geen uiteindelijk product, en dat veel aanpassingen mogelijk zijn om het systeem te verbeteren. Het systeem is niet getest tegen echte of realistische cyberdreigingen en er is geen rekening gehouden met correlatiestructuren van daadwerkelijke aanvallen. Alleen op zichzelf staande afwijkingen worden opgespoord. Ook zijn bestaande systemen niet getest ter vergelijking. Door deze zaken wel mee te nemen kan er een (nog) beter systeem worden ontwikkeld. Een aanbeveling voor vervolgonderzoek zou zijn krachtige detectie- en reductiealgoritmen te bestuderen om de voorverwerking en hiermee dus het situationeel bewustzijn van de gebruiker te verbeteren. Naast de op correlatie beruste algoritmen die in dit onderzoek zijn getest, bestaan er vele andere populaire technie-



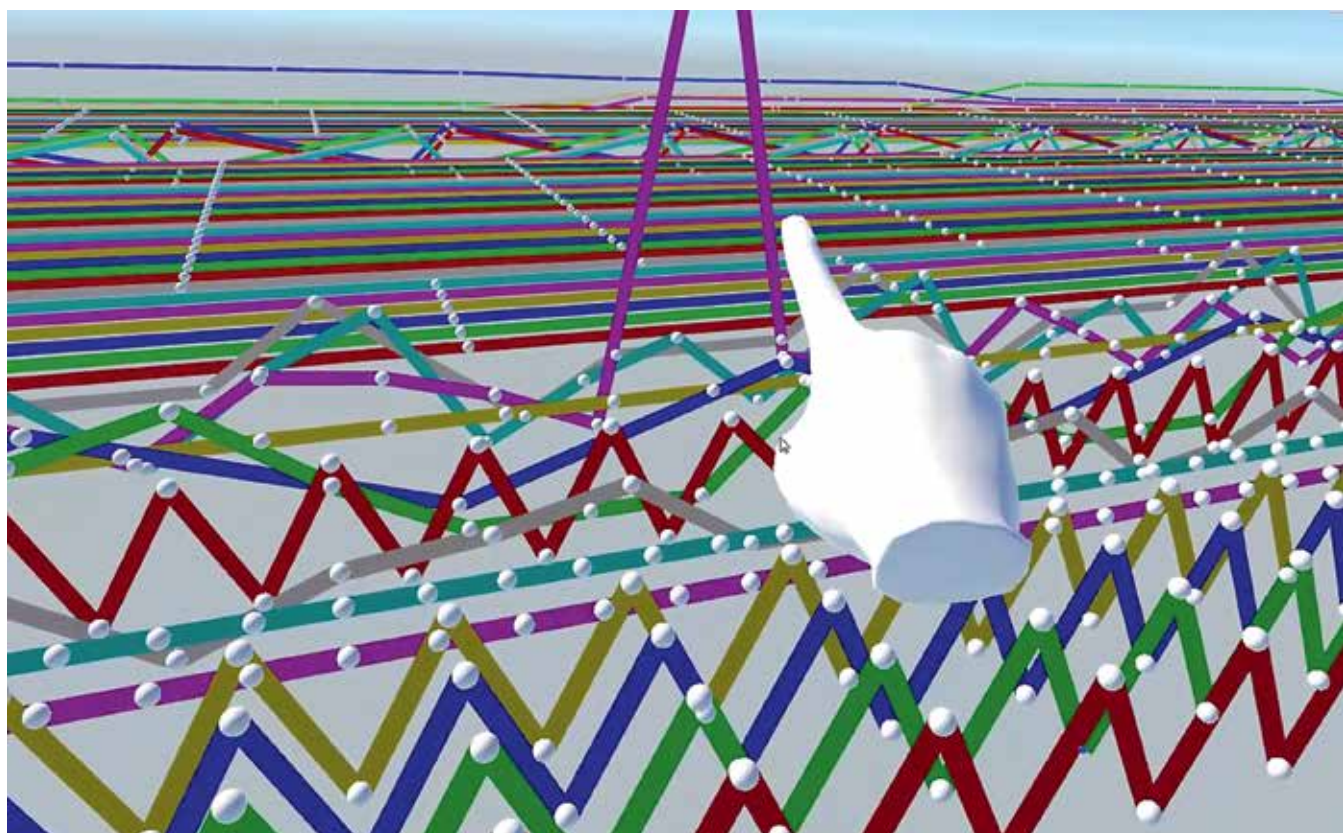
ken die zich op andere eigenschappen baseren. Verder is het aan te bevelen het gebruik van de virtuele ruimte te optimaliseren, door het maken van aantekeningen en het verplaatsen van objecten door de gebruiker mogelijk te maken. Daarbij is het essentieel goed onderzoek te doen naar het psychologische aspect van de gebruikerservaring. Dit is meteen een brug naar de volgende aanbeveling: voor een goed werkend systeem zou het de moeite lonen een team te formeren van professionals in verschillende disciplines. Het draait namelijk niet alleen om computerkennis, statistiek, cyberveiligheid, *datamining* en kunstmatige intelligentie: ook *cognitieve psychologie*, *human computer interactions* (HCI), *user experience* (UX) en ergonomie zijn van belang. Als laatste aanbeveling, een stap verder dan VR-visualisatie, kan *perceptualization* een interessante mogelijkheid zijn om te verkennen. Hiermee worden naast zicht ook andere zintuigen ingezet, bijvoorbeeld het gehoor. VR-headsets kunnen al stereo geluid afspelen en haptische feedback geven via de handen. Dus het vraagstuk hoe deze mogelijkheden kunnen worden ingezet om de detectie van afwijkend verkeer te verbeteren, is een intrigerend onderwerp voor later onderzoek. Er zijn nog veel mogelijkheden om het systeem te verbeteren. Toch zijn de huidige onderzoeksresultaten al overtuigend genoeg om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden: hoe virtual reality-technologie in te zetten voor het vinden van patronen en afwijkingen in netwerkverkeer en zo de detectie van cyberdreigingen te verbeteren?

## Conclusie

Uit het onderzoek is gebleken dat de interactieve visualisatie van netwerkverkeer in virtuele werkelijkheid wel

degelijk nuttig kan zijn voor het opsporen van afwijkende data. Menselijk inzicht is de sleutel. Met visuele analyse wordt de kracht van het menselijk brein zowel versterkt als benut en, mits goed ontworpen, een VR-systeem kan erg bruikbaar zijn voor die visuele analyse. Bij de huidige visuele analysesystemen treedt echter een aantal complicaties op. Als gevolg van inadequate voorverwerking en beoordeling van data, gebrek aan tegelijkertijd inzicht in context van tijd en structuur, beperkte schaalbaarheid en ongefundeerde gebruikerservaring, kunnen analisten onvoldoende beeld opbouwen. Onder voorwaarde dat het ontwerp sterke voorverwerkingsalgoritmen implementeert kan een VR-systeem enkele grote voordelen bieden ten opzichte van conventionele 2D-systemen. Zo brengt VR van nature schaalbaarheid en intuïtieve besturing met zich mee en stimuleert het de hersenen om tot 8000 keer meer informatie te verwerken zonder afleiding van buitenaf. Het *proof of concept* dat in mijn onderzoek is gepresenteerd voldoet aan bijna alle criteria, met als enige kanttekening dat er sterkere voorverwerkingsalgoritmen nodig zijn om de analist te helpen bij het filteren en uitlichten van mogelijke dreigingen. Al met al is de conclusie gerechtvaardigd dat deze manier van visualiseren een levensvatbare oplossing biedt voor toekomstige analysesystemen. Zo breekt een tijdperk aan waarin de virtual reality tot wasdom kan komen.

**LT23 (TD) Dewi Ekker is afstudeerder MS&T aan het KIM en dit jaar begonnen aan een masteropleiding in Groot-Brittannië. Zij baseerde dit artikel op haar eindschrijft 'Network Traffic Visualization in Virtual Reality' waarmee ze de KVMO-schrijftprijs won.**



Data in VR gevisualiseerd (eigen afbeelding)

## Reacties op 'Flightplan 2035. Maritieme Militaire Luchtvaart: een blik op de toekomst', door LTZ1 dr. R.M. de Rooter e.a. in Marineblad nr. 5, augustus 2020.

**'Tot mijn genoegen is, in ieder geval in het Marineblad, weer enige discussie gevoerd over Maritieme Militaire Luchtvaart.** Na het oorspronkelijke artikel in Marineblad no. 5 was de teleurstelling over het totaal ontbreken van Maritieme Patrouillevliegtoegen groot en helaas kon ik niet op tijd reageren. Gelukkig is dat door enkele oud collega's gedaan. Ik begrijp, dat de oorspronkelijke auteurs als actief dienenden hun uitingen in lijn moeten houden met het tot nu toe uitgestippelde beleid, toch moet het ook hen duidelijk zijn, dat echte investeringen nog steeds uitblijven en dat daardoor ook bijv. nieuwe fregatten met helikopters steeds verder in de toekomst liggen. Hiermee komt de zwakte van de maritieme helikopter aan het licht, zonder adequaat platform met bewapening en sensoren kan de helikopter op de Atlantische Oceaan weinig uitrichten.

Wat zou er op tegen zijn om bijvoorbeeld in ons Marineblad eens enkele artikelen te wijden aan de moderne ontwikkelingen bij Maritieme Patrouillevliegtoegen. Er is stof te over. Zelfs als je, zoals ik, geen toegang tot officiële bronnen hebt, dan nog kun je veel ongeclassificeerde informatie vinden. Bij het volgen van Team Lossiemouth op facebook kwamen veel herinneringen aan de introductie van onze Orion langs, van de opleiding in Jacksonville tot het aanpassen van het welbekende vliegveld met hangaars, simulators en mission support center. Eind 2020 is het geheel gereed en kunnen de eerste 3 of 4 Poseidons van deze basis gebruik maken. Onze Noorse vrienden volgen in de komende jaren.

Je vraagt je af: waar blijft Nederland? Gebruik de Britse en Noorse ervaringen om een dergelijk programma te starten, voor een studiegroep of denktank om de kennis te behouden en te actualiseren. En start met de investeringen!

**KTZ b.d. drs. A.J. Neleman**

**'Welk een interessante discussie over de platformmix in onze Koninklijke Marine van morgen.** In de discussie over 'Flightplan 2035. Maritieme Militaire Luchtvaart: een blik op de toekomst' in Marineblad nr. 5, augustus 2020 opgebracht in Marineblad nr. 6, oktober 2020, gaat het over de juiste mix van schepen, boten, vliegtuigen, helikopters en andere systemen. De vergelijking van Kopp c.s. met de afweging betreffende de samenstelling van het openbaar vervoer waarin je tram en bus bekijkt maar trein buiten beschouwing laat, is treffend en magnifiek.

Ik moest terugdenken aan 1972 toen ik als proefkonijn-zee-officier mijn vijfde jaar aan de TH Delft mocht gaan doen. Voor mijn vakkenpakket koos ik (ja, zo ging dat toen nog) onder meer voor het vak Bedrijfskunde (bb1/bb4). Het vak werd op bijzonder creatieve wijze voor het voetlicht gebracht door de professoren Malotaux en In 't Veld. De laatste is voor velen nog steeds bekend van zijn boek 'Analyse van organisatieproblemen'. Vakken die op het KIM los van elkaar werden gegeven, werden hier geïntegreerd. Begrip werd gekweekt voor het onderscheid tussen taak (wat) en functie (waartoe). Denken in functies en niet in afdelingen/spullen was het adagium. Voor het op strategisch niveau beoordelen van een middelenpakket werden begrippen aangereikt als: theoretische effectiviteit (Resultaat theoretisch verwacht/Resultaat beoogd) en theoretische productiviteit (Resultaat beoogd/Offers theoretisch verwacht). Theoretisch want gebaseerd op gegevens uit 'de folder van de leverancier' (In 't Veld, 1988: 190 e.v.; overwegingen bij de keuze van wegen en middelen).

Het is interessant om te zien welke platformen er straks in de platformmix zitten als we de genoemde varianten van de begrippen effectiviteit en productiviteit toepassen: een strategische benadering.'

**KTZ b.d. drs. W.F. Visée**

**'Dank aan de auteurs van het artikel "Maritieme Militaire Luchtvaart, een blik op de toekomst" voor de reactie op onze opmerkingen en de oproep tot het starten van een discussie over dit onderwerp.** Voor deze discussie is het beter de vraag opnieuw te formuleren: "Welke bijdrage zouden MLD-eenheden kunnen leveren aan - niet alleen de Koninklijke Marine - maar aan de gehele Nederlandse krijgsmacht in het licht van de huidige en voorziene internationale veiligheidssituatie?". Na de Tweede Wereldoorlog bleek alras dat het verwerven van een of meerdere vliegkampschepen qua orde van grootte en druk op de KM-begroting te hoog was gegrepen. Aan deze constatering is sindsdien niets veranderd en derhalve vinden wij het niet passend dit soort eenheden aan de orde te stellen. Daarentegen zijn de langeafstandspatrouillevliegtoegen - om puur financiële redenen - uit dienst gesteld. Zoals wij en de meeste van onze marinecollega's weten was de verklaring van minister Kamp dat er geen of onvoldoende (Russische) onderzeeboten meer over waren een fictie. Er ontstond op het moment van uitdienststellen een acuut operationeel tekort in de KM en in de NAVO. Daarom achten wij het juist en gerechtvaardigd het langeafstandspatrouillevliegtoeg (lapv) nu opnieuw voor de krijgsmacht ter sprake te brengen.

Allereerst nog onze visie op de helikopter. De helikopter is o.i. een zeer waardevol wapensysteem aan boord van schepen en een 'force multiplier' voor een vlootverband. De NH90 - met een *endurance* van ca. 4 uren - heeft naar onze mening het belangrijke voordeel van een on-board-wapensysteem dat de operationele reikwijdte van het schip en het scheepsverband uitbreidt naar ca. 400 zeemijlen. Daarmee is de moderne helikopter een effectief medium-range systeem.

Het langeafstandspatrouillevliegtoeg heeft het voordeel van een vliegend platform dat door zijn afmetingen een grote nuttige lading kan meetillen en door zijn grote vlieghoogte ver over de horizon kan kijken. Die nuttige lading bestaat uit een grote hoeveelheid brandstof, die zorgt voor een grootbereik (ca. 4000 zeemijlen) en vliegduur (> 10 u), een keur aan moderne sensor-, wapen-, en commandosystemen en een bemanning die alle functies van het vliegtuig op verantwoorde wijze kan inzetten. Daarmee kan aan de behoeften van een moderne krijgsmacht, met name qua verdediging in de diepte en slagkracht, ruimschoots worden voldaan. Daarbovenop bezit het vliegtuig een massieve informatievergaringcapaciteit.

De auteurs van het artikel beperken zich tot defensieplannen zoals verwoord in de Defensie Nota 2018. Het lapv wordt in die Nota niet genoemd omdat de NAVO dat aan Nederland niet zou hebben gevraagd (!) Door de coronacrisis zal de nu al krappe financiële ruimte voor Defensie verder krimpen.

Ook bestaande defensieplannen zullen daardoor opnieuw tegen het licht moeten worden gehouden. In het hoofdstuk "Materieelprojecten KM" van het artikel "Defensiebegroting 2021", gepubliceerd in het Marineblad van oktober 2020 wordt gereferreerd aan de moeizame voortgang van het onderzeebootver-

vangingsproject; er blijken nogal wat politieke haken en ogen en financiële risico's aan te kleven. Welnu, de maritieme capaciteit van 4 onderzeeboten is globaal vergelijkbaar met die van 8 à 10 Poseidons. Qua investering en exploitatie zijn die Poseidons ongeveer de helft goedkoper en kunnen zo van de plank worden gekocht, waardoor ontwikkelingsrisico's worden vermeden. Bovendien zijn de vliegtuigen ook boven land inzetbaar t.b.v. land- en luchtstrijdkrachten. Werving van oud KLM-luchtvaarders kan soelaas bieden op personeelsgebied. Ten slotte is het vrijwel zeker dat de NAVO de herinvoering van langeafstandspatrouille-vliegtuigen voor de Nederlandse krijgsmacht zal toejuichen. Het blijft zinvol om bij een toekomstvisie niet bij voorbaat zaken uit te sluiten waar in de huidige plannen (nog) niet in wordt voorzien.'

**VADM b.d. E. Kopp, CDR b.d. drs. C.D.M.J. Leebeek,  
KTZ b.d. M.D. Valentijn, KTZ b.d. J.M. Goemans,  
KTZ b.d. J.A. Leenders**

## Reactie op 'Er was eens... een defensiebegroting', door KTZ b.d. ing. M.E.M. de Natris en KTZ ing. W.P. Groeneveld in Marineblad nr. 6, oktober 2020.

'In voornoemd artikel wordt gesteld dat de bouw van de NL/BE mijnenbestrijdingsvaartuigen 'is vertraagd'. De context suggereert dat dit te wijten valt aan trage besluitvorming. Dit is onjuist.

De feitelijke situatie is dat de werf heeft laten weten dat het eerste schip, bestemd voor België, als gevolg van restricties i.v.m. COVID-19 niet medio maar eind 2024 zal worden opgeleverd. Het derde schip, eveneens bedoeld voor België, loopt hierdoor ook vertraging op, zij het slechts twee maanden. De bouw van de voor Nederland bedoelde schepen is niet vertraagd. Het programma zelf loopt grotendeels conform schema, waarin de *Preliminary Design Review* eind 2020 wordt afgerond. Ik realiseer mij dat dit een detail is dat verder weinig afdoet aan de boodschap van het artikel, maar voelde tegelijkertijd de behoefte u juist te informeren.'

**KTZ (TD) A.J. van Luik, PL (NLD) vMCM**