

› WHITEPAPER

HOE ESCALATIE IN DE RUIMTE KAN LEIDEN TOT ONTWRIJCHING OP AARDE

**VIER AANBEVELINGEN VAN TNO OM ONZE
KRIJGSMACHT EN SAMENLEVING MINDER
KWETSBAAR TE MAKEN VOOR SATELLIETUITVAL**

TNO innovation
for life

› WHITEPAPER
OKTOBER 2019

› SAMENVATTING

Ons leven op aarde is in hoge mate afhankelijk geworden van satellietnavigatie en -communicatie. Een verstoring daarvan, opzettelijk of niet, kan ernstige gevolgen hebben voor de samenleving.

Ook onze krijgsmacht maakt veel gebruik van satellieten. Langdurige uitval kan leiden tot chaos. Steeds meer landen richten zich op het (militaire) gebruik van de ruimte. Daarom zouden overheden, het bedrijfsleven en de samenleving zich bewust moeten worden van onze afhankelijkheid van satellieten.

TNO doet in dit paper vier aanbevelingen om ons op burgerlijk en militair niveau minder kwetsbaar te maken voor satellietuitval of -misbruik. In de eerste plaats dient er inzicht te komen waar en in welke systemen de kwetsbaarheden zitten. Het is ten tweede nodig om het inzicht in de zogenoemde 'space situational awareness' te vergroten: welke satellieten vliegen er over wiens grondgebied en wat doen zij? Ten derde moet er worden geïnvesteerd in back-upsystemen die onafhankelijk van een satelliet kunnen functioneren dan wel in technologie die de kwetsbaarheid van satellietssystemen vermindert. Ten slotte verdienen ook governance-systemen en crisismanagement in het geval satellieten uitvallen extra aandacht.

Deze aanbevelingen zijn primair van belang om ontwrichting te voorkomen, maar bieden Nederland ook een wetenschappelijke en economische kans. Verschillende Nederlandse bedrijven en kennisinstututen ontwikkelen geavanceerde technologieën die bij de uitvoering van de aanbevelingen benut kunnen worden. Door gezamenlijk in te zetten op innovaties op aarde én in de ruimte, kan Nederland op het gebied van onder meer 'space situational awareness' en lasersatellietcommunicatie wereldwijd koploper worden.

Dat veel processen op aarde afhankelijk zijn van **satelliet-informatie en -communicatie** is al lang bekend. Toch heeft het er tot op heden niet toe geleid dat overheden zich van de risico's bewust zijn en de benodigde maatregelen treffen. Bij toekomstige (militaire) conflicten zullen satellieten naar verwachting vaker een doelwit zijn. Vallen deze uit of is hun informatie niet betrouwbaar, dan kunnen grote **maatschappelijke problemen** ontstaan. Niet alleen zal het wereldwijde (lucht)verkeer ernstige hinder ondervinden en telefoon- en internetverkeer mogelijk niet meer werken. Ook kan er een run op banken ontstaan doordat pin-automaten buiten werking treden. Tel daarbij op mogelijke voedsel- en medicijn- tekorten als gevolg van het vastlopen van logistieke systemen en de maatschappelijke malaise is compleet.

In dit paper gaan we nader in op manieren waarmee we **onze afhankelijkheid** van satellietinformatie en -communicatie sterk kunnen verminderen en de **gevolgen van de uitval** kunnen beperken. Ook wordt er gekeken naar hoe Nederland koploper kan worden in het ontwikkelen van de hiervoor benodigde **kennis en technologie**.

EEN HERNIEUWDE WAPENWEDLOOP?

Na de wapenwedloop ten tijde van de Koude Oorlog, lijkt er in de 21ste eeuw sprake van een opleving – maar nu ook in de ruimte. Daarbij gaat het niet alleen om geavanceerde raketten die enorme afstanden door het heelal kunnen afleggen. Landen ontwikkelen ook satellieten voor inlichtingendoeleinden, zoals observatie en spionage, en het ondersteunen van militaire operaties met onder meer communicatie en plaatsbepaling. Daarmee is een nauwkeurige positiebepaling van troepen mogelijk en worden ook wapensystemen steeds preciezer aangestuurd. Toenemende afhankelijkheid van satellieten maakt veel landen kwetsbaar voor aanvallen. Als de satellieten uitvallen of hun werking wordt verstoord, kan dat leiden tot verminderde bescherming van vitale infrastructuur en maatschappelijke ontwrichting. Daardoor is het waarschijnlijk dat satellieten in toekomstige gewapende conflicten vaker doelwit zullen zijn. Het is daarom niet verwonderlijk dat steeds meer regeringen een visie ontwikkelen op het militair gebruik van de ruimte. Diverse landen, waaronder de Verenigde Staten, hebben het oprichten van speciale ruimtetroepen aangekondigd. Voor de NAVO-lidstaten, die samen 65% van alle satellieten bezitten, zijn de ontwikkelingen aanleiding om een collectieve ruimtestrategie op te tuigen. Daarbij gaat de meeste aandacht uit naar ballistische raketverdedigingssystemen. De gevolgen voor het uitvallen of het minder goed functioneren van satellieten voor de maatschappij blijven nog vaak buiten beschouwing.

VAN LOCATIEBEPALING NAAR TIJDSYNCHRONISATIE TOT OP DE MILJARDSTE SECONDE

Navigatiesatellieten, waarvan de meeste op zo'n 20.000 kilometer hoogte om de aarde heen bewegen, stellen ons in staat onze positie op aarde tot op enkele meters nauwkeurig te bepalen. Steeds meer sectoren kunnen niet meer zonder satellietnavigatie. Lucht- en scheepvaartverkeer raakt verstoord als deze exacte plaatsbepaling hapert. Zo moesten Israëlische piloten hun toestel in april 2019 onverwacht handmatig aan de grond zetten toen een Russische stoorzender het satellietverkeer rond Tel Aviv platlegde. De logistieke sector, maar ook politie en hulpdiensten zijn van satellietnavigatie afhankelijk.

Navigatiesatellieten maken het niet alleen mogelijk om uiterst nauwkeurig positie te bepalen, ze geven ook een tijdsignaal door dat tot op de miljardste seconde nauwkeurig is. Deze zogenoemde time stamp wordt gebruikt voor tal van processen binnen uiteenlopende sectoren. Bijvoorbeeld voor het bancaire verkeer is een exacte en betrouwbare tijdbepaling cruciaal. Zonder betrouwbare time stamp is het overboeken van een geldbedrag bijvoorbeeld onmogelijk. Ook aandelenbeurzen (onder meer verkoop- en aankooporders) kunnen niet zonder.

Nieuwe ontwikkelingen zoals zelfsturende auto's en treinen zijn alleen mogelijk op basis van exacte tijd- en plaatsbepaling. Zo zien we in onder meer de agrarische sector de opkomst van plaatsbepaling op basis van satellietnavigatie in de vorm van autonome landbewerkingsmachines. Ook veel (consumenten)apparaten, waaronder onze mobiele telefoon gebruiken tijd- en locatiebepaling op basis van satellietinformatie. Onze afhankelijkheid van satellietfunctionaliteit is in afgelopen jaren in zo'n mate vergroot dat sommige landen een eigen systeem in het leven hebben geroepen.

Na de introductie van GPS door de VS, investeerden zowel Rusland (GLONASS), China (BeiDou) en de EU (Galileo) in een satellietstelsel om daarmee minder of niet afhankelijk te worden van andere landen.

KWETSBAAR EN AFHANKELIJK

Het langdurig uitvallen van satellieten kan leiden tot grote economische schade. Dat is geen nieuw feit, maar de impact van eventuele problemen met satellieten dringt onvoldoende door tot beleidsmakers en het grote publiek. Dit concludeerde ook het consultancybureau Cap Gemini in een onderzoeksrapport uit 2016. Het gemak en de voordelen van satellietnavigatie en -communicatie hebben ons blind gemaakt voor onze afhankelijkheid ervan, temeer omdat hun betrouwbaarheid hoog is en langdurige verstoringen van satellietfuncties zeer zeldzaam zijn.

Met name in de lucht- en scheepvaartbranche zijn de budgetten voor het in stand houden van traditionele navigatiemethoden aanzienlijk afgenomen. (Back-up)systemen worden daardoor niet meer of onvoldoende onderhouden en aan het einde van hun technische levensduur opgeheven. Hoewel er nieuwe satellietonafhankelijke plaats- en tijdbepalingstechnologieën zijn ontwikkeld is het daadwerkelijk gebruik daarvan nog zeer beperkt, zo blijkt eveneens uit het Cap Gemini-onderzoek.

MILITARISERING VAN DE RUIMTE

Sinds 1967 is er een internationaal verdrag dat nucleaire, chemische en biologische wapens in de ruimte en op de maan verbiedt. Maar deze zogenaamde Outer Space Treaty (OST) staat niet gelijk aan een verbod op militarisering van de ruimte.

Zo geeft het verdrag het recht buiten de dampkring over elkaars grondgebied te vliegen. Nu biedt dat de mogelijkheid om militaire informatie te verzamelen. Ook wordt het gebruik van door de ruimte vliegende ballistische raketten toegestaan. Het feit dat landen hun militaire activiteiten in de ruimte verder uitbreiden, heeft drie oorzaken.

- In de tweede helft van de twintigste eeuw was ruimtevaart nog voorbehouden aan de economische grootmachten, waaronder de VS, Rusland en de voorloper van de EU (sinds 1964). In de 21ste eeuw hebben zich enkele nieuwkomers gemeld. Zo hebben China en India omvangrijke ruimteprogramma's opgetuigd en geven zij er blijk van over geavanceerde ruimtevaarttechnologie te beschikken. Ook andere landen richten nu hun blik op de ruimte. Zo bouwt Nederland onafhankelijk aan militaire satellieten.
- De wereld is in hoge mate afhankelijk geworden van satellieten. Sinds de eerste Russische satelliet uit 1957 zijn er meer dan 5.000 in een baan om de aarde gebracht door zo'n 60 landen. Een groot deel heeft een civiele functie. Maar ook Defensie kan niet zonder. Commandanten zijn in hun leidinggeven en locatiebepaling sterk afhankelijk van satellieten. Veel wapensystemen worden met behulp van navigatiesatellieten geleid. Daarbovenop komt het feit dat militairen in internationaal coalitieverband opereren. Zodoende maken zij gebruik van tal van netwerken, navigatie- en synchronisatiesystemen voor alle onderdelen die deelnemen aan een coalitie.

- Ruimtevaarttechnologie is niet meer voorbehouden aan landen alleen. Bedrijven zoals het Amerikaanse SpaceX hebben de kosten voor het lanceren van raketten aanzienlijk verlaagd. Ook de nieuwste generatie kunstmanen, de zogenaamde melkpak satellieten (cubesats), hebben voor een aanzienlijke kostenreductie gezorgd. Met deze multifunctionele mini-satellieten komen satellietcapaciteiten binnen handbereik van een breder publiek.

LASERSATELLIETCOMMUNICATIE

Dit paper bepleit beperking van (de risico's van) de afhankelijkheid van satellieten. Tegelijkertijd is een zekere mate van afhankelijkheid onvermijdelijk. Wel kan er worden geprobeerd de kwetsbaarheid van die systemen te verminderen. Een in dit kader veelbelovende ontwikkeling, waarin Nederland internationaal voorop loopt, is lasersatellietcommunicatie. Daarbij vindt de communicatie via de satelliet niet langer plaats via radiosignalen, maar via laserstralen. Dit biedt een aantal voordelen:

- Door de veel hogere bandbreedte kan veel meer data tegelijkertijd worden verzonden.
- Data kan veiliger worden verzonden doordat de laserstralen veel minder kwetsbaar zijn voor afluisteren en verstoring.
- Het biedt een oplossing voor steeds schaarser wordend frequentiespectrum voor radioverbindingen.

Deze technologie is zowel voor civiele als militaire toepassingen breed toepasbaar. Het vereist ultraprecieze opto-mechatronische systemen en dat is een technologiegebied waarin Nederland een traditioneel sterk ontwikkeld ecosysteem van bedrijven en onderzoeksorganisaties heeft. Dat ecosysteem werkt momenteel onder leiding van Airbus Defence and Space aan een systeem dat aan boord van tankervliegtuigen kan worden geïnstalleerd. Het vliegtuig kan daarmee als relaystation fungeren tussen enerzijds satellieten (met laserstralen) en anderzijds militaire eenheden op de grond, op zee en in de lucht (met traditionele radiosignalen). Voor de ontwikkeling van civiele toepassingen kan de Europese ruimtevaartorganisatie ESA een rol spelen. Deze technologie heeft door haar grote toepassingsbereik een enorm commercieel potentieel voor het Nederlandse bedrijfsleven en draagt tevens bij aan het verminderen van de kwetsbaarheid van communicatiesatellieten.



DE KWETSBAARHEID VAN SATELLIETEN



Zonnestormen. Een satelliet signaal kan door natuurlijke omstandigheden worden verzwakt of verstoord. Een ernstige bedreiging vormt een zonnestorm. Dit is een periodieke mega-eruptie van zonne-energie waardoor onder meer de elektromagnetische eigenschappen van de atmosfeer zodanig verstoord worden dat de correcte ontvangst van satelliet signalen tijdelijk niet meer mogelijk is. In de jaren 2012-2015 trad een piek op in de elfjarige eruptiecyclus. Een volgende piek wordt verwacht vanaf 2022.



Ruimtepuin. In de ruimte zweeft steeds meer puin. Het gaat om stenen en gruis, maar ook om afval uit de ruimtevaart. Zelfs kleine stofdeeltjes kunnen, wanneer ze in botsing komen met een satelliet, tot grote schade leiden.



Jamming. Jamming is het opzettelijk uitzenden van radiofrequenties of -signalen die de ontvangst van satelliet signalen uit de ruimte overstemmen. Wereldwijd neemt jamming toe omdat apparatuur en informatie erover steeds makkelijker verkrijgbaar is.



Spoofing. Bij spoofing wordt een echt satelliet signaal vervangen door een gemanipuleerd en krachtiger signaal dat afwijkt of gaandeweg bewust af gaat wijken van de werkelijke positie of tijd. Activiteiten door de ontvanger worden vervolgens gebaseerd op een foutief signaal. Apparatuur voor spoofing is groter en complexer dan voor jamming en vereist ook meer kennis en vaardigheden van de uitvoerder. Ook spoofing-apparatuur is relatief makkelijk verkrijgbaar.



Militaire acties. Vanaf de grond, onderzeeboot of een gevechtsvliegtuig zijn satellieten met raketten te raken. Het is ook mogelijk een object in de ruimte te brengen met een tegengestelde baan als die van de uit te schakelen satelliet.



Spionage. Door een eigen satelliet tot op enkele kilometers in de buurt van een andere satelliet te brengen kan een satelliet gedetailleerd in kaart worden gebracht. Doel is om zwakke plekken te vinden, informatie af te tappen en/of te veranderen.

› AANBEVELINGEN

Het is duidelijk dat escalatie in de ruimte kan leiden tot ontwrichting op aarde. TNO doet vier aanbevelingen om onze kwetsbaarheid ten opzichte van satellieten te verkleinen:

1) SPACE SITUATIONAL AWARENESS (SSA)

Het aantal satellieten dat in een baan om de aarde wordt gebracht neemt elk jaar toe. Daarbij groeit ook het aantal satellieten dat niet geregistreerd staat en waarvan onbekend is wat ze doen en kunnen. Landen moeten weten wat er boven hun grondgebied gebeurt en waartoe deze satellieten in staat zijn. Daarbij is het van militair belang hun banen exact in kaart te brengen. Defensie kan dan bijvoorbeeld troepen verplaatsen op het moment dat vijandelijke satellieten buiten zicht zijn. Wij noemen dat 'Space Situational Awareness': precies weten welke satellieten over je grondgebied gaan en wat deze doen.

In augustus 2019 stelde de Nederlandse Minister van Defensie: 'Defensie beschikt niet over ruimtecapaciteiten ten behoeve van 'space situational awareness', maar is zich bewust van potentiële dreigingen in de ruimte. Deze dreiging is reëel en actueel.' Gelukkig heeft Nederland specialistische bedrijven en kennisinstututen, waaronder Thales Nederland en TNO, die al decennia lang gezamenlijk werken aan de ontwikkeling van ruimte-sensoren, -camera's en -radarsystemen.

Onder meer Airbus Defence and Space, VDL en TNO werken met Europese overheden aan optomechatronische instrumenten en systemen. Daarmee is het bijvoorbeeld mogelijk om gedetailleerde opnames te maken van ongeregistreerde satellieten. Aan de hand van algoritmes kunnen we deze beelden nog gedetailleerder maken. Deze technologie kan ook worden toegepast in het militaire domein. In combinatie met radartechnologie zouden zo onbekende systemen kunnen worden gedetecteerd, gevolgd en geïdentificeerd.

Investeringen in 'space situational awareness' zouden niet alleen leiden tot verbeterde militaire capaciteiten, maar versterkt ook Nederlands internationale kennispositie op dit vlak. Dit biedt met name belangrijke kansen om de bestaande Nederlandse exportpositie op het gebied van langeafstandsradars verder uit te bouwen. Zo kan Nederland in een samenwerkingsverband met andere Europese en NAVO-landen aan een SSA-netwerk bouwen. Een eerste steen tot een dergelijke samenwerking is al gelegd door de 'SSA Sharing Agreement' met USSTRATCOM en het German Space Situational Awareness Center.

2) PREVENTIE

Overheden en instellingen moeten zich bewuster worden van hun afhankelijkheid van satellietcommunicatie en -navigatie. Waar zitten de kwetsbaarheden in de maatschappij als het satelliet signaal langdurig verstoord raakt? Nederland kan programma's ontwikkelen die snel en doeltreffend in kaart brengen welke systemen, processen en technologieën afhankelijk zijn van satellieten en wat de risico's zijn.

3) BACK-UP EN ALTERNATIEVE SYSTEMEN

In juli 2019 ging het Europese navigatienetwerk Galileo voor langere tijd uit de lucht, maar de effecten vielen mee omdat onze systemen konden terugvallen op het Amerikaanse GPS-systeem. Dit laat zien dat de gevolgen van het uitvallen van satellietnavigatie kunnen worden beperkt met goede back-upsystemen. Maar ook andere satellieten zouden bij toekomstige (militaire) conflicten niet beschikbaar kunnen zijn. Daarom moeten we op zoek naar satellietonafhankelijke alternatieven.

Deze alternatieve technologieën moeten eerst ontwikkeld en vervolgens onderhouden worden. Een alternatief voor de time stamp van satellieten zou bijvoorbeeld een netwerk van atoomklokken verspreid over de gehele aarde kunnen zijn. Deze technologie is voorhanden, maar tot op heden heeft niemand het voortouw genomen om een dergelijk netwerk van de grond te krijgen. Voor navigatie zouden oudere, op radiobakens gebaseerde technologieën, die de afgelopen decennia onder invloed van satellietnavigatie zijn verdwenen, in ere kunnen worden hersteld.

Waar alternatieven ontbreken, zouden op zijn minst mogelijkheden om de kwetsbaarheid van satelliet systemen te verminderen, moeten worden overwogen. Een voorbeeld daarvan is lasersatellietcommunicatie, dat naast minder kwetsbaarheid ook andere significante voordelen biedt.

4) PRIORITERING EN GOVERNANCE

Als satellieten uitvallen (en er geen goede back-upsystemen voorhanden zijn) zal dit grote gevolgen hebben voor de samenleving.

Wat doen we in zo'n crisissituatie? Welke internationale afspraken zijn er? Hoe gaan we om met buurlanden als communicatie- en energienetwerken uitvallen? Welke draaiboeken liggen er voor het moment dat systemen weer kunnen draaien? In Nederland staat crisismanagement hoog op de agenda en worden bestuurders er goed in getraind.

Ons land kan het voortouw nemen in het internationaal agenderen van afspraken omtrent scenario's waarin satellietcommunicatie en -navigatie uitvalt.

› CONCLUSIE

Het militair gebruik van de ruimte neemt toe. Omdat naast de krijgsmacht ook de maatschappij sterk afhankelijk is geworden van satellieten, kan militaire escalatie in de ruimte leiden tot ontwrichting op aarde. Door het wegvallen van time stamp bijvoorbeeld ondervindt het wereldwijde (lucht)verkeer ernstige hinder; ook het telefoon- en internetverkeer werken mogelijk niet en er kan een run op banken ontstaan doordat pin-automaten buiten werking treden. TNO vindt dat dit risico verkleind moet worden en doet daarom vier aanbevelingen:

- Meer investeringen in ‘space situational awareness’, wat niet alleen moet leiden tot verbeterde militaire capaciteiten maar ook de Nederlandse kennispositie kan versterken.
- Preventief in kaart brengen welke systemen, processen en technologieën afhankelijk zijn van satellieten.
- Gevolgen beperken door het ontwikkelen van back-up systemen en het verminderen van kwetsbaarheid.
- Governance en crisismanagement internationaal agenderen.

› BRONNEN (SELECTIE)

De Minister van Defensie, ‘Antwoorden op de vragen van het lid Bosman (VVD) over de inzet van Defensie in het ruimtevaartdomein’ (30 juli 2019, kenmerk 2019Z15438), 30-8-2019.

OGL, Satellite-derived Time and Position. A Study of Critical Dependencies (2018).

Homan, Kees, ‘Duel om de ruimte?’, Instituut Clingendael (2017).

Capgemini Consulting, Inventarisatie Kwetsbaarheid Uitval Satellietnavigatie (i.o.v. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016).

Analistennetwerk Nationale Veiligheid, Nationaal Veiligheidsprofiel 2016. Een All Hazard overzicht van potentiële rampen en dreigingen die onze samenleving kunnen ontwrichten (RIVM, 2016).

Biggelaar, J.P.G., ‘Militair gebruik van de ruimte. Belang van satellieten stevig geagendeerd, en nu?’, Militair Spectator (2011).

CONTACT

Kemo Agovic

DIRECTOR INFORMATION & SENSOR SYSTEMS
UNIT DEFENCE, SAFETY AND SECURITY

✉ kemo.agovic@tno.nl

Rogier van Keulen

DIRECTEUR PUBLIC AFFAIRS

✉ rogier.vankeulen@tno.nl

Voor persvragen:

Maarten Lörtzer

WOORDVOERDER

✉ pressinfo@tno.nl

TNO innovation
for life

TNO.NL