

TNO 2023 R12053 – december 2023

Monitor Draadloze Technologie Najaar 2023



Auteurs	Ir. P.M.A.M. Heijnen, Ir. R. Overduin, Ir. T. van der Veen, Dr. H. Zhang
Rubricering verslag	TNO Public
Titel	TNO Public
Verslagtekst	TNO Public
Aantal pagina's	33
Aantal bijlagen	0
Opdrachtgever	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Projectnaam	Monitor Draadloze Technologie 2023
Projectnummer	060.55603

I.M. Onno Mantel (1 nov. 1970 -3 aug. 2023)

Alle rechten voorbehouden

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

© 2023 TNO

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
1 Inleiding.....	4
1.1 De Monitor Draadloze Technologie.....	4
1.2 Het ‘draadloos speelveld’.....	4
2 Connectiviteit ter zee: Connectivity Fieldlab North Sea	6
2.1 Introductie	6
2.2 Informatiebehoeften op het NCP.....	7
2.3 Ecosysteem-gerichte aanpak	8
2.4 Communicatiebehoeften op het NCP	9
2.5 Innovatiepilots en -ideeën rond draadloze technologietoepassing.....	9
3 5G voor gezondheidszorg: een update.....	12
3.1 Introductie: algemene context van 5G-eHealth	12
3.2 Resultaat van het H2020 5G-HEART-project.....	13
3.3 Afsluitend	15
4 5G voor omroepdistributie.....	16
4.1 Omroepdistributie in de context van een veranderend TV-landschap	16
4.2 5G broadcast: FTA-TV naar smartphones.....	17
4.3 5G Broadcast-technologie vanuit verschillende perspectieven.....	18
4.3.1 Het frequentiegebruik van 5G broadcast nader bekeken.....	19
4.4 Conclusie.....	20
5 Stand van zaken rond 3GPP standaardisatie	21
5.1 Overzicht.....	21
5.2 Samenvatting van de 3GPP RAN Release 19-workshop	22
6 Private 5G-netwerken in Nederland	26
6.1 Introductie	26
6.2 Waarom private 5G-netwerken?.....	26
6.3 Private Netwerkarchitecturen.....	27
6.4 Wat komt er beschikbaar in Nederland?	29
6.4.1 Synchronisatie	29
6.5 De status in landen om ons heen.....	30
6.6 Private 5G-netwerken in Nederland	31
6.6.1 Enkele <i>use cases</i>	32
6.7 Non-Public netwerken en standaardisatie.....	32
6.7.1 3GPP	32
6.7.2 Europese 5G-allianties.....	33
6.8 Concluderend	33

1 Inleiding

Om overzicht te bieden in het speelveld van de diverse draadloze technologieën, stelt TNO sinds een aantal jaren een Monitor Draadloze Technologie samen. Hierin worden ontwikkelingen in de technologie en de markt gevolgd.

In dit inleidende hoofdstuk worden de scope en de opzet van de Monitor Draadloze Technologie behandeld.

1.1 De Monitor Draadloze Technologie

Met de Monitor Draadloze Technologie (kortweg ‘de Monitor’) wil TNO een degelijk, actueel en toegankelijk overzicht bieden van de stand van zaken ten aanzien van de ontwikkeling en inzet van draadloze technologie. De Monitor Draadloze Technologie tracht diverse doelgroepen te bedienen bij overheid en bedrijfsleven in Nederland. Dit impliceert dat de Monitor erop gericht is om informatief te zijn voor lezers met een algemene achtergrond in de telecommunicatie. In principe worden wereldwijde ontwikkelingen gevolgd, vanuit een nationaal perspectief.

Evenals vorige jaren is gekozen voor de schriftelijke rapportagevorm om de informatie te ontsluiten. Deze bestaat uit twee (halfjaarlijkse) edities, zodat beter kan worden aangesloten op recente trends en ontwikkelingen:

- Een overzicht van ontwikkelingen vanuit voornamelijk technologisch perspectief. Per technologie wordt kort de stand van zaken beschreven. Dit wordt gedaan in de voorjaarseditie;
- Een editie die met name gaat over een aantal thema's, trends en toepassingen van draadloze communicatietechnologie. Dit is de zogenaamde najaarseditie, de editie die u nu voor u heeft.

TNO hecht eraan te benadrukken dat de Monitor slechts een momentopname is van een complex en snel veranderend speelveld. Het is daarom mogelijk dat opgenomen informatie op het moment van lezen niet meer up-to-date is, of niet langer relevant. Daarnaast valt niet te ontkomen aan enige willekeur in de keuze van geschetste ontwikkelingen. Het kan dus zijn dat ontwikkelingen die in de ogen van een specifieke lezer zeer relevant zijn, niet worden beschreven. TNO staat open voor suggesties of aanbevelingen voor verdere verbeteringen.

1.2 Het ‘draadloos speelveld’

Deze najaarseditie van 2023 bevat een diversiteit aan onderwerpen rond specifieke draadloze toepassingsmogelijkheden en -concepten die juist ook van belang zijn voor Nederland. Daarnaast bieden we de jaarlijkse update op het gebied van standaardisatieactiviteiten binnen 3GPP.

Achtereenvolgens wordt ingegaan op:

- de ontwikkelingen rond het realiseren van draadloze capaciteit op zee waarin het Connectivity Fieldlab North Sea (CFNS) centraal staat (Hoofdstuk 2);

- 5G-technologie voor eHealth aan de hand van de bevindingen vanuit het eHealth-deel van het Europese H2020-programma 5G-HEART (Hoofdstuk 3);
- de mogelijke toekomst van omroepdistributie op basis van 5G (Hoofdstuk 4);
- de 3GPP-update (Hoofdstuk 5);
- de stand van zaken op het gebied van private 5G-netwerken, waarbij de focus op Nederland ligt (Hoofdstuk 6).

2 Connectiviteit ter zee: Connectivity Fieldlab North Sea

2.1 Introductie

De plaatsing van een Connectivity Fieldlab North Sea ofwel CFNS op het Nationaal Continentaal Plat (NCP, zie Figuur 1) is een initiatief van Rijkswaterstaat dat is voortgekomen uit het kustwachtproject Breedband Noordzee. CFNS is sinds circa 2018 gegroeid als gevolg van de intensievere ruimtelijke inrichting van het NCP met multifunctionele en onderling samenhangende objecten^{1,2}.



Figuur 1: Ligging en omvang van het Nationaal Continentaal Plat [bron: Ministerie van Verkeer en Waterstaat]

Zo is de verwachting dat op termijn 25% van het zeeoppervlak zal bestaan uit parken van duurzame energie-opwekkers. Met reeds vastgestelde windmolenparken als uitgangspunten, vindt deze inrichting planmatig plaats om alle functiesectoren natuur, voedsel en energie te kunnen laten co-existeren. Daarbij wordt gestreefd naar synergie, dat wil zeggen dat te nemen maatregelen versterkend werken voor meerdere functiesectoren.

¹ <https://cfns.nl/gallery/20201116%20Eindrapport%20Verkenning%20IV%20Noordzee%202020-2040%20v2.0.pdf>

² <https://www.youtube.com/watch?v=BCJ2JEn-8DU>

Het integraal duurzaam benutten en uitbaten van deze drie functionele sectoren op de Noordzee vereist een eco-systematische aanpak die moet leiden tot een *Sustainable Blue Economy*. Voordat deze aanpak kort wordt toegelicht in Paragraaf 2.3, zal eerst in Paragraaf 2.2 ingegaan worden op verandertrends in de informatiebehoeften op het NCP. Deze hebben implicaties voor de communicatiebehoeften op het NCP die zullen worden besproken in Paragraaf 2.4. Tenslotte gaat Paragraaf 2.5 in op de ideevorming en pilots rond de technologische mogelijkheden die voor de afdekking van de draadloze communicatiebehoeften kunnen worden ingezet.

2.2 Informatiebehoeften op het NCP

De informatiebehoefte op de Noordzee en specifiek het NCP is aan het veranderen. Dit zal zich ook in de komende decennia doorzetten onder invloed van maatschappelijke en economische ontwikkelingen. Globaal beschreven betreffen dit de volgende tendensen:

- Forse toename van windparken. Dit kan de veiligheid op de Noordzee beïnvloeden door de toenemende infrastructurele complexiteit maar ook door lokale neveneffecten ten aanzien van golven en stroming en diverse lokale meteorologische effecten;
- Intensivering van de scheepvaart – zeevaart, visserij, werkvaart en recreatievaart – op het NCP. Dit zal gepaard gaan met ander vormen van informatiebehoeften mede door het meer planningsgericht varen;
- Toename van andere industriële activiteiten op de Noordzee zoals zonneparken en zeewierboerderijen;
- Smart Shipping/autonoom varen op de Noordzee. Dit zal in de komende decennia in toenemende mate aan de orde zijn en stelt eisen aan de informatievoorziening;
- Door de Brexit loopt de Europese buitengrens over de Noordzee. Hierdoor is extra inzet en informatie nodig voor toezicht en handhaving bij grensoverschrijdend verkeer en voor de onderkenning van illegale of criminele acties. Specifiek zijn veiligheidsactiviteiten van toepassing gezien de toenemende Russische activiteiten nabij dit gebied;
- Toename van het aantal sensoren in de Noordzee. Een belangrijk deel van de sensoren van het Landelijk Meetnet Water, het meteorologisch meetnet en AIS (Automatic Identification System)-sensoren en ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast)-sensoren op de Noordzee zijn opgesteld op olie- en gasplatforms. Deze sensoren zenden automatisch en periodiek driedimensionale positie- en identificatie-informatie van vliegtuigen en schepen uit. Deze data wordt opgevangen door andere ADS-B transponders aan boord van andere vaar- en vliegtuigen of satellieten die deze weer doorgeven aan bijvoorbeeld een luchtverkeersleidingsysteem.

Het rendement van olie- en gasplatforms op het NCP nam aanvankelijk af door meerdere factoren. Deze werden dan ook ontmanteld in hoger tempo dan oorspronkelijk gepland. Doordat de gasprijs vervolgens steeg als gevolg van de oorlog in de Oekraïne is deze tendens wel gestagneerd.

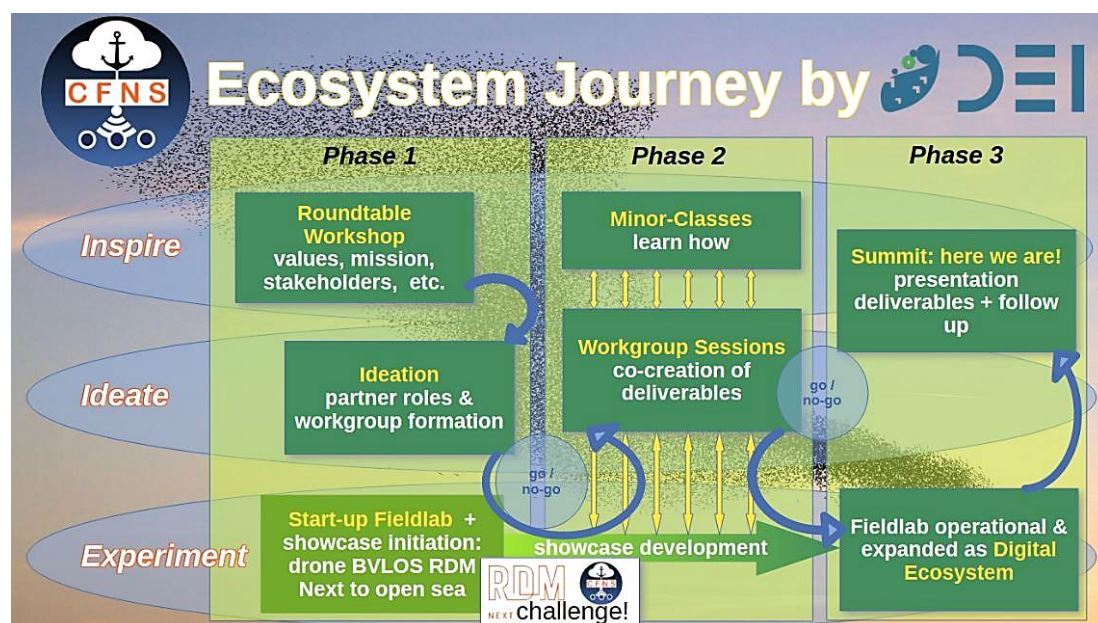
Uit onder meer expertsessies met deskundigen op het gebied van scheepvaart, luchtvaart en waterkwantiteit is de informatiebehoefte voor de toekomstige dienstverlening op de Noordzee herleid. De veranderende informatiebehoefte richt zich met name op het realiseren van een optimale *situational awareness* voor een diversiteit aan gebruikers op en boven zee. Deze bewustwording is de basis voor de adequate uitvoering van de wettelijke taken. Naast de economische en maatschappelijke ontwikkelingen zijn er diverse nationale en internationale technische en technologische ontwikkelingen, projecten en initiatieven die bij kunnen dragen aan de toekomstige informatievoorziening op de Noordzee. Uit de Verkenning Informatievoorziening Noordzee 2020-2040 kan worden geconcludeerd dat de

wettelijke kaders, richtlijnen en beleidsdocumenten ook in de toekomst een grondslag kunnen zijn voor de informatievoorziening op de Noordzee.

Door steeds intensiever gebruik van de Noordzee en diverse maatschappelijke en economische ontwikkelingen is ook te constateren dat steeds meer informatie in digitale vorm nodig is. De uitwisseling van deze digitale informatie vereist tevens digitale connectiviteit op de Noordzee.

2.3 Ecosysteem-gerichte aanpak

Om effectief invulling te geven aan de informatievoorziening is een uitvoeringsprogramma wenselijk waarmee de samenhang in de informatievoorzienings-opgave, het digitale ecosysteem, geborgd wordt. In 2023 is daartoe het CFNS, ondergebracht bij het Offshore Expertise Center in Stellendam, onder auspiciën gekomen van het DEI (Digital Ecosystem Institute), een consultancy-bedrijf dat door Rijkswaterstaat voor de rol van *mediator* is benaderd. Onderstaand geeft Figuur 2 in meer detail aan wat de ecosysteem-gerichte gefaseerde aanpak van DEI inhoudt³.



Figuur 2: Ecosysteem-gerichte aanpak binnen CFNS [bron: CFNS]

In de eerste ronde tafelbijeenkomst op 5 september 2023 zijn diverse stakeholders samengekomen⁴ om van gedachten te wisselen rond het ecosysteem voor de realisatie van gezamenlijk connectiviteit op de Noordzee. Onder de deelnemers waren: Ministeries van Defensie, EZK (Economische Zaken en Klimaat) en I&W (Infrastructuur en Waterstaat), Rijkswaterstaat en verder RDI (Rijksinspectie Digitale Infrastructuur), Kustwacht, SURF, Tennet, AMS-IX, Tampnet, CityMesh, T-Mobile, Airbus, KPN, Microsoft, Verizon, Ericsson, Nokia, Verizon, Frontier, RWE en Digishape. In november 2023 vond de tweede bijeenkomst plaats waarin een en ander in nader detail werd uitgewerkt.

³ <https://cfns.nl/About>

⁴ https://www.linkedin.com/posts/digital-ecosystems-institute_op-naar-een-succesvolle-publiek-private-samenwerking-activity-7105876615972151297-qX8L

2.4 Communicatiebehoeften op het NCP

Windmolen- en zonnepaneelparken en mogelijk ook zeegolfenergie-opwekkers vormen het uitgangspunt voor de ruimtelijke bepaling van vaarwegen, duurzame viskwekerijen, kunstmatige rifblokken, oesterkooien, zandwinningslocaties en dergelijke. Voor het goed functioneren van het geheel is monitoring van de omgeving en het gebruik ervan nodig.

Voor de uitvoering van deze monitoring en dienstverlening zijn door Rijkswaterstaat, LVNL (Luchtverkeersleiding Nederland) en het KNMI (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut) monitorings- en communicatienetwerken op het NCP ingericht. Expliciet worden hier genoemd:

- Het AIS-netwerk en walradarsensoren voor scheepvaartmonitoring en -management;
- ADS-B-netwerk voor luchtvaartmonitoring en luchtverkeersbegeleiding;
- Landelijk Meetnet Water voor onder meer berichtgeving waterkwantiteit en waterveiligheid;
- Meteorologisch meetnet voor onder meer meteorologische berichtgeving;
- Het monitoringprogramma MWTL (Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands) voor de ecologische en waterkwaliteitsmonitoring.

Voor de nabije toekomst staan verschillende *use cases* gepland, zoals de inspectie op- en levering van vrachtmonsters vanaf ankerplaatsen. De realisatie hiervan met behulp van drones zal dienen als de eerste *showcase* voor de demonstratie van het digitale ecosysteem waar in de inleiding naar is verwezen. De uitdaging hierbij is dat voor de tele-operatie van deze drones betrouwbare BVLoS (Beyond Visual Line-of-Sight)-verbindingen nodig zijn tussen havengebied en de open zee.

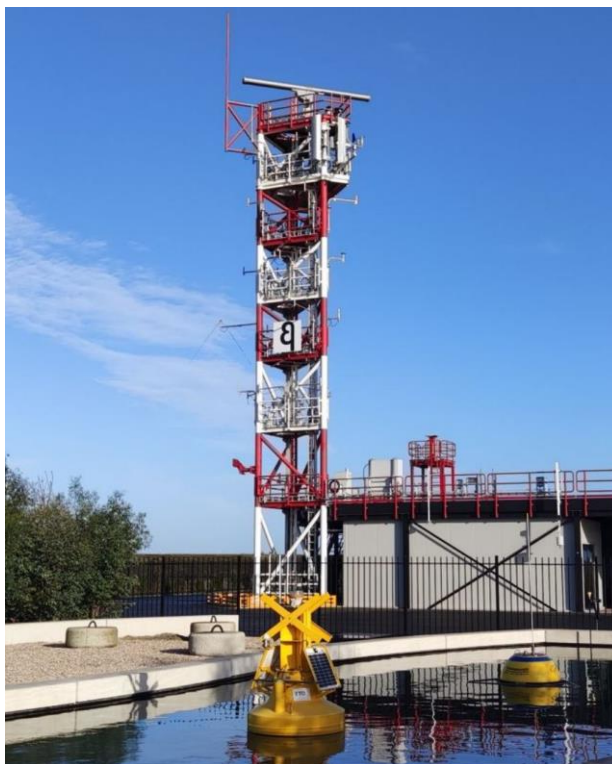
Niet alle communicatiebehoeften op het NCP hoeven draadloos te worden ondersteund. Alleen de potentiële draadloze communicatieoplossingen zullen in dit hoofdstuk nader worden toegelicht.

2.5 Innovatiepilots en -ideeën rond draadloze technologietoepassing

Pilots binnen CFNS worden uitgevoerd als publiek-private samenwerkingen. Afhankelijk van de pilot zijn partners afkomstig uit bijvoorbeeld de energiesector, de telecomsector, overheidsinstanties, onderzoeks- en onderwijsinstellingen en zeehavens. Indien relevant, vindt aansluiting plaats met andere, bestaande field labs, consultants en *facilitators* waaronder 5G Fieldlab Katwijk, Campus@Sea, Smart Mobility Inno Hub (SMIH) en RDM-Next.

Na twee explorerende jaren is het CFNS eind 2022 gestart met de uitvoering van twee innovatiepilots⁵:

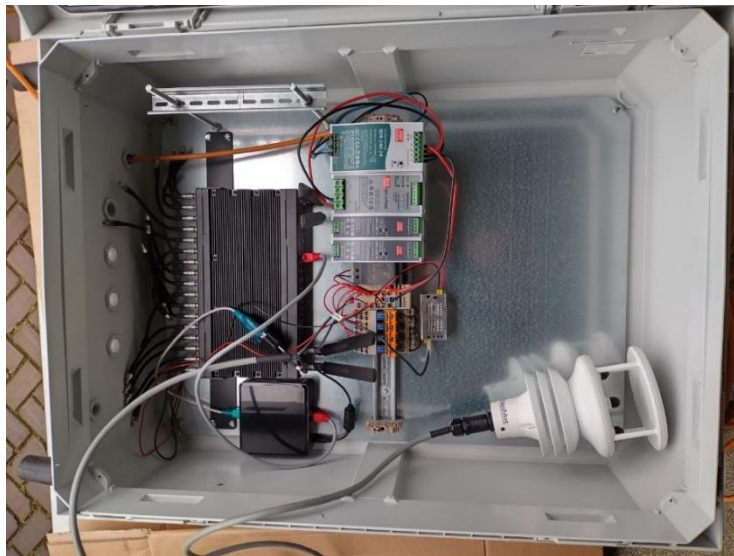
⁵ CFNS Newsletter 2023-2, blz. 2, zie <https://www.cfns.nl/Newsletters/>



Figuur 3: LTE-450 basisstation met antennes en radioapparatuur op het testplatform in Stellendam
[bron: CFNS]

- 1) De LTE (Long Term Evolution)-450 pilot in samenwerking met Utility Connect en RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu). Figuur 3 geeft de LTE-basisposttestopstelling aan in Stellendam, werkend op 450 MHz. Het RIVM gebruikt deze pilot om te onderzoeken of hun nationale netwerk van gammastralingssensoren kan worden uitgebreid naar de Noordzee⁶;
Het voordeel van het gebruik van 450 MHz is de nog grotere reikwijdte, doordringbaarheid en gebiedsdekking dan de 700 MHz die al voor providers beschikbaar is gemaakt voor mobiele connectiviteit in vooral rurale landomgevingen. Op open zee kunnen de te overbruggen afstanden immers zeer groot zijn. De vraag is dan ook of op het NCP de toepassing van deze frequentie voor adequate terrestrische verbindingen wel voldoende is of dat aanvulling door satellietverbindingen gewenst is. De laatste optie zal aan het einde van dit hoofdstuk nader ter sprake komen.
- 2) Verbetering dekking van openbare 4/5G mobiele netwerken in de territoriale wateren van Nederland. Hiertoe wordt eerst de huidige dekking van 4G en 5G op de Noordzee door meting bepaald. Figuur 4 laat het interieur zien van de waterdichte case met daarin 5G-netwerk/meetapparatuur en een weerstation. Er zal nog een LTE-450 modem/router worden toegevoegd om een overgang naar de bovengenoemde LTE-450 pilot tot stand te brengen.

⁶ CFNS Newsletter 2022-12, blz. 4, zie <https://www.cfns.nl/Newsletters/>



Figuur 4: meetkast met 5G-apparatuur en een weerstation voor maritieme dekkingsmetingen
[bron: CFNS]

In tegenstelling tot de eerdere, bovenstaand besproken pilot die betrekking heeft op de langere afstand, gaat het hier om de dekking vanuit land in de zogenoemde 12 Nautical Miles-zone (circa 22 km) als opstap naar de verbeterde mobiele breedbanddekking van het NCP.

Naast deze mobiele communicatiepilots wordt de mogelijkheid opgehouden voor andere technologieën zoals LoRaWAN (Long Range Wide Area Network), Wi-Fi 6 en DAB+ (Digital Audio Broadcast Plus). De eerste twee vinden toepassing voor met name het creëren van lokale IoT-sensornetwerken voor bijvoorbeeld maritieme logistiek en conditiemonitoring.

Vanuit oogpunt van draadloze technologie zijn verder belangrijke voorstellen binnen CFNS:

- 1) Datacommunicatie via LEO (Low Earth Orbit)-satellieten. Hierover vinden op het moment van schrijven gesprekken plaats met partners en andere stakeholders. Terminals zullen geleverd worden door StarLink en OneWeb⁷;
- 2) Een gedeeld Maritiem ORAN (Open Radio Access Network, zie de Monitor voorjaarseditie 2021⁸). Hoewel ook dit idee als belangrijk wordt gezien, is dit nog in de fase waarin specificatie van doelstellingen en de aanpak plaatsvindt;
- 3) Realisatie van een *maritime edge cloud*. Voorzien wordt de edge-technologie te combineren met AI (Artificial Intelligence) om zowel de *situational awareness* op het NCP als de efficiëntie van de communicatie te vergroten. Dit voorstel is nog in de fase van het genereren van concrete mogelijke oplossingen en het voorleggen hiervan aan belanghebbenden, de zogenoemde *ideate phase* (zie Figuur 2).
- 4) De realisatie van betrouwbare BVLoS-verbindingen tussen havengebied en open zee ten behoeve van tele-operaties via drones, zoals in Paragraaf 2.4 reeds genoemd. Hiertoe wordt door SMIH en RDM-Next een *challenge* voorbereid. Een dergelijke connectiviteit is dus een belangrijke *enabler* voor de in deze vorige paragraaf genoemde *use cases*.

Tenslotte kan verwezen worden naar de infographics⁹ van CFNS voor een goed beeld van de beschouwde digitale connectiviteitstechnologieën en waar en hoe deze kunnen worden toegepast.

⁷ CFNS Newsletter 2023-3, blz. 2, zie <https://www.cfns.nl/Newsletters/>

⁸ TNO 2021 R10974, Paragraaf 2.5, blz. 39

⁹ <https://cfns.nl/gallery/RWS%20Fieldlab%20North%20Sea.pdf>

3 5G voor gezondheidszorg: een update

3.1 Introductie: algemene context van 5G-eHealth

De vergrijzing van de bevolking drijft de behoeften en kosten van de gezondheidszorg op. De zorgbudgetten en de beschikbaarheid van personeel zijn echter beperkt. Ook in Nederland zijn deze problemen prangend geworden en geven ze aanleiding tot zorgen over de toekomst van de gezondheidszorg¹⁰. Om de zorg betaalbaar te houden heeft het Ministerie van VWS (volksgezondheid, welzijn en sport) in Nederland in 2022 het zogenaamde Integraal Zorgakkoord (IZA) gelanceerd. De bedoeling is dat hierdoor de noodzakelijke essentiële reorganisatie van de nationale gezondheidszorg wordt versneld. De instrumenten hiervoor behelzen onder meer het gebruik van digitale gezondheidszorg en preventie¹¹ waardoor technische innovatie wordt gestimuleerd. Hiermee zou uiteindelijk tijdig ‘de juiste zorg op de juiste plaats’ kunnen worden aangeboden¹².

Het verhogen van de kwaliteit en complexiteit van optimale gezondheidszorg kan alleen worden bereikt met behulp van een hoge mate van bovendien geavanceerde virtuele consultaties (in plaats van de huidige teleconsultaties, zie Figuur 5), diagnostische automatisering en zorgrobotica, waardoor de tijdige aanwezigheid van zorg in kritieke situaties mogelijk wordt gemaakt.



Figuur 5: Teleconsultatie door een huisarts zoals dit vandaag de dag plaatsvindt [bron: ANP]

¹⁰ <https://nos.nl/artikel/2487513-steeds-meer-uitstroom-in-de-zorg-toch-toename-personeel>

¹¹ <https://nos.nl/artikel/2443630-nieuw-zorgakkoord-aandeel-werkenden-in-zorg-moet-niet-verder-stijgen>

¹² <https://www.dejuistezorgopdejuisteplek.nl/over-ons/>

Het gebruik van 5G-netwerken kan aanzienlijke, betrouwbare connectiviteit en rekencapaciteit bieden om dergelijke virtuele en automatische gezondheidszorgsystemen mogelijk te maken.

Het belang van 5G-technologie voor de gezondheidszorg zien we ook terug in marktcijfers en -verwachtingen: de mondiale omvang van de 5G-zorgmarkt overtrof in 2021 de 2,5 miljard dollar en zal naar verwachting tussen 2022 en 2030 toenemen met een CAGR (Compound Annual Growth Rate ofwel samengestelde jaarlijkse groei) van 35%¹³.

Tenslotte zijn er de afgelopen jaren diverse internationale Research & Development-projecten geweest, gericht op verschillende 5G-compatibele technologieën voor toepassingen in de gezondheidszorg zoals *high definition* (HD) video met circa 70 Mbit/s throughput, XR/VR (Extended Reality/Virtual Reality), et cetera. Voorbeelden van deze projecten zijn 5G-HEART (HEalth AquacultuRe and Transport)¹⁴, 5G-Tours¹⁵, en Health5G¹⁶. Het vervolg van dit hoofdstuk zal zich vooral richten op de uitkomsten van het gezondheidszorg-deel van 5G-HEART.

3.2 Resultaat van het H2020 5G-HEART-project

Drie jaar geleden hebben we gerapporteerd over het H2020 5G-HEART-project dat zich richtte op potentieel 5G-gebruik in drie verschillende sectoren, waaronder de gezondheidszorg¹⁷. Het algemene doel van 5G-HEART was het definiëren en valideren van de kostenefficiënte 5G-geconvergeerde netwerkconcepten. Deze maken een intelligente hub mogelijk ondersteund door meerdere sectoren waaronder industrieën en de gezondheidszorg.

5G-HEART is in november 2022 afgerond. Een beknopte lijst van 5G-HEART-gebruiksscenario's (*use cases*) in de gezondheidszorg en betrokken belanghebbenden is te vinden in de Monitor najaarseditie van 2020¹⁸ en op de website van 5G-HEART¹⁹. De focus in het deel van 5G-HEART rond gezondheidszorg werd gericht op interventieondersteuning op afstand, het endoscopisch PillCam systeem en virtuele *sign-patches* (flexibele sensoren die op het menselijk lichaam worden bevestigd voor de continue monitoring van ambulante patiënten).

Voor de toepassing van 5G in de gezondheidszorg heeft 5G-HEART geconcludeerd dat 5G-technologie voldoende *performance* kan leveren om de in dit project geadresseerde geavanceerde *eHealth*-toepassingen mogelijk te maken.

De volgende 5G KPI's (Key Performance Indicators) zijn geïdentificeerd als de belangrijkste voor de behandelde *use cases* in de gezondheidszorg:

- Doorvoercapaciteit (*throughput*), bijvoorbeeld om grote hoeveelheden gegevens en -video-inhoud over te brengen;
- Netwerkvertraging (latentie of *latency*), bijvoorbeeld voor *real-time* verwerking van video en gegevens op afstand;
- Dekking, vooral voor gezondheidszorgvoorziening indoor of op het platteland;
- Betrouwbaarheid, vooral voor levensreddende, kritische communicatie;

¹³ <https://www.gminsights.com/industry-analysis/5g-in-healthcare-market>

¹⁴ <https://5gheart.org/>

¹⁵ <https://5gtours.eu/>

¹⁶ <https://health5g.eu/>

¹⁷ TNO 2020 R11669

¹⁸ TNO 2020 R11669, Paragraaf 4.2, blz. 13

¹⁹ <https://5gheart.org/>

- Beveiliging van de privacy van patiënten en het voldoen aan de vereisten van de AVG (Algemene Verordening Gegevensbescherming);
- Locatiebepaling, bijvoorbeeld voor de lokalisatie van patiënten;
- Energie-efficiëntie en beperkt stroomverbruik, bijvoorbeeld om voldoende levensduur van op het lichaam gedragen sensoren te garanderen.

De *lessons learned* uit 5G-HEART laten zien dat Healthcare-over-5G niet alleen over 5G gaat. Duidelijk werd dat de gedemonstreerde *end-to-end*-prestaties van *eHealth*-toepassingen juist ook afhankelijk zijn van verschillende factoren die geen deel uitmaken van de prestaties van het 5G-netwerk. Veel toepassingen omvatten video-overdracht en de analyse van de situatie van een patiënt. Dit werd duidelijk aangetoond, bijvoorbeeld bij het testen van instructie-, consultancy- en aanwezigheid op afstand. Hierbij werd een *real-time video feed* geleverd vanuit een operatiekamer aan studenten in een collegezaal of thuis. In dit geval domineerde de verwerkingsvertraging van video ruimschoots de netwerkvertraging.

De ervaringen met 5G-HEART lieten ook zien dat de volwassenheid van de 5G-technologie niet zo snel vorderde als aanvankelijk werd gedacht toen het project in 2019 van start ging. Het project was er bijvoorbeeld op gericht om zowel NSA (Non-Standalone) als SA (Standalone) 5G-opstellingen te testen. SA-implementaties, die de 5G-beloften op het gebied van capaciteit, informatie-uitwisselingsnelheid, latentie en betrouwbaarheid echt waar moeten maken, waren echter niet algemeen beschikbaar tijdens de looptijd van het project. Dit was slechts in één test mogelijk, waarbij gebruik werd gemaakt van het 5G SA-testnetwerk van TNO. Hierdoor konden het 5G *core network* en de 5G-*network slicing*-mogelijkheid in de test opgenomen worden. Zo heeft TNO in Nederland 5G-HEART-experimenten in 5G-ondersteunde ambulancediensten gecoördineerd in samenwerking met onder meer Ambulancezorg Groningen, Dynniq, Philips en 5Groningen. Geverifieerd is het volgende:

- (1) De operationele besluitvorming verliep sneller en nauwkeuriger toen het hoofd medische dienst van een ambulancedienst op zijn locatie real-time video-en audio ontving, aangevuld met vitale patiëntgegevens zoals een elektrocardiogram, die werden verzonden door de behandelend paramedicus²⁰. Dit betekende dat de pre-ziekenhuistriage de behandeling van patiënten aanzienlijk versnelde en onnodig vervoer naar het ziekenhuis vermeden werd;
- (2) Door real-time “groen licht voorrang” te vragen en te krijgen, kan een ambulance kruispunten sneller passeren en de patiënt dus zo snel mogelijk naar het ziekenhuis brengen. Een extreem lage communicatielatentie, mogelijk gemaakt door 5G, zorgt voor een efficiëntere werking door zogenoemde ‘slimme kruispunten’ (*smart crossings*);
- (3) De rol van 5G bij het mogelijk maken van het gebruik van real-time videocommunicatie tussen de paramedicus en het hoofd medische dienst (door de realisatie van eMBB: extended Mobile Broadband) en slimme kruispunten (door de gerealiseerde URLLC: Ultra-Reliable Low Latency Communication);
- (4) 5G-network slicing kan voldoende radiocapaciteit garanderen voor de levering van misiekritieke diensten in concurrentie met achtergrond-dataverkeer²¹.

²⁰ <https://www.tno.nl/nl/newsroom/2021/12/betere-triage-dankzij-5g-video-datafeed/>

²¹ https://www.tno.nl/en/newsroom/insights/2022/04/how-5g-network-slicing-make-our-traffic/?utm_medium=Social&utm_source=influencer

3.3 Afsluitend

De volgende aanbevelingen zijn gedaan door 5G-HEART:

- Een nieuw ecosysteem moet worden gecreëerd, gebaseerd op partnerschap en het delen van de investeringslasten. Van mobiele netwerkproviders kan niet worden verwacht dat deze alle netwerkinvesteringen maken om gebruiksscenario's in de gezondheidszorg met specifieke eisen te ondersteunen;
- Investerings in dekking, capaciteit en andere functionaliteiten kunnen niet gericht zijn op individuele *use cases* en -sectoren. De industrie moet naar verschillende gebruiksscenario's en verticale markten kijken om schaalvoordelen te verkrijgen met gestandaardiseerde oplossingen.

Meer informatie over de belangrijkste conclusies, *lessons learned* en de aanbevelingen van 5G-HEART is te vinden in het 5G-HEART White Paper²².

Met de start van het onderzoek naar 6G wordt de gezondheidszorg opnieuw gezien als een belangrijke sector of 'bedrijfstak' waar 6G toegevoegde waarde kan bieden door verdere geavanceerde toepassingen, zoals holografische communicatie voor *tele-presence*, het delen van 3D-beelden met hoge resolutie in (bijna) realtime voor bijvoorbeeld tele-chirurgie. Dit werd al benadrukt in de Strategische Onderzoeks- en Innovatieagenda 2022 van NetworldEurope²³, en geadresseerd in het Europese IMAGINE-B5G-project²⁴ en het Duitse "6G Health"-project²⁵.

²² https://5gheart.org/wp-content/uploads/5G-HEART_white_paper_final.pdf

²³ <https://bscw.5g-ppp.eu/pub/bscw.cgi/d516608/SRIA-2022-WP-Published.pdf>

²⁴ <https://imagineb5g.eu/use/#use>

²⁵ <https://www.vodafone.com/news/technology/explore-6g-health-apps-feel-surroundings>

4 5G voor omroepdistributie

4.1 Omroepdistributie in de context van een veranderend TV-landschap

De techniek van omroepdistributie is al jaren in beweging door de opkomst van internet als generieke distributie-infrastructuur. In de context van de najaarseditie zijn er drie in het oog springende trends. Ten eerste daalt het zogenoemde lineair TV-kijken gestaag²⁶. De gemiddelde kijktijd op het televisietoestel naar *live* of 'lineaire' uitzendingen, dus exclusief opnames terugkijken of *delay TV*, neemt af. Was dit in 2016 in Nederland nog 2 uur en 40 minuten, inmiddels is dit afgenomen tot 1 uur en 49 minuten. Deze daling wordt bijna volledig gecompenseerd door uitgesteld kijken en overig schermgebruik zoals streaming video. Ten tweede, daaraan gerelateerd, daalt het aantal TV-abonnementen gestaag²⁷. Zo is er sprake van *cord-cutting*: mensen zeggen hun TV-abonnement op en kijken televisie of video via bijvoorbeeld streamingdiensten.



Figuur 6: Evolutie van conventionele televisie naar meerdere vormen van televisiekijken [bron: TNO]

Tot slot: personalisatie van video en televisiekijken wordt steeds belangrijker: kijken wat je wilt, wanneer je wilt, waarop je maar wilt. Of dit nu is op de TV, de tablet of smartphone of welk scherm dan ook. Figuur 6 geeft een symbolisch beeld van de diversificatie van televisiekijken door deze ontwikkelingen.

In Nederland en andere landen wordt Free-to-Air (FTA)-TV uitgezonden. Dit is een TV-dienst die iedereen met een geschikte ontvanger kan bekijken, gratis en zonder registratie of abonnement. FTA-TV zorgt via broadcast voor een efficiënte distributie van *live*/lineaire

²⁶ Screenforce TV jaarrapport 2022/ SKO

²⁷ <https://www.acm.nl/nl/publicaties/acm-telecommonitor-circa-1-miljoen-huishoudens-zonder-tv-abonnement>

content naar potentieel grote groepen kijkers. Er is sec geen personalisatie mogelijk tenzij er aanvullende content via *unicast* gecombineerd wordt met het broadcast-signaal. Dit kan met technologieën als HbbTV (Hybrid Broadcast Broadband TV) of DVB-i (Digital Video Broadcast-internet) over het internet.

De huidige draadloze omroepdistributie is gericht op televisietoestellen. Technisch wordt dit in Nederland verzorgd door KPN onder de naam Digitenne via DVB-T²⁸-technologie. De FTA-TV met de NPO (Nederlandse Publieke Omroep)-televisiekanalen maakt gebruik van frequenties die de overheid aan NPO beschikbaar stelt om op grond van de mediawet gratis TV-kanalen te distribueren.

Het aantal betalende abonnees van Digitenne daalt weliswaar gestaag volgens de jaarverslagen van KPN, maar naast betalende gebruikers zijn er ook gebruikers die ontvangers hebben zonder abonnement en die dus wel FTA-TV kunnen kijken.

4.2 5G broadcast: FTA-TV naar smartphones

5G broadcast is binnen 3GPP ontwikkeld om FTA-TV en radiodiensten naar smartphones te kunnen verspreiden. 5G broadcast is synoniem voor LTE-based 5G broadcast. Deze technologie is gebaseerd op MBMS²⁹ (Multimedia Broadcast Multicast Services) uit 4G en is de meest recente technologie binnen 3GPP die specifiek gericht is op FTA-TV broadcast. Het is vanwege de actualiteit van deze technologie zeer onwaarschijnlijk dat door 3GPP een variant op basis van 5G-radio gespecificeerd zal worden. Daarom, en vanwege marketing, is voor de naam 5G broadcast gekozen. Het is overigens wel de verwachting dat telefoons die MBMS ondersteunen, oproepen kunnen ontvangen tijdens het gebruik van een MBMS-dienst.

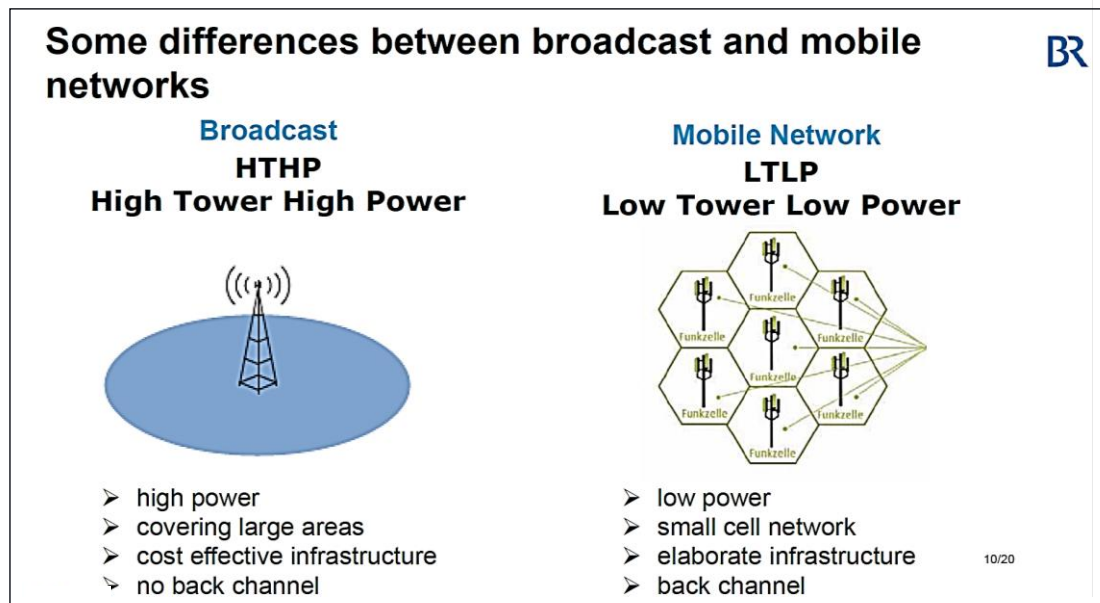
MBMS bestaat al sinds 2009 en is sindsdien doorontwikkeld om in de behoeften van omroepen (*broadcasters*) te kunnen voorzien. De belangrijkste eigenschappen van de huidige MBMS-variant zijn dat:

- Het volledige spectrum gebruikt wordt voor broadcast en dit niet gedeeld wordt met andere diensten en gebruikers;
- Het bereik ten opzichte van de vroegere MBMS-varianten is vergroot;
- *Receive-only mode* wordt ondersteund: er is geen SIM (Subscriber Identity Module)-kaart nodig en dus ook geen abonnement.

Op hoofdlijnen zijn er twee varianten van 5G broadcast: High-Tower, High-Power (HTHP) en Low-Tower, Low-Power (LTLP), zoals weergegeven in Figuur 7. Elke benadering heeft zijn specifieke voor- en nadelen.

²⁸ In feite DVB-T2, de opvolger van DVB-T. Voor de leesbaarheid houden we DVB-T aan.

²⁹ Doorontwikkelingen van MBMS zijn *evolved* en *further evolved* MBMS (eMBMS en feMBMS). Wij houden hier de algemene term MBMS aan.



Figuur 7: HTHP en LTLP [bron: Bayerischer Rundfunk]³⁰

LTLP is geïntegreerd in het mobiele (5G) netwerk. Er is dus geen afzonderlijke infrastructuur nodig, maar wel spectrum. De operator configureert hoe de capaciteit in het netwerk verdeeld wordt tussen MBMS en de andere mobiele diensten. De verdeling kan variabel zijn in de tijd. Bij FTA-TV in een LTLP-scenario zullen er wel goede afspraken nodig zijn tussen de FTA-TV-dienstverlener en de mobiele operatoren over zaken zoals toegang tot- en beheer van apparatuur en configuratie van de capaciteit.

HTHP is qua uitvoering enigszins vergelijkbaar met het huidige DVB-T-netwerk. Het is een specifieke infrastructuur met minder opstelpunten dan bij LTLP. Het volledige spectrum is dan beschikbaar voor MBMS maar gebruikers zijn voor internet en andere niet-MBMS-diensten aangewezen op een regulier mobiel netwerk.

4.3 5G Broadcast-technologie vanuit verschillende perspectieven

Om de technische potentie van 5G broadcast te beoordelen, kijken we vanuit vier perspectieven.

Allereerst vanuit **standaardisatie**: in 3GPP is de standaardisatie van MBMS afgerond. 5G broadcast voor TV is daarmee gebaseerd op 4G-radiotechnologie maar wel volledig geïntegreerd in de 5G-standaardisatie. Gezien de sterke traditie van *backward compatibility* in 3GPP zal MBMS nog vele jaren deel uitmaken van 5G. Naar alle verwachting zal geen 5G New Radio (NR)-variant van MBMS gespecificeerd worden. Binnen 5G NR zijn er overigens wel andere broadcast- en multicast-toepassingen mogelijk zoals de distributie van *real-time* informatie voor autonoom rijden, *push-to-talk* of multicast-TV binnen individuele cellen van het mobiele netwerk. Hiervoor wordt dan de zogenoemde MBS (Multicast-Broadcast Services)-technologie gebruikt in plaats van MBMS.

³⁰ 5G for media production and distribution, Helwin Lesch, #5GMediaRoad2019, München, 8-9 May 2019

Het **frequentiegebruik** van MBMS is vergelijkbaar met dat van DVB-T. Hoeveel frequentiespectrum 5G broadcast precies nodig heeft is nog niet bekend. Dit hangt af van diverse factoren, zoals het aantal zendmasten, de gebruikte frequentie, het aantal TV-kanalen en de videocodec. Zo zal de nieuwste VVC (Versatile Video Coding)-codec van MPEG circa 45% minder bandbreedte per kanaal vergen bij gelijke videokwaliteit. In de volgende paragraaf gaan we nader in op het frequentiegebruik.

Vanuit het perspectief van **netwerkapparatuur**, is er onderscheid in ondersteuning van de HTHP- en LTLP-varianten. Er bestaat een reëel uitzicht op goede beschikbaarheid van de apparatuur van HTHP-netwerken. In het LTLP-scenario is er MBMS-ondersteuning nodig in mobiele basisstations. Vooralsnog is daar bij de bekende leveranciers geen zicht op.

Tot slot de **devices**: smartphones die 5G broadcast ondersteunen zijn nog niet commercieel verkrijgbaar. In 2022 zijn er wel prototypes (van Qualcomm) in de openbaarheid gekomen die ook in trials gebruikt zijn.

4.3.1 Het frequentiegebruik van 5G broadcast nader bekeken

Het is belangrijk om op te merken dat het vergelijken van het spectrumgebruik van DVB-T en 5G broadcast in de praktijk neerkomt op het vergelijken van twee verschillende inzetscenario's: DVB-T richt zich op TV-ontvangst binnenshuis, met een antenne in huis of met een buiten gemonteerde antenne. 5G broadcast (dus via MBMS) richt zich in eerste instantie op broadcast naar smartphones. Dit is op hoofdlijnen onderstaand weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1: Vergelijking inzetaspecten van DVB-T met die van 5G Broadcast [bron: TNO]

Aspect	DVB-T voor TV	5G broadcast voor smartphones
Primair gericht op	Televisietoestellen	Smartphone
Ontvanger	Beweegt niet of langzaam (bijvoorbeeld op een binnenvaartschip)	Kan snel bewegen (auto, trein)
Antenne	Speciale antenne	Antenne van smartphone
Plaats van gebruik	Voorals binnen de woning	Voorals buiten de (eigen) woning

Broadcast naar smartphones is qua spectrumgebruik minder efficiënt dan naar TV's omdat bij de ontvangst op TV's betere antennes gebruikt worden onder gunstigere omstandigheden (statisch gebruik) dan bij smartphone-ontvangst.

Voor DVB-T is nu spectrum beschikbaar in de UHF-banden 470-608 MHz en 614-694 MHz³¹, samen 218 MHz. Technisch biedt deze hoeveelheid spectrum ruimte voor het aanbieden van een reeks televisiekanalen met MBMS³². Wanneer de UHF-band gebruikt zou worden voor FTA-TV met ontvangst op smartphones, dus via 5G broadcast, zou er mogelijk frequentieruimte kunnen vrijkomen, ondanks het minder efficiënte spectrumgebruik. Dit komt doordat op termijn, uit commerciële overwegingen (zie Paragraaf 4.1), de commerciële zenders waarschijnlijk niet meer via de UHF-band verspreid gaan worden. Tevens kan de

³¹ Nationaal Frequentieplan 2014, wetten.overheid.nl, versie geldend vanaf 31 maart 2022

³² 5G voor omroepdistributie, TNO 2022 R11988

modernere VVC/H.266 video codec ervoor zorgen dat er minder spectrum nodig is dan met HEVC (High Efficiency Video Coding)/H.265.

Deze vrijgekomen spectrumruimte kan dan mogelijk worden ingezet om bestaande gebruikers van de UHF-band zoals PMSE (Program Making and Special Events) en ASTRON te bedienen. Hoe dit precies zal uitpakken hangt af van diverse factoren zoals:

- De benodigde frequentieruimte voor FTA-TV-distributie via 5G broadcast;
- Internationale afspraken tijdens de WRC (World Radio Conference) 2023³³;
- Het aantal TV- en radiokanalen dat gedistribueerd wordt;
- Specifieke wensen en eisen van bestaande gebruikers en
- De mogelijke technische alternatieven die ingezet kunnen worden voor en door bestaande gebruikers.

Kortom: het hangt af van hoeveel ruimte er dan precies vrijkomt en hoeveel en welk spectrum er precies nodig is voor bestaande gebruikers.

Om meer gedetailleerd en waar mogelijk kwantitatief antwoord te geven op de vraag hoe MBMS precies ingezet kan worden en hoeveel ruimte er dan in de UHF-band beschikbaar is voor bestaande gebruikers is nader onderzoek nodig. De diverse *trials* in Europa en de bevindingen van de EBU (European Broadcast Union)³⁴ zijn hiervoor een goed startpunt.

4.4 Conclusie

Samengenomen leiden de vier perspectieven tot de conclusie dat FTA-TV via 5G Broadcast en mobiele functies weliswaar technisch geïntegreerd kunnen worden in een LTLP scenario, maar dat er door de praktische hindernissen nu geen zicht is op ondersteuning van deze optie.

Voor *stand-alone* FTA-TV met 5G Broadcast in een HTHP-scenario ontbreekt het vanuit technisch oogpunt alleen aan *devices* die dit scenario mogelijk maken.

De observaties hierboven zijn een momentopname. In de overwegingen rondom de toekomstige beschikbaarheid van netwerkkapapparaat en gebruikersapparaat komen de technische potentie en de business case voor MBMS nadrukkelijk samen en dat brengt de analyse ervan buiten de scope van deze meer technische analyse.

Wel is duidelijk dat de business case die leveranciers van chipsets, netwerkkapapparaat en gebruikersapparaat maken een wereldwijde is. Nieuwe inzichten bij grote mobiele operators en omroepen in andere delen van de wereld, zoals Azië, kunnen daardoor de beschikbaarheid van MBMS-componenten voor Europese omroepen en mobiele operators doen toenemen.

³³ World Radio Conference 2023 Action Item 1.5 (UHF-band 470-694 MHz), zie TNO 2022 P12274, blz. 20

³⁴ Onder andere: *COMPATIBILITY BETWEEN 5G BROADCAST AND OTHER DTT SYSTEMS IN THE SUB-700 MHz BAND* (<https://tech.ebu.ch/docs/techreports/tr064.pdf>)

5 Stand van zaken rond 3GPP standaardisatie

Dit hoofdstuk geeft eerst in Paragraaf 5.1 enige organisatorische en planmatige context aan van de twee meest actuele 3GPP releases. Daarna zal in Paragraaf 5.2 aandacht worden besteed aan de specifieke technische ideeën die door meerdere partijen zijn aangedragen als input voor een workshop rond de voorbereiding van de nieuwste release, Release 19. Voor deze laatste paragraaf is wat meer technische kennis rond 5G-deeltechnologieën wenselijk.

5.1 Overzicht

3GPP (zie ook Paragraaf 6.7.1) richt zich nu vooral op het werk voor Release 18³⁵, de eerste *release* van *5G-Advanced*. Volgens het huidige plan zullen de functies van Release 18 in december 2023 worden bevroren. Parallel daaraan worden enkele eerste onderzoeken voor Release 19 uitgevoerd in de 3GPP Service and System Aspects (SA)-groepen, waarbij mogelijke nieuwe of verbeterde services worden geadresseerd in SA1³⁶, enkele haalbaarheidsstudies rond de algehele systeemarchitectuur in SA2³⁷, security in SA3³⁸, audio-opnamesysteem voor gebruikersapparatuur in SA4³⁹ en applicatiearchitecturen in SA6⁴⁰.

De activiteiten rond Release 19 in 3GPP Radio Access Network (RAN)-groepen zullen starten in het eerste kwartaal van 2024. Elk van de vijf RAN-groepen zal zich richten op een bepaald deel van het radionetwerk, namelijk:

- RAN1 – Radio Laag 1 (fysieke laag);
- RAN2 – Radio Laag 2 en Radio Laag 3 (Radio Resource Control);
- RAN3 – UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network)/ E(Evolved)-UTRAN/ NG(Next Generation)-RAN-architectuur en gerelateerde netwerkinterfaces;
- RAN4 – Radio-prestaties en protocolspecten;
- RAN5 – Conformiteitstesten van mobiele terminals.

Zowel de 3GPP SA- als de RAN-groepen hadden in juni 2023 een Release 19-workshop om mogelijke scopes en prioriteiten voor activiteiten rond Release-19 te bespreken⁴¹.

Figuur 8 geeft de huidige 3GPP-tijdslijnen aan voor Release 18 en Release 19 (inclusief de geplande duur van RAN1 tot RAN4)⁴². Volgens het huidige plan worden de functies van Release 19 in september 2025 bevroren.

³⁵ <https://www.3gpp.org/release18>

³⁶ <https://www.3gpp.org/DynaReport/TSG-WG--s1--wis.htm>

³⁷ <https://www.3gpp.org/dynareport?code=TSG-WG--S2--wis.htm>

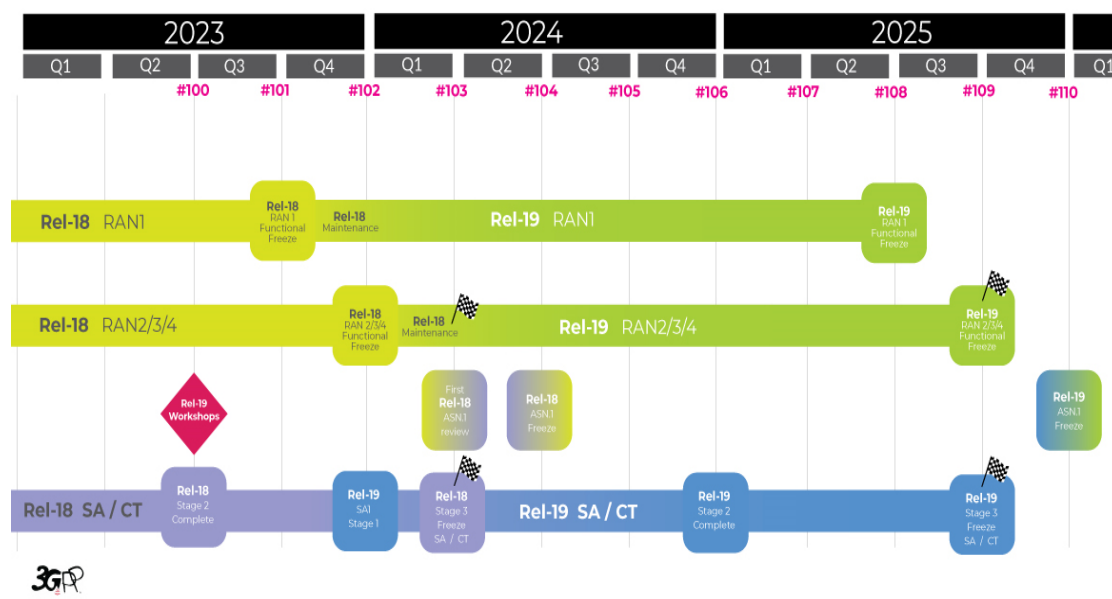
³⁸ <https://www.3gpp.org/dynareport?code=TSG-WG--S3--wis.htm>

³⁹ <https://www.3gpp.org/dynareport?code=TSG-WG--S4--wis.htm>

⁴⁰ <https://www.3gpp.org/dynareport?code=TSG-WG--S6--wis.htm>

⁴¹ <https://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/tsg-100-01>

⁴² <https://www.3gpp.org/specifications-technologies/releases>



Figuur 8: 3GPP-tijdslijnen voor Release 18 en Release 19 [bron: 3GPP]

5.2 Samenvatting van de 3GPP RAN Release 19-workshop

Tijdens de tweedaagse Release 19-workshop zijn er circa 480 bijdragen binnengekomen van ruim 80 bedrijven en organisaties. Release 19 zal zich vooral richten op het blijven investeren in commerciële implementaties van 5G-Advanced om de prestaties verder te verbeteren en tegemoet te komen aan kritieke behoeften.

Daarnaast zou Release 19 kunnen dienen als brug naar 6G, aangezien er grote interesse bestaat om enkele eerste 6G-studies te starten zoals kanaalmodellering voor nieuwe spectrumbanden.

Hieronder volgen belangrijke onderwerpen voor Release 19 die zijn voorgesteld door diverse partijen (een uitgebreidere lijst is te vinden in de samenvatting van de workshop zoals opgesteld door de RAN-voorzitter⁴³). Deze voorstellen hebben over het geheel genomen betrekking op het verbeteren van:

- Efficiëntie en vooral het terugdringen van het energieverbruik;
- Robuustheid, stabiliteit en continuïteit van verbindingen en van positionering;
- Gelijktijdig gebruik (door duplex, *slicing* en het verbeteren van de prestaties van multimodale verkeersstromen);
- Verbindingscapaciteit (door over het hele netwerk de *throughput* te vergroten en de dekking te verbeteren).

Veel toepassingen zullen baat hebben bij deze verbeteringen.

Hierbij mag worden aangetekend dat men beoogt met verhoogde netwerkintelligentie prestatie- en efficiëntievergrotingen te bereiken en tegelijkertijd de menselijke tussenkomst en de daarmee samenhangende onderhoudskosten tot een minimum te beperken. Bovendien kan in situaties waarin geen betrouwbare modellen (bijvoorbeeld verkeersmodellen of netwerkbelastingmodellen voor energieverbruik) beschikbaar zijn, met

⁴³ https://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/TSG_RAN/TSGR_AHs/2023_06_RAN_Rel19_WS/Docs/RWS-230488.zip

AI/ML een optimalisatie van bijvoorbeeld prestaties en efficiëntie bereikt worden waarbij gebruik gemaakt wordt van beschikbare gegevens die zijn verzameld via het netwerk, apparaten en toepassingen.

Verwacht wordt dat 3GPP RAN in december 2023 de scope van Release 19 zal bepalen. Elk van de hieronder vermelde RAN-onderwerpen zal één leidende RAN-groep hebben (bijvoorbeeld RAN1) en zal indien nodig ondersteund worden door andere RAN-groepen (in casu bijvoorbeeld RAN2).

- **AI/ML voor de NR *air interface*.** Dit is gebaseerd op een onderzoek uit Release 18 over hetzelfde onderwerp, dat tot doel heeft de prestaties te verbeteren of de complexiteit en overhead te verminderen. Het Release 18-onderzoek heeft zich geconcentreerd op een reeks selectieve gebruiksscenario's, zoals CSI-feedback (Channel State Information), bundelbeheer (*beam management*) en positionering. Men zal zich voor deze Release waarschijnlijk richten op een verdere selectie en prioritering van deze gebruiksscenario's.
- **Verdere ontwikkeling van MIMO (Multiple Input - Multiple Output).** Door verschillende partijen zijn diverse onderwerpen voorgesteld ter verbetering van de MIMO-prestaties zoals door het UE (*user equipment*) geïnitieerde *event-driven* bundelbeheer, de ondersteuning van meer dan 32 elementaire antennes en verbeteringen van de *uplink*.
- **De ontwikkeling van Duplex.** Dit is gebaseerd op het Release 18-onderzoek naar de manier waarop NR in duplex kan werken. Verwacht wordt dat een en ander zich zal concentreren op niet-overlappende sub-band *full-duplex* (SBFD) aan de kant van het basisstation. Hierbij is een deel van een TDD (Time Division Duplex)-band bestemd voor *uplink* en een andere voor *downlink*. De kant van de gebruiker (UE) wordt half-duplex gehouden. Hierbij is dus sprake van tweerichtingscommunicatie waarbij de richtingen in de tijd worden afgewisseld (bij full-duplex kunnen deze tegelijkertijd bestaan). Daarnaast kan ook worden gewerkt aan de bestrijding van *cross-link* interferentie (CLI, de onderlinge verstoring van up- en downlink) waardoor bij commerciële toepassingen dynamische TDD beter wordt ondersteund.
- **Verdere studie naar Ambient IoT** als vervolg van de studie die voor Release 18 is uitgevoerd. Ambient IoT maakt gebruik van Ambient Backscatter Communications (AmBC⁴⁴) en heeft tot doel het stroomverbruik en de complexiteit van IoT-apparatuur ordes van grootte te verlagen in vergelijking tot die van bestaande 3GPP LPWA (Lower Power Wide Area)-technologieën zoals NB (Narrow-Band)-IoT en LTE eMTC (Long Term Evolution enhanced Machine Type Communication). Ambient IoT-apparaten kunnen worden gevoed door *energy harvesting*, waarbij elektromagnetische restenergie uit diverse bronnen uit de omgeving kan worden gehaald en opgeslagen. In het Release 19-onderzoek zou een keuze kunnen worden gemaakt voor onder meer het type apparaten voor Ambient IoT, het scenario voor de implementatie, het spectrum, et cetera.
- **Verdere reductie van het energieverbruik door het netwerk.** Dit is gebaseerd op de resultaten van het Release 18-onderzoek over hetzelfde onderwerp. Verwacht wordt dat de focus zal liggen op de meest veelbelovende technieken die aanzienlijke energiebesparingen opleveren waarbij standaardisatie-inspanningen nog redelijk zijn (een en ander is nog overeen te komen).

⁴⁴ TNO 2022 R10816, juni 2022, blz. 38

- **Verbeteringen rond mobiliteitsafhandeling.** Een specifiek onderwerp dat door veel bedrijven ter sprake wordt gebracht, is het verder ontwikkelen van de door communicatielaag 1/2 getriggerte mobiliteit zoals de inter-CU (Central Unit)-benadering. Hierbij is het idee om een basisstation te verdelen in één CU en één of meer Distributed Units (DU). Elke CU is verantwoordelijk voor de protocollen op de hogere communicatielagen, terwijl elke DU zorgt voor de (mobiliteits)afhandeling op de lagere lagen (communicatielagen 1 en 2)⁴⁵.
- **Ontwikkeling van het NR Non-Terrestrische Netwerk (NTN).** NTN's maken gebruik van satellieten of platforms op grote hoogte zoals vliegtuigen, UAV's (Uncrewed Aerial Vehicles) en *aerostats* om connectiviteitsdiensten aan te bieden. NTN's kunnen terrestrische netwerken aanvullen door dekking te bieden in afgelegen gebieden waar terrestrische dekking niet beschikbaar is. In de Monitor najaarseditie van 2022⁴⁶ is het werk op dit onderwerp in Release 17 en Release 18 toegelicht. De mogelijke doelstellingen van het werk voor Release 19, zoals tot nu toe door verschillende bedrijven voorgesteld, omvatten onder meer:
 - Dekkingsverbeteringen voor downlink en uplink;
 - Verbeteringen van mobiliteitsondersteuning in NTN-TN;
 - Verbeterde werking van GNSS (Global Navigation Satellite System) specifiek rond het behoud van de verbindingsmodus tijdens perioden van GNSS-uitval;
 - Omroepuitzending via NTN.
 Om zich te kunnen concentreren op de meest urgente doelstellingen kunnen ambities eventueel worden herzien.
- **Ontwikkeling van XR (Extended Reality).** Dit onderwerp is bestudeerd in Release 17 en Release 18 (zie ook Monitor najaarseditie van 2022⁴⁷) en zal de basis vormen voor de verdere activiteiten op dit vlak voor Release 19. Meerdere onderwerpen zijn door verschillende bedrijven voorgesteld voor verdere verbetering, waaronder:
 - Verbetering voor multimodale verkeersstromen;
 - Vermindering van de impact van de interruptie-intervallen waarin een UE metingen en RF-tuning uitvoert voor *radio resource management*-doeleinden zoals mobiliteitsondersteuning, *load balancing* et cetera. Tijdens deze intervallen (*inter-frequency measurement gaps*) kan een UE geen data zenden of ontvangen;
 - Energiebesparing;
 - Ongebruikte transmissiemomenten aangegeven door uplink controle-informatie (UCI);
 - Gedifferentieerde overdracht van een set van PDU's (Protocol Data Units) met verschillend belang in een gegeven QoS-(Quality-of-Service) stroom.
- **AI/ML voor Next Generation RAN.** Naar verwachting wordt deze activiteit gebaseerd op de uitkomst van Release 18 over hetzelfde onderwerp. Release 18 heeft verbeteringen in de gegevensverzameling en signaleringsondersteuning geadresseerd voor een reeks selectieve, op AI gebaseerde gebruiksscenario's: netwerkenergiebesparing, *load balancing* en de optimalisatie van mobiliteitsondersteuning. Naast het afhandelen van enkele restactiviteiten rond de gebruiksscenario's van Release 18 wordt ten minste één van de

⁴⁵ https://www.sharetechnote.com/html/5G/5G_RAN_Architecture.html

⁴⁶ TNO 2022 P12274, december 2022, blz. 10

⁴⁷ TNO 2022 P12274, december 2022, blz. 8

volgende potentiële onderwerpen overwogen: dekings- en capaciteitsoptimalisatie, verbeterde energiebesparing, QoE (Quality-of-Experience) en RAN-slicing.

- **Self-Organizing Networks (SON's)/Minimization of Drive Tests (MDT's).** Ook hier zijn waarschijnlijk nog wat restactiviteiten van Release 18 die in de activiteiten voor Release 19 opgenomen zullen worden. Verder zijn er voorstellen om zich te concentreren op optimalisatie van de mobiliteitsrobuustheid (MRO: Mobility Robustness Optimization) en verbeteringen voor nieuwe netwerkfuncties die zijn geïntroduceerd in de vorige releases waaronder besparing van netwerkenergieverbruik, dekings- en capaciteitsoptimalisatie en RAN-slicing.
- **Modellering van het radiokanaal.** Er is grote belangstelling voor kanaalmodellering voor geïntegreerde detectie en communicatie (ISAC: Integrated Sensing And Communication) en voor kanaalmodellering voor het nieuwe spectrumbereik van 7 tot 24 GHz. NB: met betrekking tot ISAC zijn potentiële ISAC-*use cases* gespecificeerd in 3GPP Technical Report TR22.837⁴⁸. Een door 3GPP RAN geleid onderzoek kan ook worden overwogen in Release 19 voor de selectie van een subset van de gebruiksscenario's en voor de vaststelling van radio-gerelateerde aspecten zoals inzetscenario's, frequentie-bereiken en zendmodi.

⁴⁸ <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=4044>

6 Private 5G-netwerken in Nederland

6.1 Introductie

In februari 2023 heeft de overheid het Nationaal Frequentieplan (NFP) 2014 gewijzigd⁴⁹ voor de frequentieband van 3400-3800 MHz ('de 3,5 GHz-band'). In het NFP wordt voor landelijke mobiele communicatie door de mobiele netwerk operators, de frequentieband van 3450-3750 MHz aangemerkt. Vergunningen voor dit banddeel zullen in de eerste helft van 2024 worden toegekend door middel van een veiling. De beide uiteinden van de 3400-3800 MHz-band (dus twee maal 50 MHz) zijn bestemd voor private netwerken met een beperkte geografische reikwijdte. Dit zijn de zogenoemde Perceel-Gebonden Netwerken of PGN's.

Op 5 oktober 2023 heeft de minister van Economische Zaken en Klimaat daarnaast een vernieuwd uitgiftebeleid⁵⁰ voor lokale private netwerken vastgesteld. Bedrijven kunnen vanaf half oktober vergunningen aanvragen⁵¹ voor het aanleggen van een eigen 5G-netwerk. De vergunningen voor lokale private netwerken hebben een ingangsdatum op zijn vroegst vanaf 1 december 2023, terwijl de veiling van de tussenliggende frequentieband voor de publieke mobiele netwerken naar verwachting zal volgen in de eerste helft 2024.

In het nieuwe uitgiftebeleid in Nederland voor private netwerken geldt nog steeds het "eerst-komt-eerst-maakt"-principe, met dien verstande dat nieuwe aanvragers dezelfde rechten hebben dan reeds bestaande private netwerken in de omgeving. Bedrijven zullen daardoor met elkaar rekening moeten houden en onderling moeten afstemmen. De intentie van deze aanpak is om zoveel mogelijk bedrijven de mogelijkheid te geven om zelf een privaat 5G-netwerk te gaan gebruiken.

6.2 Waarom private 5G-netwerken?

Voor bedrijven en organisaties zijn er specifieke voordelen om private 5G-netwerken (in standaardisatieterminologie Non-Public Networks ofwel NPN's) te overwegen:

- Bedrijven zijn zelf verantwoordelijk voor belangrijke onderdelen zoals dataverwerking en -opslag en hebben daarmee volledige controle;
- Op het gehele bedrijfsterrein, zowel binnen als buiten gebouwen is er maximale dekking inclusief *handover* tussen radiocellen;
- Flexibiliteit en aanpasbaarheid via beveiligingsbeleid;
- Hoog niveau van betrouwbare en veilige connectiviteit (geschikt voor business- en missie-kritische toepassingen);
- Lage latentie (*latency* of netwerkvertraging);
- Locatie-onafhankelijkheid (draadloze verbinding);

⁴⁹ <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2023-5604.html>: Wijziging Nationaal Frequentieplan 23-02-2023

⁵⁰ Uitgiftebeleid: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2023/10/06/uitgiftebeleid-voor-perceel-gebonden-netten-in-de-3400-3450-en-3750-3800-mhz-band>

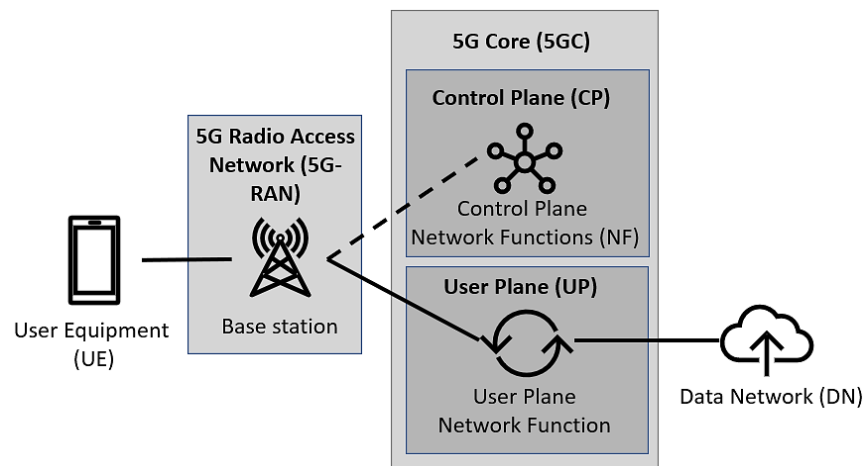
⁵¹ Aanvragen licentie Perceel Gebonden Netwerk: <https://www.rdi.nl/>

- Centraal connectiviteitsbeheer voor alle IoT-apparaten en machines. Hierbij moet onder meer gedacht worden aan grootschalig (semi-)simultaan management bijvoorbeeld voor aanzienlijke *firmware*-updates op (tien)duizenden sensoren binnen een bedrijf;
- Snelle her-configuratie en dus flexibiliteit.

6.3 Private Netwerkkarchitecturen

In het TNO-rapport⁵² *5G Non-Public Network Architectures* worden de verschillende netwerkarchitecturen voor het creëren van 5G-private netwerken naast elkaar gezet.

De basisarchitectuur van 5G, het vijfde-generatie mobiele netwerk, is gegeven in Figuur 9.



Figuur 9: De basis 5G-netwerkkarchitectuur [bron: TNO]

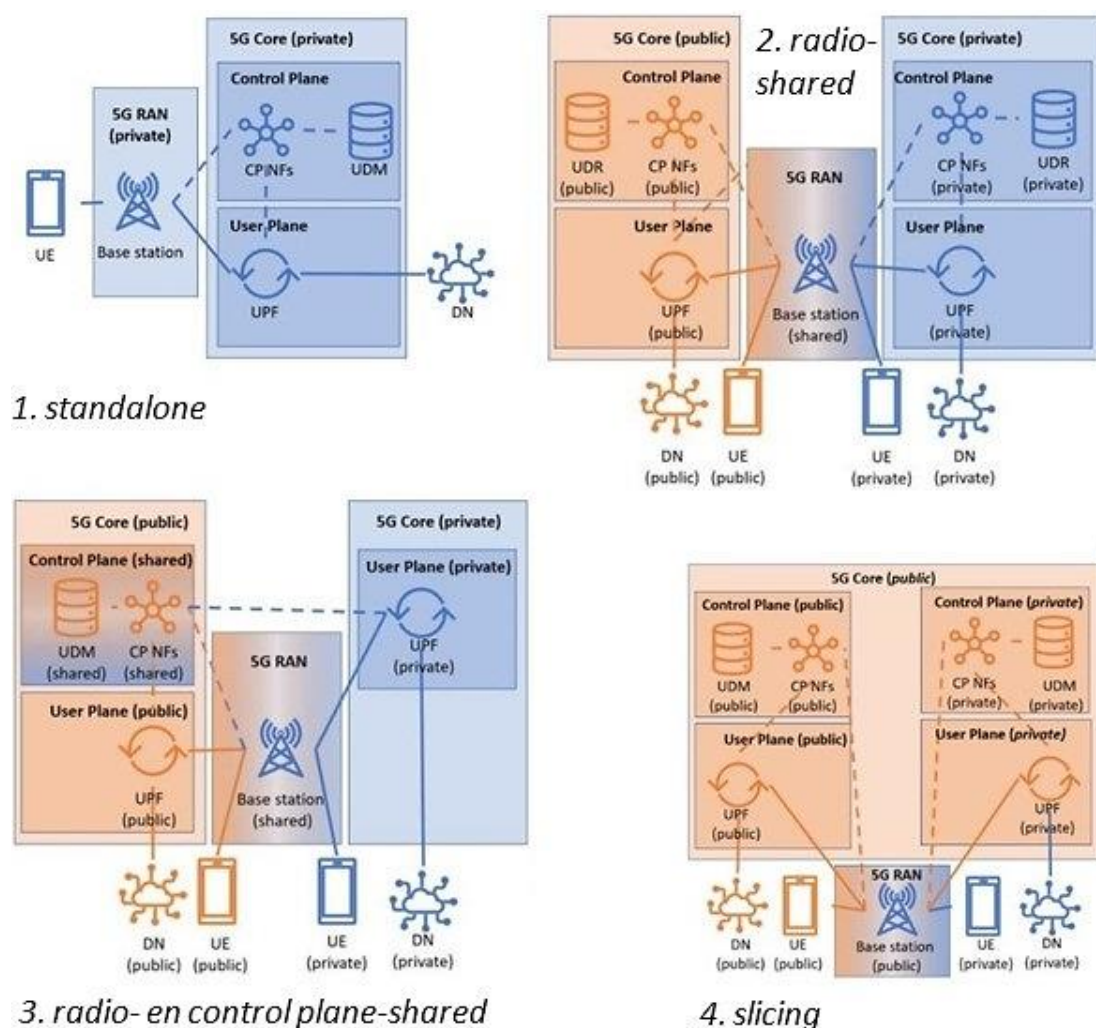
De basisarchitectuur van een 5G-netwerk bestaat uit gebruikersapparatuur (*user equipment* of UE) de radio en de netwerk *core*. Ook is te zien dat er aparte paden zijn voor het besturen van het netwerk (*control plane*) en het versturen van de gebruikersdata (*user plane*).

Door zijn modulaire ontwerp en hoge prestatienormen is 5G geschikt voor- en aanpasbaar aan verschillende vereisten. Zo is het ook mogelijk om verschillende implementatieopties te creëren voor private netwerken, te weten:

1. **Standalone:** volledig onafhankelijke 5G-netwerk met radiostations op bedrijfsterrein;
2. **Radio-Shared:** onafhankelijk netwerk maar gedeelde radiobasisstations met een mobiele netwerkaanbieder;
3. **Radio en Control Plane-Shared:** gebruikersdataverkeer blijft binnen het bedrijfsnetwerk maar radio-, abonnementen- en netwerkinterne controlefuncties worden dan wel afgehandeld door een mobiele netwerkaanbieder;
4. **Slicing:** dit creëert een virtueel netwerk binnen een publiek mobiel netwerk waarin een onafhankelijk *netwerk slice* is gereserveerd voor veilig privégebruik door de onderneming.

Deze vier architectuuropties zijn nader toegelicht in Figuur 10. Hierin zijn met blauw private- en met oranje publieke *assets* en functies aangegeven.

⁵² <https://publications.tno.nl/publication/34640592/a6yjJe/TNO-2023-R10276.pdf>



CP NF = Control Plane Network Function; UDM = Unified Data Management; UDR = Unified Data Repository; UPF = User Plane Function

Figuur 10: Architectuuropties voor private 5G-netwerken [bron: TNO]

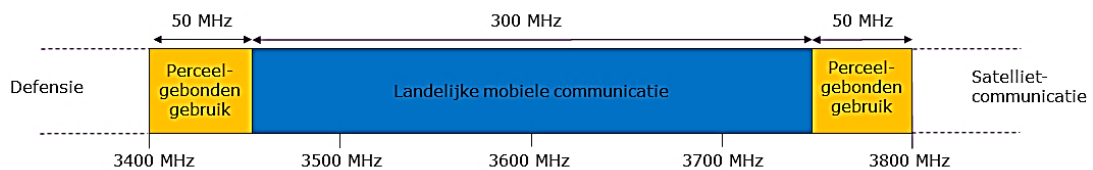
De vier architectuuropties worden nader beschreven in het hierboven genoemde TNO-rapport. Hierin wordt ook gekeken naar mogelijke overwegingen in de keuze van de juiste optie voor een bedrijf. Denk hierbij aan de specifieke eisen en de afweging tussen latentie, datasnelheid, capaciteit, privacy, beveiliging, flexibiliteit, *roaming* en CapEx (Capital Expenditures) versus OpEx (Operational Expenditures). Ook wordt in het rapport kort ingegaan op enkele operationele aspecten.

Bij het vergelijken van de vier implementatieopties qua afhankelijkheid van mobiele netwerkaanbieders, zien we dat de afhankelijkheid in principe toeneemt van optie 1 naar 4. Opgemerkt moet worden dat een standalone implementatie met de volledige 5G-systeemconfiguratie (technisch) in principe beheerd wordt door de onderneming, maar deze implementatie kan ook door een serviceprovider of een mobiele netwerkaanbieder worden gebouwd en onderhouden. Hetzelfde geldt voor de netwerkonderdelen op het bedrijfsterrein in optie 2 en 3.

6.4 Wat komt er beschikbaar in Nederland?

Voor private 5G-netwerken heeft Nederland geopteerd om in de frequentieband van 3400-3800 MHz twee blokken van 50 MHz beschikbaar te maken, zie Figuur 11. Hiermee kunnen bedrijven met eigen frequenties en op eigen terrein geavanceerde mobiele toepassingen realiseren.

Beide delen grenzen aan één kant aan het landelijk uit te geven spectrum voor mobiele communicatie. Het onderste banddeel grenst daarnaast aan een band die is aangewezen aan het ministerie van Defensie (militaire radarsystemen), terwijl het bovenste banddeel grenst aan een band wordt gebruikt als ontvangstband voor satellietcommunicatie.



Figuur 11: Frequentiebandindeling 3,5GHz-band (3400-3800 MHz) [bron: TNO]

Een aaneengesloten frequentieblok heeft als voordeel dat het efficiënter is om door te groeien in benodigde bandbreedte. Het combineren van twee losse frequentieblokken zou alleen ondersteund kunnen worden in radioapparatuur die de hele frequentieband N77 (3300-4200 MHz) aankan.

6.4.1 Synchronisatie

PGN's dienen volgens de vergunning TDD-technologie⁵³ te gebruiken en daarbij de synchronisatiestructuur van de landelijke mobiele netwerken te volgen. Dat betekent dat ook voor private netwerken geldt dat de download-datasnelheid groter is dan de upload-datasnelheid.

Door dezelfde synchronisatiestructuur te volgen wil men voorkomen dat er storing ontstaat tussen PGN's onderling en tussen de PGN's enerzijds en de landelijke netwerken in het aangrenzende frequentiegebied 3450-3750 MHz anderzijds.

De synchronisatiestructuur voor de landelijke netwerken die zal worden opgenomen in de landelijke vergunningen is de synchronisatiestructuur die in ECC Recommendation (20)03 is aangeduid als *Frame A*⁵⁴. Dit frametype biedt circa drie keer zoveel ruimte voor verkeer in de downlink (dus vanaf het basisstation) als in de uplink (vanaf de eindapparatuur). Dit is onderdeel van afspraken binnen Europa met de publieke netwerk aanbieders om onderlinge verstoringen te voorkomen. Deze voorgeschreven synchronisatiestructuur wordt daardoor ook onderdeel van de vergunningsvoorwaarden voor PGN's.

Sommige toepassingen maken nu gebruik van bundeling van 4G-verbindingen om voldoende uplink-datasnelheid te halen. Met 5G is de uplink-datasnelheid groter en is bundeling voor de huidige toepassingen vaak niet meer nodig. Verwacht wordt wel dat met toepassingen zoals hulp op afstand (*remote expert*), de vraag naar steeds betere videokwaliteit en dus ook de vraag naar meer uplink-datasnelheid zal toenemen.

⁵³ TDD staat voor Time Division Duplex, een technologie waarbij de beide zendrichtingen in een netwerk (van en naar het basisstation/de eindapparatuur) gebruik maken van dezelfde frequentie maar in de tijd van elkaar worden gescheiden.

⁵⁴ <https://docdb.cept.org/download/1738>, 23 oktober 2020.

6.5 De status in landen om ons heen

In Duitsland is het al sinds maart 2019 mogelijk om licenties aan te vragen voor private 5G-netwerken. De Duitse telecom toezichthouder BNetzA heeft voor lokale 5G-netwerken 100 MHz gereserveerd in de 3700-3800 MHz-band.

Er is in Duitsland veel interesse voor private 5G vanuit de industrie. De stand op 1 oktober 2023 laat al 350 licentia aanvragen zien, waarvan er inmiddels 348 zijn verleend⁵⁵. In Duitsland is er een sterke samenwerking tussen ontwikkelingen in Industry 4.0 en ontwikkelingen in 5G. Industry 4.0 of Smart Factory versnelt het digitaliseren in fabrieken en creëert daarmee mogelijkheden tot onder andere verhoogde automatisering, *predictive maintenance* en zelfoptimalisatie van procesverbeteringen. Ook Nederland doet mee in Industry 4.0-ontwikkelingen en is een Local Hub binnen de Open Industry 4.0 Alliance⁵⁶. In Duitsland zijn vooral bedrijven in de sectoren automobielfabrikanten, luchthavens, luchtvaartmaatschappijen en havens op dit gebied actief. Opgemerkt kan worden dat hierbij een grote overlap is met belangrijke sectoren waar ook Nederland actief in is.

In Zweden kunnen bedrijven sinds 1 januari 2023 lokale en regionale licenties aanvragen⁵⁷. Daar is 80 MHz in de 3720-3800 MHz-band toegekend voor lokale en regionale toepassingen. De Zweedse toezichthouder PTS (Post & Telecom Authority) ziet vooral interesse vanuit de sectoren gezondheidszorg, mijnbouw en vervoer.

Zowel in Duitsland als in Zweden kunnen ook private 5G-licenties worden aangevraagd in boven de 20 GHz-band, maar in beide landen is de huidige belangstelling nog minimaal. In Duitsland bijvoorbeeld, kunnen licenties aangevraagd worden voor de 24-27 GHz-band, maar zijn daar momenteel nog maar 18 aanvragen toegekend⁵⁸. In België loopt op dit moment een raadpleging over gebruik van de 26 GHz voor private 5G-netwerken⁵⁹.

In België verloopt de uitrol van 5G en de implementatie van 5G-toepassingen trager dan in de meeste landen van de Europese Unie. Derhalve heeft de Belgische overheid in maart 2023 aan 20 projecten subsidie toegekend om een aantal toepassingen te versnellen, waaronder in de gezondheidszorg, Antwerpse haven, Vervoer en digitalisering in de chemische industrie⁶⁰.

De Belgische toezichthouder BIPT heeft in januari 2023 een voorstel goedgekeurd gekregen in de ministerraad voor toelating private lokale breedbandradionetwerken. Op dit moment zijn wel al private netwerken geïntroduceerd, maar dit in samenwerking met mobiele operators (zoals CityMesh, Proximus).

In alle landen zien we dat het operationeel gebruik van private 5G nog wordt beperkt door de beschikbaarheid van 5G-apparaten. In Duitsland wordt verwacht dat eind 2023 veel

⁵⁵ https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/LokaleNetze/Zuteilungsinhaber3,7GHz.pdf?__blob=publicationFile&v=9, genoemd cijfers van 1 oktober 2023

⁵⁶ <https://openindustry4.com/news-and-press/open-industry-40-alliance-steps-up-internationalization-starting-with-netherlands-focus/>

⁵⁷ https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/LokaleNetze/Zuteilungsinhaber26GHz.pdf?__blob=publicationFile&v=2, zie punt 4 in deze link.

⁵⁸ https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/LokaleNetze/Zuteilungsinhaber26GHz.pdf?__blob=publicationFile&v=2, genoemd cijfers van 1 oktober 2023

⁵⁹ <https://www.bipt.be/consumenten/publicatie/raadpleging-van-1-september-2023-betreffende-het-gebruik-van-de-26-ghz-band-voor-5g>

⁶⁰ <https://economie.fgov.be/nl/themas/online/digitale-inclusie/projectoproepen/5g-pilootprojecten/ontwikkeling-van-de>

fabrikanten 5G oplossingen voor slimme en digitale automatisering in de industrie gaan introduceren. Daarmee verwacht men ook dat een deel van de private 5G PoC's (Proof-of-Concepts) omgezet gaan worden in operationele toepassingen.

Als bovenstaande verwachtingen uitkomen, veroorzaakt de latere introductie van de 3,5 GHz-band voor private 5G in Nederland geen grote achterstand voor de Nederlandse bedrijven, aannemende dat Nederlandse bedrijven zullen 'doorpakken' op dit gebied. Een overzicht van private 5G-netwerken in de Europese landen is te vinden op de website van 5G Observatory⁶¹. Hierbij moet opgemerkt worden dat dit overzicht verre van uitputtend is.

6.6 Private 5G-netwerken in Nederland

In het nieuwe uitgiftebeleid van PGN's is gekeken naar Duitsland en Zweden. Beide landen hebben in de bovenband ruimte gemaakt voor private netwerken: in Zweden is er een aaneengesloten blok van 80 MHz en Duitsland heeft een aaneengesloten blok van 100 MHz beschikbaar. Nederland daarentegen heeft, zoals aangegeven, geopteerd om twee separate blokken van 50 MHz beschikbaar te maken voor private 5G-netwerken in de frequentieband van 3400-3800 MHz.

In Nederland maakt al bijna de helft⁶² van de Nederlandse bedrijven gebruik van 5G, maar dat is met name de 5G-NSA vorm die nu aangeboden wordt door de publieke mobiele netwerkaanbieders.

We zien in Nederland veel belangstelling voor private 5G-netwerken, met name in de volgende sectoren:

- **Maakindustrie (*manufacturing*)**
Hier ligt de interesse in het verhogen van productiviteit en efficiëntie door een flexibele omgeving te creëren waar machines onderling en mensen en machines beter samenwerken (Industry 4.0). Private 5G-netwerken bieden hier hoge datadoorvoer en veel meer verbonden apparaten. Hierdoor kunnen bijvoorbeeld zware AI-toepassingen buiten de machines draaien en geven de vele sensoren gedetailleerde informatie over het productieproces.
- **Vervoer en logistiek**
Bij bedrijven in deze sectoren ligt de interesse in het verkrijgen van real-time inzicht in de hele leveringsketen. Hiermee kunnen processen geoptimaliseerd worden en daarmee de voorraad geminimaliseerd.
- **Gezondheidszorg**
Vanuit de zorg wordt enerzijds gekeken naar mogelijkheden om de kosten te minimaliseren door zorg op afstand, maar ook om de processen in het ziekenhuis te optimaliseren. Denk bijvoorbeeld aan remote monitoring zodat patiënten geen ziekenhuisbed onnodig bezetten of aan het lokaliseren van alle middelen zoals bloeddrukmeters of bedden.

⁶¹ <https://5gobservatory.eu/5g-private-networks/>

⁶² <https://btg.org/nieuws/artikel/5g-in-gebruik-bij-bijna-de-helft-van-de-nederlandse-organisaties/>

6.6.1 Enkele *use cases*

In Nederland is sinds 2018 veel geëxperimenteerd met 5G en private 5G-netwerken. Deels vond dit plaats bij de mobiele operators, deels bij bedrijven zelf en deels in Fieldlabs met 5G standalone netwerken (5Groningen, Do IoT (Delft on Internet-of-Things) en 5G Fieldlab).

Met private netwerken in de vorm van een netwerk *slice* (virtueel netwerk) binnen een 5G-netwerk kun je verschillende datastromen scheiden. Door elke slice een prioriteit toe te kennen, garandeer je de kwaliteit van belangrijke datastromen. Zo is er succesvol binnen Europese onderzoeksprojecten met netwerk operators gewerkt aan bijvoorbeeld een *seamless roaming*-functionaliteit tussen slices⁶³ bij verschillende netwerken en daarnaast aan een *seamless roaming*-functionaliteit tussen netwerken van mobiele operators in Nederland en België⁶⁴.

Voor de gezondheidszorg is getest in 5Groningen⁶⁵ met 5G en ambulancevervoer. Hier werd gedurende de rit naar het ziekenhuis al met een specialist de patiënt beoordeeld, zie ook Hoofdstuk 3 in deze Monitorenditie. Maar ook de test met “een gehoorapparaat in de cloud” kon getest worden bij het Do IoT Fieldlab⁶⁶. Merk op dat bij zo’n soort toepassing, waar een landelijk gebruik (of zelfs breder) gewenst is, eerder een virtueel privaat netwerk ofwel slice-variant zinvol en haalbaar zal zijn dan een PGN-uitvoering.

In de Haven van Rotterdam⁶⁷ kijkt men naar 5G voor drones, *predictive maintenance*, beveiliging met camera’s, data analyse met AI, *asset tracking*, IoT-sensoren, en onbemande kranen en voertuigen.

Op vliegveld Schiphol werken de publieke netwerkaanbieders samen voor communicatie voor de reizigers en systemen⁶⁸. Op termijn zou 5G bijvoorbeeld ook gebruikt kunnen worden voor missie-kritische communicatie ter vervanging van portofoons (zie ook de voorjaareditie van dit jaar⁶⁹). Of dat dan via een netwerk slice gaat of via een andere vorm is nu nog niet bekend.

6.7 Non-Public netwerken en standaardisatie

Standaardisatie van 5G vindt plaats binnen het *3rd Generation Partnership Project* ofwel 3GPP⁷⁰. In dit orgaan wordt gesproken over niet-publieke netwerken of Non-Public Networks (NPN’s) om aan te geven dat deze bedoeld zijn voor specifieke gebruikers. Zoals al aangegeven, worden hier niet alleen volledig private netwerken bedoeld maar ook varianten waarbij deels gebruik gemaakt wordt van de infrastructuur van de aanwezige publieke netwerken.

6.7.1 3GPP

3GPP is een overeenkomst tussen diverse telecommunicatiestandaardisatie-organen, opgericht in 1998. Haar doel is om een wereldwijd toepasbaar technisch systeem en standaard te maken voor mobiele communicatiesystemen. Zo heeft 3GPP de standaarden

⁶³ <https://www.tno.nl/en/newsroom/insights/2022/04/how-5g-network-slicing-make-our-traffic/>

⁶⁴ <https://tweakers.net/reviews/11422/tno-werkt-aan-seamless-roaming-fysieke-eu-grenzen-zijn-weg-straks-ook-bij-5g.html>

⁶⁵ <https://www.tno.nl/nl/newsroom/2021/12/betere-triage-dankzij-5g-video-datafeed/>

⁶⁶ <https://doiiofieldlab.tudelftcampus.nl/beter-en-snel-geluid/?lang=nl>

⁶⁷ <https://www.portofrotterdam.com/nl/haven-van-de-toekomst/digitalisering/5g-in-de-rotterdamse-haven>

⁶⁸ <https://nieuws.schiphol.nl/schiphol-en-mobiele-operators-gaan-samenwerken-aan-nieuw-mobiel-netwerk/>

⁶⁹ TNO 2023 R11093, Hoofdstuk 4, blz. 17

⁷⁰ <https://www.3gpp.org/technologies/5g-system-overview>

ontwikkeld voor 3G- en 4G-mobiele netwerken en wordt er momenteel gewerkt aan 5G en zelfs voorgesorteerd op 6G. De werkzaamheden worden uitgevoerd in *releases*⁷¹.

In Release 15 (R15) zijn de NPN's geïntroduceerd en in R16 de varianten voor *public network integrated*- (PNI) NPN. De laatste vormen hybride netwerkarchitecturen tussen publieke en private netwerken, zie de eerdere architectuuropties 2 en 3. In R17 werd uitgebreid management van de NPN's toegevoegd. Momenteel wordt aan R18 gewerkt waar wederom verbeteringen aan NPN's worden geïntroduceerd.

6.7.2 Europese 5G-allianties

Naast 3GPP wordt ook binnen Europa aan 5G gewerkt vanuit 5G-Infrastructure Association (5G-IA⁷²) om Europa leidend te laten zijn in 5G-ontwikkelingen en -harmonisatie en vanuit de *5G Alliance for Connected Industries and Automation* (5G-ACIA⁷³) waar de industrie deelneemt om de belangen rond specifieke aspecten in het industriële domein te behartigen bij de 5G-standaardisatie en -regulering. Zo heeft 5G-IA half oktober 2023 een whitepaper⁷⁴ gepubliceerd over de innovaties in Industry 4.0 die worden mogelijk gemaakt door 5G 'and beyond'. Daarin wordt uit vragen aan de stakeholders duidelijk dat veel belangstelling bestaat voor Industry 4.0 en 5G op het gebied van optimalisering van resources, onderhoud, VR en efficiënte dataflow.

6.8 Concluderend

Private 5G-netwerken in alle varianten (standalone, als slice of in een hybride vorm) zullen belangrijk worden voor bedrijven en de interesse in de verschillende landen waaronder Nederland is dan ook groot. Hoewel met name Duitsland al eerder grootschalig gestart is, zit men vaak nog in een *proof-of-concept*-fase. Dit komt door het nog veelal ontbreken van 5G-enabled apparatuur. De verwachting is echter dat dit in 2024 snel gaat veranderen. Met het beschikbaar komen van spectrum voor private netwerken worden Nederlandse organisaties, bedrijven en de industrie in staat gesteld om op korte termijn private 5G-netwerken te realiseren en te operationaliseren.

⁷¹ <https://www.3gpp.org/technologies/npn>

⁷² <https://5g-ipp.eu/5g-infrastructure-association-5g-ia-a-step-forward-with-new-governance/>

⁷³ <https://5g-acia.org/>

⁷⁴ <https://5g-ipp.eu/wp-content/uploads/2023/10/Innovation-Trends-in-I4.0-enabled-by-5G-and-Beyond-Networks.pdf>