

ONGERUBRICEERD

Anna van Buerenplein 1
2595 DA Den Haag
Postbus 96800
2509 JE Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 00 00

TNO-rapport

TNO 2017 R11193 | 1.0

Facilitering missie-kritisch mobiel breedband voor het OOV-domein

Datum 20 oktober 2017
Auteur(s) ir A.H. van den Ende, ir H.J. Dekker, ir M.D.E. van der Lee
M.m.v.: dr I. Keesmaat, T. Dimitrovski

Exemplaarnummer
Oplage
Aantal pagina's 136 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen 7
Opdrachtgever Ministerie van Veiligheid en Justitie
Projectnaam HNM-Mobiel Breedband
Projectnummer 060.27227

Alle rechten voorbehouden.

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

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2017 TNO

ONGERUBRICEERD

Managementuittreksel

Titel : Facilitering missie-kritisch mobiel breedband voor het OOV-domein
Auteur(s): ir A.H. van den Ende, ir H.J. Dekker, ir M.D.E. van der Lee
M.m.v. dr I. Keesmaat, T. Dimitrovski
Datum : 20 oktober 2017
Opdrachtnr. : 060.27227
Rapportnr. : TNO 2017 R11193

Achtergrond

Politie, Brandweer, Ambulance en Defensie borgen met elkaar en ieder vanuit een eigen rol en verantwoordelijkheid de openbare orde en de veiligheid in Nederland. Voor die taakuitvoering is operationele communicatie en informatie-uitwisseling tussen professionals binnen dat gehele domein van essentieel belang omdat men te maken heeft met risico's voor de veiligheid van burgers, het eigen personeel en voor belangrijk materieel goed. De daarvoor benodigde dienstverlening op het gebied van mobiele communicatie moet daarom aan specifieke en stringente eisen voldoen ten aanzien van functionaliteit, kwaliteit en robuustheid van dienstverlening, betrouwbaarheid en gebruiksvriendelijkheid. Het huidige operationele C2000-systeem voldoet aan dergelijke eisen maar schiet tekort wat betreft de ondersteuning van (moderne) informatietoepassingen. Hoewel de levensduur van C2000 met de nu ingezette volledige *midlife-upgrade* wordt verlengd tot 2025, blijft dit een fundamentele beperking in het huidige systeem. Daarmee groeit de noodzaak voor een toekomstige volwaardige oplossing in de vorm van mobiele breedband dienstverlening voor missie-kritische OOV-doeleinden.

Een essentiële voorwaarde voor mobiele communicatie dienstverlening in het algemeen en voor OOV in het bijzonder is frequentieruimte. Deze is door technologische en maatschappelijke ontwikkelingen op het gebied van ICT schaars. De roep vanuit de OOV-sector op internationale schaal om meer eigen spectrum voor mobiele breedbandige missie-kritische communicatie bestaat al jaren. Echter, bestaande aanspraken op frequentieruimte staan al onder druk: op overheidsdiensten wordt juist een steeds groter beroep gedaan om het beschikbare spectrum steeds efficiënter te benutten en voor communicatie-toepassingen meer gebruik te gaan maken van commerciële dienstverlening.

Voor Nederland en diverse andere landen in Europa biedt de 700 MHz frequentieband, op basis van Europese afspraken, een kans voor een toekomstige exclusieve reservering van spectrum voor OOV-doeleinden waarbij een beroep kan worden gedaan op 2x5 + 2x3 MHz in die band. Dit valt samen met de voorgenomen veiling in 2019 van commercieel spectrum in diezelfde band, onder verantwoordelijkheid van het Ministerie van Economische Zaken. De aanstaande vernieuwde indeling van deze voor de OOV-sector belangrijke band maakt de tijd rijp voor het Ministerie van Veiligheid en Justitie (MinVenJ) om voor missie-kritische communicatiedienstverlening tot een zo duidelijk mogelijke strategie te komen met de daarbij behorende randvoorwaarden.

Vraagstelling aan TNO

Voor de nadere uitwerking van deze randvoorwaarden heeft MinVenJ aan TNO gevraagd om kennis op te bouwen inzake de volgende twee hoofdvragen:

1. Wat is de toekomstige verwachte behoefte van de OOV-sector m.b.t. spectrum in de 700 MHz band voor missie-kritische toepassingen binnen de OOV-sector in Nederland waarvoor mobiele breedband connectiviteit essentieel is?
2. Wat zijn de benodigde maatregelen om in deze behoefte te voorzien?

Hierbij is gevraagd een medegebruik arrangement met commerciële operators (zogenaamde hybride oplossing) te benchmarken ten opzichte van de optie van een geheel eigen netwerk. Een hybride model zou immers soelaas kunnen bieden bij het opvangen van pieken in de capaciteitsvraag die met het eigen spectrum niet of niet voldoende effectief kunnen worden opgevangen. Tevens is gevraagd om de actuele situatie in enkele omringende landen waaronder Duitsland en Frankrijk mee te nemen in de studie.

Gevolgte aanpak

Door TNO zijn de ontwikkeling in het optreden van hulpdiensten en het belang van ICT-middelen bij dat optreden in kaart gebracht, met specifieke aandacht voor mobiele informatietoepassingen. Hier is de OOV-sector actief bij betrokken geweest. Tevens zijn scenario's opgesteld die representatief zijn voor zowel dagdagelijks optreden van de hulpdiensten, als ook voor grote calamiteiten. De laatst genoemde scenario's zijn vooral van belang om een indruk te krijgen van de piekbehoefte aan communicatiecapaciteit en daarvan afgeleid, de piekbehoefte aan spectrum. Deze indicatieve capaciteits- en spectrumbehoefte is door TNO bepaald aan de hand van een eerder internationaal vastgestelde rekenwijze. Vervolgens is een verkennende studie uitgevoerd naar een hybride model voor missie-critische communicatie dienstverlening waarbij uitvoerig aandacht is uitgegaan naar vaststelling van de state-of-the art van de technologie, maar ook een aantal landenscans zijn uitgevoerd. Het inhoudelijke zwaartepunt van de studie heeft op techniek gelegen en in het bijzonder op capaciteitsaspecten.

Bevindingen

Het werk van de hulpdiensten wordt in toenemende mate informatie gestuurd en beïnvloed door informatie, een trend die ook maatschappijbreed aan de orde is. De ondersteunende rol van ICT toepassingen wordt daarmee ook groter. Dit resulteert in de ontwikkeling van een breed en deels kolom-specifiek portfolio van informatietoepassingen die in het dagdagelijkse werk van de OOV-professional wordt gebruikt en waaraan ook bij missie-critisch optreden behoefte is. Dit alles naast essentiële communicatie op basis van spraak. Voor de mobiele OOV-professional is daarom betrouwbare integrale communicatiedienstverlening met voldoende capaciteit en verbindingskwaliteit een noodzakelijke voorwaarde geworden in tal van werkprocessen en onder uiteenlopende omstandigheden, waar men zich ook in Nederland bevindt. De dataconsumptie in het OOV-domein zal de komende jaren, in lijn met de maatschappelijke trend, groeien met een geraamde groeifactor van 120 tot 140% per jaar. Een substantieel deel van de databehoeft en dito eisen aan verbindingskwaliteit zal vooral voortkomen uit het gebruik van beeld/video gebaseerde toepassingen. In het OOV-domein is de behoefte aan *upstream* capaciteit, d.w.z. vanuit de gebruiker richting het netwerk, relatief groot, in afwijking tot het algemene beeld.

Uitgaande van de toekomstige spectrumvoorziening voor OOV van 2x5 en 2x3 MHz in de 700 MHz band, wijzen resultaten van de uitgevoerde berekeningen van de capaciteitsbehoefte duidelijk in de richting van risico's op spectrumtekorten zeker in bijzondere omstandigheden (grotere geografisch geconcentreerde calamiteiten) en vooral in de upstream richting. Echter ook in normale omstandigheden moet al met dit risico rekening worden gehouden. Onze resultaten zijn qua grootte-orde wat betreft de tekorten in de upstream consistent met schattingen in diverse andere publicaties. Schattingen voor de downlink wijken af, maar houden verband met het al of niet inzetten van groepscommunicatie. Het risico op (flinke) spectrumtekorten, zelfs onder reguliere omstandigheden, stijgt duidelijk met een toenemend gebruik van toepassingen op basis van beeld (met name video). Deze trend zal zich in de afzienbare toekomst doorzetten. Tevens moet men rekening houden met inperkingen in het praktische gebruik van de 2x5 en 2x3 MHz banden. Met andere woorden, de netto praktisch beschikbare gereserveerde frequentieruimte is mogelijk kleiner dan de theoretische ruimte,

waarmee het spectrumtekort in de praktijk nog manifester zal zijn dan waar men mogelijk nu rekening mee houdt. Alleen met een substantieel verdicht radio-aansluitnetwerk kunnen risico's op ontoereikende datasnelheden en capaciteitstekorten worden vermeden. Dat is voor een toekomstig (eigen) OOV-netwerk met qua verkeer een groot verschil tussen gemiddelde vraag en piekvraag niet efficiënt. Derhalve pleit dit inderdaad voor een oplossingsrichting voor missie-kritische communicatiedienstverlening waarin wordt samengewerkt met een of meerdere commerciële mobiele operators.

Verkennd onderzoek naar hybride ontwikkelingen heeft uitgewezen dat hier door de industrie in samenwerking met stakeholders in diverse landen al interessante stappen zijn gezet. Die zijn gestimuleerd door de ontwikkelingen in 3G/4G-technologie die de laatste jaren ook nadrukkelijker zijn gericht op facilitering van het OOV-domein. De hybride oplossing laat de OOV-gebruiker in belangrijke mate meeliften op de dienstverlening van een commerciële operator en dan vooral betreffende het radio-aansluitnetwerk. Deze overlappende netwerken bieden belangrijke voordelen ten aanzien van geografische dekking en beschikbare capaciteit. Daarentegen voldoen de bestaande mobiele netwerken nog niet aan missie-kritische specificaties en zijn hybride oplossingen die op die mobiele netwerken gebaseerd zijn qua implementatie vrij complex. De huidige state-of-the art voorziet in een geïntegreerde oplossing in een samenwerking met 1 mobiele operator. Een model waarin op meerdere commerciële mobiele netwerken wordt geleund, wat wij voor missie-kritische dienstverlening essentieel achten, is eveneens haalbaar maar continuïteit van dienstverlening over netwerken van meerdere mobiele operators is nog een brug te ver.

De ontwikkeling van 5G-technologie biedt belangrijke kansen op langere termijn voor het OOV-domein. Ten eerste betreft dit de mogelijkheid om door toepassing van virtualiserings-technologie te kunnen beschikken over een eigen virtueel OOV-netwerk dat logisch volledig gescheiden is van andere (virtuele) netwerken en dus exclusieve dienstverlening mogelijk maakt aan OOV-cliënten. Ten tweede betreft dit een vergroting van de flexibiliteit wat betreft het afnemen van netwerkdiensten van meerdere mobiele operators tegelijkertijd. Een wenkend perspectief is een zo goed als volledige continuïteit van dienstverlening over meerdere netwerken. Het issue van de piek in de capaciteitsvraag kan worden opgevangen met een gelaagd en situatie-afhankelijk capaciteitsmodel. Daarbij wordt aanvullend op de met individuele operators overeengekomen capaciteitsreserveringen, een overschrijdende capaciteitsclaim door een collectief van landelijke operators opgevangen. Een dergelijk concept komt met 5G-technologie binnen handbereik. De ontwikkelingen rond 5G en slicing zijn in volle gang en zijn derhalve behept met onzekerheden over functionaliteiten en over de haalbaarheid in een missie-kritische context. Het inzicht van de industrie daarin staat nog in de kinderschoenen.

Hoezeer de mogelijkheden voor missie-kritische dienstverlening in een samenwerkingsmodel met mobiele operators ook toenemen, blijft de noodzaak aanwezig voor een geschikte *fall back/last resort* communicatie-oplossing.

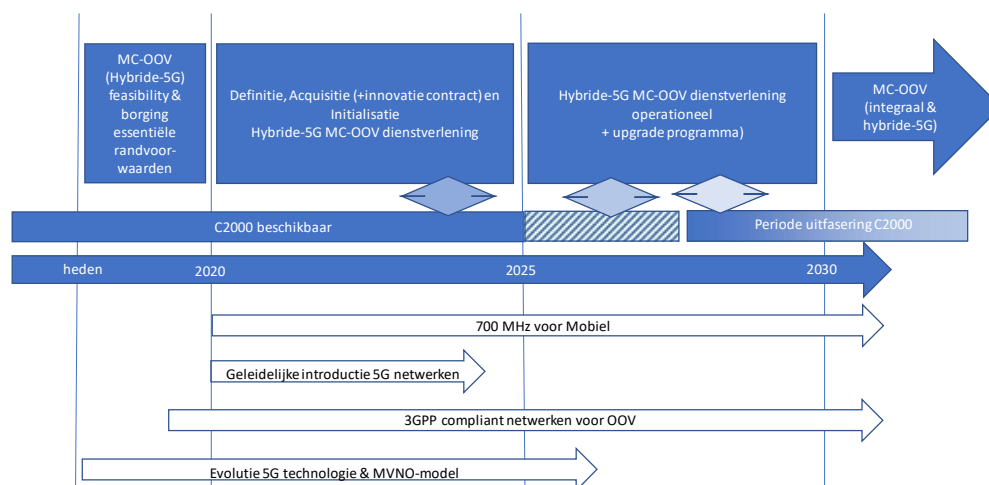
Voorgestelde oplossingsrichting

Op basis van de verkregen inzichten hebben we een oplossingsrichting voor missie-kritische communicatie dienstverlening aan de OOV-gemeenschap in Nederland vrij helder voor ogen. Die omvat een door de overheid zelf ingevulde of geïnstalleerde rol van integrale en multidisciplinaire communicatie dienstverlener, waarbij sterk wordt geleund op *wholesale* connectiviteitsdiensten met '*Capacity on Demand*' en QoS-garanties van meerdere landelijk opererende commerciële mobiele telecomoperators. Dit, aangevuld met eigen (in samenwerking met Defensie) flexibel inzetbare op LTE gebaseerde infrastructuur oplossingen als fall back of aanvulling, met eigen frequenties in de 700 MHz band en daarnaast

frequentieruimte in een nader te bepalen geschikte hogere frequentieband voor eventuele lokale concentratie van capaciteit. Een invulling waarbij sprake is van 1 preferente operator binnen het collectief van betrokken landelijke operators heeft enkele belangrijke efficiëntie- en synergievoordelen en heeft dus de voorkeur. Indien ondanks een aantoonbaar technisch realiseerbare en uitvoerbare oplossing de landelijke mobiele operators niet zelf in overleg met de overheid tot een invulling van dit arrangement als last resort maatregel kunnen komen via bijvoorbeeld een convenant, dan kan de overheid overwegen dit via wet- en regelgeving af te dwingen om onder exceptionele omstandigheden zekerheid van dienstverlening te bewerkstelligen. Medegebruik van de netwerken van mobiele operators voor missie-kritische dienstverlening omvat wat TNO betreft een landelijke constellatie van in overleg met de operators goed/slim gekozen opstelpunten binnen de bestaande radio-aansluitnetwerken die qua robuustheid op missie-kritisch niveau zijn gebracht. Daarbij kunnen de bestaande C2000-opstelpunten mee in beschouwing genomen worden.

Indien noodzakelijk zou al op kortere termijn (vanaf 2020) voor mobiele breedband datadiensten reeds op het beoogde hybride model kunnen worden voorgesorteerd op basis van 4G-technologie. De ontwikkelingen in 5G-technologie en in het bijzonder ten aanzien van slicing, ziet TNO echter als een kans om bovengenoemde oplossingsrichting op termijn volledig te realiseren. De betreffende technologische ontwikkelingen hebben minimaal ca. 5 jaar tijd nodig om volwassen te worden en vergen tevens actieve beïnvloeding vanuit de OOV-sector als 'business domain'.

De roadmap voor Nederland voor de realisatie van een op 5G-technologie gebaseerde missie-kritische communicatiedienstverlening voor de OOV-sector zien we op hoofdlijnen voor ons zoals hieronder weergegeven.



We onderscheiden een drietal opeenvolgende tijdvakken:

1. **Heden-2020:** Diepgaander en multidisciplinaire assessment van de haalbaarheid en vormgeving van een op 5G technologie gebaseerde hybride oplossing voor MC-OOV en de borging van een aantal voor dit model belangrijke randvoorwaarden.
2. **2020-2025:** De opstelling van het Programma van Eisen, uitvoering van een volledig tender traject, resulterend in de installatie en initialisatie van de nieuwe hybride oplossing voor missie-kritische communicatie dienstverlening. Belangrijk aspect is dat een roadmap en upgrade programma (innovatiecontract) deel uitmaakt van het

nieuwe contract. Ten tweede is van belang dat er rekening wordt gehouden met een functioneel relevante koppeling (spraak) met het bestaande C2000-netwerk.

3. **2025-2030:** De vernieuwde hybride en op 5G-technologie gebaseerde oplossing is operationeel. Er kan worden gekozen voor continuering van het upgrade programma ook na 2025 zodat men verantwoord kan meeliften op de door- en uitontwikkeling van 5G-technologie, ook voor OOV.

Visie op vervolg

Onze visie op de uitvoeringsagenda van MinVenJ voor de periode tot 2020 omvat de uitvoering van volgende hoofdactiviteiten waarbij dialoog met de markt, samenwerking met andere landen belangrijke ingrediënten zijn:

- Een multidisciplinaire (operationeel, techniek, techno-economisch, regulator en juridisch) assessment van de haalbaarheid van de oplossingsrichting als resultaat van dit verkennende onderzoek, namelijk een op 5G-technologie gebaseerd hybride model zoals hiervoor beschreven.
- Borging van belangrijke randvoorwaarden voor het hybride model, randvoorwaarden die enerzijds op wettelijk/regulatorisch terrein liggen en te maken hebben met een zelfstandige invulling van de operatorrol en met gebruikmaking van publieke mobiele netwerken, en anderzijds ook met de borging van commitment van de landelijke mobiele operators voor participatie in het voorgestelde model via een convenant of in het uiterste geval via wet- en regelgeving. Tot slot zal men ook diverse contracten en trajecten op dit gebied binnen het OOV-domein of zelfs breder binnen de overheid rond missie-kritische dienstverlening onderling moeten oplijnen.
- Beïnvloeding van belangrijke standaardisatie organen, en dan in het bijzonder 3GPP, ETSI en TCCA wat betreft OOV-specifieke eisen die in de 5G-ontwikkeling zouden moeten worden meegenomen. Het is van belang dat hier zoveel mogelijk met andere (Europese) landen kan worden opgetrokken.

Inhoudsopgave

	Managementuittreksel	2
	Lijst met afkortingen	9
1	Inleiding	11
1.1	Achtergrond	11
1.2	Vraagstelling	11
1.3	Aanpak.....	12
1.4	Structuur van dit rapport	13
2	Openbare Orde en Veiligheid in ontwikkeling	14
2.1	Inleiding	14
2.2	Wat is missie-kritisch?	14
2.3	Huidige mobiele communicatie- en informatietoepassingen	15
2.4	Operationele ontwikkelingen bij de hulpdiensten	16
2.5	Hoofdtrends voor mobiele communicatie van hulpdiensten.....	21
2.6	Ontwikkeling in groei van het mobiele dataverkeer	23
2.7	Eisen aan missie-kritische mobiele communicatie dienstverlening.....	25
3	Spectrumbehoefte voor Missie-kritische OOV	27
3.1	Inleiding	27
3.2	OOV-scenario's	27
3.3	Mix van OOV-communicatie en informatietoepassingen	28
3.4	Uitkomsten inschatting capaciteitsbehoefte	31
3.5	Netwerktechnologie	33
3.6	Uitkomsten Inschatting spectrumbehoefte	34
3.7	Benutting gereserveerd OOV-spectrum	38
3.8	Conclusies inschatting spectrumbehoefte	41
4	Facilitering MC-OOV diensten in hybride model	43
4.1	Inleiding	43
4.2	Eisen aan missie-kritische communicatiedienstverlening	43
4.3	Missie-kritische dienstverlening middels een commercieel landelijk netwerk	44
4.4	Dienstverlening middels een eigen exclusief missie-kritisch OOV-netwerk.....	53
4.5	Dienstverlening middels een hybride model.....	58
4.6	Omgaan met piekbehoefte in capaciteit	73
4.7	Landelijke constellatie van robuust gemaakte sites	77
4.8	Conclusies	78
5	Conclusies en visie op vervolg	79
5.1	Conclusies van het onderzoek	79
5.2	Voorgestelde oplossingsrichting.....	80
5.3	Visie op vervolg	82

Bijlage(n)

- A Calamiteitenscenario's
- B Analyse informatie over OOV-incidenten
- C Toelichting tabellen
- D Spraak
- E Air-Ground-Air
- F LTE versus TETRA
- G Slicing
- H Overzicht van betrokken en benaderde personen

Lijst met afkortingen

3G/4G/5G	Derde/Vierde/Vijfde generatie mobiele communicatietechnologie
3GPP	Third Generation Partnership Project
AC	Access Control
ACM	Autoriteit Consumenten en Markt
AGA	Air-Ground-Air
API	Application Programming Interface
ARP	Allocation and Retention Priority
BEREC	Body of European Regulators for Electronic Communications
BLM	Blue Light Mobile
BOS	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
BSB	Brigade Speciale Beveiligingsopdrachten
CBS	Centraal Bureau voor de Statistiek
CEPT	Conférence Européenne des administrations des Postes et Télécommunications
CN	Core Network
CoPI	Commando Plaats Incident
CSP	Communication Service Provider
DBBO	Defensie Bewakings- en Beveiligingsorganisatie
DCS	Data Collection Systems
DL	Down Link
DMO	Direct Mode Operation
DSL	Digital Subscriber Line
ECC	Electronic Communications Committee
ECG	Electro-Cardiogram
ENISA	European Union Agency for Network and Information Security
EODD	Explosieve OpruimingsDienst Defensie
ESMCP	Emergency Service Mobile Communications Programme
ESN	Emergency Services Network
ETSI	European Telecommunication Standards Institute
EU	Europese Unie
FEC	Forward Error Correction
GBR	Guaranteed Bit Rate
GMS	Gemeenschappelijk Meldkamer Systeem
GRIP	Gecoördineerde Regionale Incidentbestrijdings Procedure
HD	High Definition
HEVC	High Efficiency Video Coding
HSS	Home Subscriber Server
IMS	IP Multimedia Subsystem
LEWP	Law Enforcement Working Party
MC-OOV	Missie-kritische OOV
MDT	Mobiele Data Terminal
MHz	Mega Hertz
MinEZ	Ministerie van Economische Zaken
ICT	Informatie- en Communicatietechnologie
ID	Identiteit
IGO	Informatie Gestuurd Optreden

IMSI	International Mobile Subscriber Identity
InP	Infrastructure Provider
INPT	Infrastructure Nationale Partagée des Transmissions
KMAR	Koninklijke Marechaussee
LANES	LTE Advanced Network for Enterprise Services
LCMS	Landelijk Crisis Management Systeem
LTE	Long Term Evolution
M2M	Machine-to-Machine
MAA	Medical Air Assistance
ME	Mobiele Eenheid
MEOS	Mobiel Effectiever Op Straat
MIMO	Multiple Input Multiple Output
MinVenJ	Ministerie van Veiligheid en Justitie
MMT	Mobiel Medisch Team
MNC	Mobile Network Code
MNO	Mobile Network Operator
MOCN	Multi Operator Core Network
MVNO	Mobile Virtual Network Operator
NATRES	Korps NATionale REServe
NCV	Nood Communicatie Voorziening
NPSTC	National Public Safety Telecommunications Council
NPSBN	Nationwide Public Safety Broadband Network
OOV	Openbare Orde en Veiligheid
OvD	Officier van Dienst
PAMR	Public Access Mobile Radio
PCRF	Policy and Charging Rules Function
PDN-GW	Packet Data Network Gateway
PMSE	Programme Making and Special Events
PPDR	Public Protection and Disaster Relief
PTT	Push-To-Talk
QCI	QoS Class Indicator
QoS	Quality of Service
RAN	Radio Access Network
RBT	Regionaal BeleidsTeam
RF	Radio Frequentie
ROT	Regionaal Operationeel Team
RTIC	Real-time Intelligence Centre
SCEF	Service Capability Exposure Function
SDL	Supplementary Down Link
SDO	Standards Developing Organisation
SGW	Services Gateway
SIM	Subscriber Identity Module
SLA	Service Level Agreement
TEDS	TETRA Enhanced Data Service
TETRA	TERrestrial Trunked Radio
UL	Up Link
VRGZ	VeiligheidsRegio Gelderland-Zuid
VoLTE	Voice over LTE
VPN	Virtual Private Network
VS	Verenigde Staten
WRC	World Radio Conference

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Politie, Brandweer, Ambulance en Defensie borgen met elkaar en ieder vanuit een eigen rol en verantwoordelijkheid de openbare orde en de veiligheid in Nederland. Voor die taakuitvoering is operationele communicatie en informatie-uitwisseling tussen professionals binnen dat gehele domein van essentieel belang omdat men te maken heeft met risico's voor de veiligheid van burgers, het eigen personeel en voor belangrijk materieel goed. De daarvoor benodigde dienstverlening op het gebied van mobiele communicatie moet daarom aan specifieke en stringente eisen voldoen ten aanzien van functionaliteit, kwaliteit en robuustheid van dienstverlening, betrouwbaarheid en gebruiksvriendelijkheid. Het huidige operationele C2000-systeem voldoet aan dergelijke eisen maar schiet tekort wat betreft de ondersteuning van (moderne) informatietoepassingen. Hoewel de levensduur van C2000 met de nu ingezette volledige *midlife-upgrade* wordt verlengd tot 2025, blijft dit een fundamentele beperking in het huidige systeem. Daarmee groeit de noodzaak voor een toekomstige volwaardige oplossing in de vorm van mobiele breedband dienstverlening voor missie-kritische OOV-doeleinden.

Een essentiële voorwaarde voor mobiele communicatie dienstverlening in het algemeen en voor OOV in het bijzonder is frequentieruimte. Deze is door technologische en maatschappelijke ontwikkelingen op het gebied van ICT schaars. De roep vanuit de OOV-sector op internationale schaal om meer eigen spectrum voor mobiele breedbandige missie-kritische communicatie bestaat al jaren. Echter, bestaande aanspraken op frequentieruimte staan al onder druk: op overheidsdiensten wordt juist een steeds groter beroep gedaan om het beschikbare spectrum steeds efficiënter te benutten en voor communicatie-toepassingen meer gebruik te gaan maken van commerciële dienstverlening.

Voor Nederland en diverse andere landen in Europa biedt de 700 MHz frequentieband, op basis van Europese afspraken, een kans voor een toekomstige exclusieve reservering van spectrum voor OOV-doeleinden waarbij een beroep kan worden gedaan op 2x5 + 2x3 MHz in die band. Dit valt samen met de voorgenomen veiling in 2019 van commercieel spectrum in diezelfde band, onder verantwoordelijkheid van het Ministerie van Economische Zaken. De aanstaande vernieuwde indeling van deze voor de OOV-sector belangrijke band maakt de tijd rijp voor het Ministerie van Veiligheid en Justitie (MinVenJ) om voor missie-kritische communicatiedienstverlening tot een zo duidelijk mogelijke strategie te komen met de daarbij behorende randvoorwaarden.

1.2 Vraagstelling

Voor de nadere uitwerking van deze randvoorwaarden heeft MinVenJ aan TNO gevraagd om een studie uit te voeren naar de spectrumbehoefte voor de uitoefening van toekomstige missie-kritische OOV-taken. Het doel van de studie is tweeledig, namelijk:

1. De toekomstige behoefte van de OOV-sector te bepalen, concretiseren en onderbouwen m.b.t. spectrum in de 700 MHz band voor missie-kritische toepassingen binnen de OOV-sector in Nederland waarvoor mobiele breedband connectiviteit essentieel is;
2. De benodigde maatregelen om in deze behoefte te voorzien, in kaart te brengen.

Hierbij is gevraagd een medegebruik arrangement met commerciële operators te benchmarken ten opzichte van de optie van een geheel eigen netwerk. Tevens is het van belang om de actuele situatie in enkele omliggende landen waaronder Duitsland en Frankrijk mee te nemen in de studie.

1.3 Aanpak

De eerste stap betrof het in beeld brengen van ontwikkelingen in het optreden van hulpdiensten en het belang van ICT-middelen daarbij, in het bijzonder toepassingen waarvoor mobiel breedband van belang is. Naast desk research is ook een questionnaire opgesteld en zijn de responsies in onze bevindingen verwerkt. Daarna zijn onze inzichten op hoofdlijnen gevalideerd in een workshop met vertegenwoordigers uit het veld.

Daarnaast is een analyse verricht van informatie over incidenten in Nederland en zijn tevens een tweetal calamiteitenscenario's ontwikkeld als basis voor de bepaling van een indicatie van de capaciteits- en spectrumbehoefte onder respectievelijk reguliere en bijzonder omstandigheden. De door de ECC in ECC Report 199 voorgestelde rekenwijze is onderzocht en vervolgens geadopteerd voor de berekening van de capaciteits- en spectrumbehoefte voor de genoemde scenario's. De scenario's zijn in de eerder genoemde workshop met vertegenwoordigers besproken.

Het derde blok is een verkennende studie geweest naar een hybride model voor missie-kritische communicatie dienstverlening. Naast desk research zijn enkele fabrikanten benaderd voor een gesprek en aanvullende informatie. Tevens is de situatie verkend in een aantal landen, binnen en buiten Europa. Enkele van deze landenscans zijn versterkt met informatie uit telefonische interviews met relevante personen. Tevens is informatie gebruik welke is aangereikt tijdens een stakeholder workshop van het Europese Broadmap project in april dit jaar. Tot slot zijn op specifieke onderwerpen met name rond 5G interne experts geraadpleegd waarvan enkel ook betrokken zijn bij het 3GPP-standaardisatie proces.

Voor de begeleiding tijdens de studie is door het Ministerie van VenJ een klankbordgroep geformeerd met vertegenwoordiging van het Ministerie en van de OOV-kolommen.

De voorlopige bevindingen zijn gepresenteerd aan vertegenwoordigers uit het veld, aan beleidsmedewerkers van de beide Ministeries VenJ en EZ, en aan het CIO-beraad VenJ. Opmerkingen zijn meegenomen in de opstelling van dit rapport.

1.4 Structuur van dit rapport

In hoofdstuk 2 wordt een overzicht van relevante ontwikkelingen in het OOV-domein gepresenteerd met bijzondere aandacht voor (missie-kritische) toepassingen die om mobiel breedband connectiviteit vragen. Hoofdstuk 3 is gewijd aan de uitkomsten van de op de ECC Report 199 geënte capaciteits- en spectrumberekeningen, op basis van de ontwikkelde scenario's. Veel aanvullende informatie in de scope van Hoofdstuk 3 is in bijlagen A t/m F opgenomen. Hoofdstuk 4 is een uitvoerig hoofdstuk en geheel gewijd aan missie-kritische communicatiedienstverlening op basis van een hybride model. Appendix G hoort bij dit hoofdstuk en geeft aanvullende en voor dit rapport relevante informatie over 5G-technologie (Engelstalig). Hoofdstuk 5 bevat de conclusies van de studie en beschrijft de voorgestelde oplossingsrichting en onze concrete visie op het vervolg. Appendix H bevat een overzicht van personen die wij tijdens de studie hebben gesproken.

2 Openbare Orde en Veiligheid in ontwikkeling

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk staan we stil bij het huidige en toekomstig te verwachten gebruik van mobiele communicatie- en informatietoepassingen in de OOV-sector. Het hoofdstuk sluit af met een kernachtig overzicht van eisen aan toekomstige missie-kritische dienstverlening. De inzichten zijn verkregen op basis van literatuur onderzoek en uitkomsten van een questionnaire, aangevuld met eigen inzichten binnen TNO.

2.2 Wat is missie-kritisch¹?

Deze studie richt zich op de spectrumbehoefte voor missie-kritische toepassingen binnen de OOV-sector. Maar wat wordt nu eigenlijk verstaan onder missie-kritische toepassingen? De term wordt tegenwoordig in meerdere sectoren gebezigd, maar als we ons beperken tot OOV, dan worden missie-kritische operaties gedefinieerd² als operaties waarbij mensenlevens en/of kans op grote materiële schade aanwezig is, dan wel waarbij de openbare orde in het geding is. Een toepassing beschouwen we als missie-kritisch als uitval ervan al binnen het tijdsbestek van minuten tot hooguit een uur kan leiden tot een verstoring van een missie-kritische operatie.

Voorbeelden van missie-kritische toepassingen zijn dan spraakcommunicatie via C2000, mobiele dataterminalgebruik in tankautosputten of doorgifte van een hartfilmpje van een patiënt vanuit de ambulance naar de artsen in het ziekenhuis. Administratieve toepassingen zijn over het algemeen voorbeelden van niet-missie-kritische toepassingen, denk aan ritregistraties van de ambulance, het opnemen en doorgeven van aangiftes door de politie. Deze zijn weliswaar belangrijk voor de bedrijfsvoering, maar niet direct voor een missie-kritische operatie. Men kan zich voorstellen dat ook onder operationeel meer-eisende omstandigheden applicaties voor de administratieve bedrijfsvoering een lagere prioriteit hebben en houden. Echter lang niet alle applicaties zijn zo duidelijk te onderscheiden in wel of niet missie-kritisch.

Daarbij moet worden opgemerkt dat nieuwe digitale toepassingen nogal eens worden geïntroduceerd als niet-missie-kritische pilot. Organisaties raken echter snel gewend aan nieuwe ICT-diensten met werkelijk toegevoegde waarde en gaan deze meer en meer toepassen in hun werkwijzen, waardoor de organisatie er als vanzelf ook meer-en-meer afhankelijk van wordt. Het mogelijk gevolg is dat een niet-missie-kritisch ICT-hulpmiddel zich in de loop van de tijd ontwikkelt tot een *critical asset*.

¹ In dit rapport wordt zoveel mogelijk de Nederlandse taal gehanteerd, maar wordt op een aantal plaatsen ook de afkorting MC (Mission Critical) gebruikt.

²Definitie LEWP: "*Mission critical operations*" for PPDR organisations address situations where human life and goods (rescue operations, law enforcement) and other values for society are at risk, especially when time is a vital factor. This means we define 'mission critical information' as the vital information for PPDR to succeed with the operation.

Definitie *Public Safety Communications Europe*: "situations where human life, rescue operations and law enforcement are at stake"

Een ander punt is dat omstandigheden zich snel kunnen ontwikkelen van rustig naar bedreigend of gevaarlijk, waarin het handelen een missie-kritisch karakter krijgt. Het kan dan zijn dat een bepaalde webapplicatie in de initiële rustige fase nog niet het label missie-kritisch verdient, maar in de fase daarna wel, omdat via dezelfde webapplicatie een cruciale informatie kan worden ingewonnen. Een dergelijk tijdsafhankelijke beoordeling is uiteraard niet werkbaar. Applicaties die onder alle omstandigheden belangrijk zijn, zouden uit voorzorg in de categorie missie-kritisch moeten worden ingedeeld.

2.3 Huidige mobiele communicatie- en informatietoepassingen

De huidige mobiele communicatie- en informatietoepassingen zijn samengevat weergegeven in onderstaande tabel. Het C2000-netwerk wordt vooral gebruikt voor spraak en een deel van de voertuiglocatiedoorgifte. P2000 wordt gebruikt voor alarmering/paging en de overige toepassingen maken gebruik van diverse commerciële providers voor mobiele telefonie.

Tabel 2-1: Overzicht van huidige mobiele communicatie- en informatietoepassingen

Toepassings-categorie	Ambulance	Brandweer	Politie	Defensie (KMar)
<i>Spraak</i>	X (vnl. C2000)	X (vnl. C2000)	X (vnl. C2000)	X (vnl. C2000)
<i>Locatiedoorgifte</i>	X	X	X	X
<i>Statusgegevens voertuigen</i>	X (uitlezen CAN-bus voertuig en status apparatuur via Ambulance voertuig-volgsysteem)	X (status inzet via C2000)		
<i>Video</i>			X (bodycams en beelden vanuit de politiehelikopter naar de meldkamer)	X (KMAR: beeld vanuit de voertuigen en luchtvaartuig voor bewaken en beveiligen en voor opsporing, observatie en aanhouding)
<i>Operationele informatie</i>	X (Doorgifte patiëntgegevens en actuele medische data zoals ECG, defibrillator)	X (doorgifte objectgegevens via MDT, commando-voerings-informatie bij grote incidenten via LCMS)	X (doorgifte GMS melding)	X (diverse applicaties voor commando-voering en bedrijfsvoering)
<i>Online database bevragingen</i>		X (database voertuigen t.b.v. hulpverlening)	X (MEOS: toegang tot politieregisters)	X (EODD-BDS: bomincident-registratie) Gebruik van iPhone

Toepassings-categorie	Ambulance	Brandweer	Politie	Defensie
<i>Overig</i>	X (ambulancezorg app: naslaginformatie, nieuwsberichten, vertalen en ID-scaninstallatie Priodeck: beïnvloeding verkeersinstallaties)	X (beïnvloeding verkeersinstallaties)		

2.4 Operationele ontwikkelingen bij de hulpdiensten

2.4.1 *Meldkamer: Van meldkamer naar informatieknooppunt*

De multidisciplinaire meldkamer kent tal van specifieke werkprocessen die worden ondersteund met ICT-middelen die in de markt voorhanden zijn. De meldkamer zal de mens op straat meer en meer gaan voorzien in zijn informatiebehoefte. Daarbij zal een verruiming plaatsvinden van de informatievormen die worden uitgewisseld. Waar communicatie nu nog veelal beperkt is tot spraak, zal de meldkamer de mogelijkheid gaan krijgen om meldingen ook te ontvangen op basis van tekst en beeldmateriaal, bijvoorbeeld in de vorm van social-mediaberichten. De meldkamer zal dit kunnen doorzetten naar individuele of groepen van hulpverleners. Ook sensorinformatie van hulpdiensten, zoals bijvoorbeeld de beelden van de politiehelikopter, zullen doorgezet gaan worden naar andere hulpverleners die deze informatie kunnen gebruiken. Het aanbieden van precies de juiste (hoeveelheid) informatie op precies het juiste moment is hierbij de grootste uitdaging. Door het gebruik van *Artificial Intelligence*, *Big Data* en *Predictive Analytics* technieken zal dit ook steeds meer geautomatiseerd plaatsvinden.

2.4.2 *Politie: Informatiegestuurd optreden*

Bij de politie wordt het in het kader van de digitalisering van operationele processen steeds meer mogelijk om kantoorwerkzaamheden op straat uit te voeren, en dat wordt ook steeds meer van functionarissen verwacht. Zowel bij de middelen die de politie zelf gebruikt als bij de criminelen (verschuiving van traditionele criminaliteit naar cybercriminaliteit) als ook bij de burgers (informatie-uitwisseling via social media)³.

Het optreden van de politie zal ook steeds meer informatiegestuurd worden (Informatiegestuurd optreden IGO) dat wil zeggen dat informatie en kennis worden verzameld en geanalyseerd om op basis van overzicht, inzicht en vooruitzicht beslissingen te nemen over de aanpak van veiligheidsproblemen⁴.

Met de recente uitrol van het MEOS- (Mobiël Effectiever op Straat) systeem is het mogelijk geworden om op straat digitale registers te raadplegen en administratieve handelingen te verrichten.

³ Informatiegestuurd politiewerk in de praktijk, den Hengst e.a., 2017)

⁴ Dit is de definitie van informatiegestuurd optreden (p.23, Informatiegestuurd politiewerk in de praktijk, ...)



Figuur 2-1: Functionaliteit van het MEOS-systeem

Eind 2016 waren bijna 30.000 (red: van de ongeveer 50.000) politiemedewerkers uitgerust met MEOS⁵. In de toekomst zou het MEOS uitgebreid kunnen gaan worden met extra functionaliteit. “Bij een vechtpartij zou je ter plekke een foto kunnen maken van het letsel, een korte gesproken verklaring van de aangever opnemen en een gesproken getuigenverklaring van de portier. Alle identiteiten stel je vast met de scanner van de smartphone. Met al deze informatie kan al een beslissing genomen worden voordat de verdachte op het bureau is en beschik je al over een groot deel van de gegevens voor je digitale dossier. Zo ver zijn we nog niet, maar het is een kwestie van tijd⁶.”

2.4.3 Politie: Sensing en bodycams

Met sensing wordt bedoeld: het doen van waarnemingen, gebruik makend van technische hulpmiddelen⁷. Door de groei van mogelijkheden om op veel plaatsen toegang te hebben tot mobiel breedband data en door de opkomst van nieuwe manieren om de informatie te presenteren aan gebruikers (smartphones, google glass achtige brillen, smartwatches, ...) kan steeds meer, sneller en betrouwbaarder informatie gehaald worden bij de informatiebronnen en gebracht worden tot aan de man op de straat. De politievisie op sensing verwoordt dit als: “Informatie-gestuurd optreden wordt vergemakkelijkt, omdat de drager taak, plaats en tijdrelevante informatie krijgt...”.

De ontwikkelingen zullen er toe leiden dat enerzijds de agent op straat meer relevante informatie krijgt afkomstig van eigen sensoren en bronnen uit de eigen

⁵ Bron: Jaarverantwoording politie 2016, p. 43.

⁶ Bron: Ciska de Vogel, brigadier in Oost-Nederland, <http://socialmediadna.nl/meos/>

⁷ Bron: *Visie op sensing*, Politie

politie/meldkamerlijn, maar ook informatie afkomstig van private sensoren. Denk bijvoorbeeld aan informatie die een agent mogelijk kan opvragen uit track en trace systemen voor demente ouderen bij een vermissing. Anderzijds zal het ook steeds meer voorkomen dat experts en extra mankracht op afstand de agent zullen ondersteunen. Het opvolgen op basis van aansturing door de meldkamer zal steeds meer verschuiven naar acteren vanuit het eigen handelingsperspectief, waarbij de agent wordt ondersteund door real-time intelligence centers (RTIC) en door informatie vanuit de samenleving zelf⁸.

Een specifieke vorm van *sensing* is de bodycam waarmee vooral door de politie al volop wordt geëxperimenteerd. De focus van het gebruik ligt momenteel bij evenementen en horeca-agenten. De dragers zijn vooral ME, beredden en bikers. Het gaat dus om specifieke situaties en specifieke soorten dragers. Het aantal gebruikers van bodycams ligt (eind 2016) op 'enkele honderden'⁹. Gezien het aantal experimenten met bodycams en de aandacht ervoor is het te verwachten dat het aantal gebruikers en het aantal situaties waar bodycams wordt ingezet, zal toenemen. Niet alle gebruik van bodycams legt direct beslag op mobiele dataverbindingen want vaak zullen de beelden lokaal worden opgeslagen op de bodycam en op een later moment via een draadverbinding worden overgezet op computers. Een keuze voor het draadloos faciliteren van de opslag zal tot een grote toename van het dataverkeer leiden. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat het dan waarschijnlijk niet zal gaan om missie-kritische informatie. Het daadwerkelijk live meekijken door de commandovoering is nu veelal beperkt tot evenementen en grootschalig optreden van de politie, waarbij dan een rechtstreekse verbinding is met een commandopost, waar de beelden worden bekeken. De bedoeling is dat de commandant de politie-inzet optimaal op de situatie kan afstemmen doordat de bodycambeelden een goed situatiebeeld geven¹⁰.

2.4.4 *Politie: Intensiever contact met burgers*

Door het beschikbaar hebben op locatie, bij het eerste contact, van alle relevante informatie over de persoon en locatie kan ook een betere dienstverlening en handhaving plaatsvinden. Dit komt omdat snel de juiste vragen kunnen worden gesteld aan de omgeving en een betere communicatie met de burgers kan worden bewerkstelligd. Het voorbeeld van de aanpak in Purmerend om niet meer standaard aangiftes op te nemen maar proberen samen met de burger een oplossing voor hun problemen te vinden, kan hierbij illustratief zijn¹¹.

Verder zal er steeds meer informatie vanuit de burgers worden aangeleverd. Steeds meer netwerken van burgers worden opgericht die de handhaving en opsporing ondersteunen (buurt WhatsApp groepen, Burgernet, AmberAlert).

2.4.5 *Brandweer: Informatiegestuurd werken*

Hoewel, ingezet door de visie Brandweer over Morgen uit 2010¹², een verschuiving in gang is gezet van voorheen vooral repressief optreden van de brandweer naar meer preventief optreden, blijft repressie toch wel één van de hoofdtaken van de

⁸ Bron: *Informatiegestuurd politiewerk in de praktijk*, den Hengst e.a., 2017

⁹ Bron: *De mogelijke meerwaarde van bodycams voor politiewerk*, S. Flight, 2017

¹⁰ Bron: *De mogelijke meerwaarde van bodycams voor politiewerk*, S. Flight, 2017, pag 96.

¹¹ Bron: <https://nos.nl/artikel/2182339-70-procent-minder-aangiften-in-purmerend-doet-de-politie-het-helemaal-anders.html>

¹² Bron: <https://www.brandweer.nl/ons-werk/brandweer-over-morgen>

brandweer. Daarnaast spelen er talrijke ontwikkelingen op het gebied van informatievoorziening. Trends daarin zijn het continue beschikbaar willen hebben van relevante achtergrondgegevens en actuele incidentgegevens op de tankautosputten, bij de officieren van dienst en in de meldkamer. Ook modelberekeningen om het verloop van een incident te voorspellen, worden belangrijker.

Net als bij de politie legt men feitelijk steeds meer de nadruk op informatie-gestuurd werken, al gebruikt men hier andere temen voor zoals "business intelligence" en het ontwikkelen van een "sterke informatiepositie"¹³. Hierbij speelt ook een toenemend gebruik van sensoren voor de monitoring van de omgeving en infrastructuur, en voor het monitoren van de toestand en directe omgeving van het eigen personeel. (gevaarindicaties/gezondheidsmonitoring bij inzet). Ook voertuigen worden steeds meer uitgerust met sensoren (continue locatie- en bewegingsstatus).

Inzet van dash-cams en omgevingscams en drones is in opkomst, vooral om de beeldvorming van het incident op afstand te verbeteren. Drones en robots kunnen de brandweer helpen bij het opsporen, monitoren en bestrijden van branden, het opsporen van chemische stoffen of het vinden van drenkelingen¹⁴.

Voor de beeldvorming en oordeelsvorming bij grote incidenten en rampen wordt het LCMS systeem gebruikt op het niveau van Commandant Plaats Incident (CoPI), en het Regionaal Operationeel Team (ROT). Dit systeem zal binnenkort ook worden uitgerold bij Officieren van Dienst (OvD's) in voertuigen via een mobiele dataverbinding.

2.4.6 *Ambulancezorg: Ziekenhuis aan boord*

Naast het uitwisselen van administratieve- en management gegevens is de afgelopen jaren een trend ingezet bij de ambulancezorg naar meer medisch apparatuurgebruik op straat met bijbehorende informatie-uitwisseling (vb: echo en bloedsamples op straat). Ook wordt steeds meer gebruik gemaakt van het extern raadplegen van informatiebronnen, waaronder medische patiëntinformatie, en wordt steeds meer informatie van de patiënt alvast vanuit de ambulance naar het ziekenhuis verstuurd. Denk aan medische vooraankondigingen en medische rapportages inclusief hartfilms.

Daarnaast wordt een ontwikkeling voorzien naar meer medische ondersteuning op afstand. Om een kwalitatief betere zorg te kunnen aanbieden lijkt een ontwikkeling als het TeleNotArzt¹⁵ uit Duitsland ook in Nederland denkbaar. Hierbij worden medische gegevens van de patiënt op afstand door een expert beoordeeld en geeft deze live advies aan de ambulancemedewerkers.

¹³ Bron: Landelijke agenda brandweezorg, Brandweer Nederland, februari 2017

¹⁴ Bron: www.brandweer.nl/ons-werk/drones-bij-de-brandweer

¹⁵ Bron: www.telenotarzt.de



Figuur 2-2: Trend naar meer medische ondersteuning op afstand

2.4.6.1 Defensie

Binnen Defensie werken naast de Koninklijke Marechaussee (KMAR) als grootste gebruikersgroep ook andere doelgroepen met C2000 (zoals Explosieven Opruimingsdienst (EODD), bedrijfsbrandweren, defensie bewakings- en beveiligingsorganisatie (DBBO), Korps Nationale Reserve (NATRES) en de brigade speciale beveiligingsopdrachten (BSB)). Het C2000 is hierbij niet het enige communicatie middel dat gebruikt wordt. Binnen de verschillende defensieonderdelen zijn meerdere typen communicatie middelen in gebruik die ook buiten de landsgrenzen en in andere gebruikersomstandigheden gebruikt worden. Het gebruik van C2000 in Nederland richt zich wel op het domein van veiligheid en de samenwerking met andere veiligheidspartners.

Bij de KMAR en BSB is, vergelijkbaar met de politie, sprake van een trend naar meer informatiegestuurd optreden (IGO) en daarmee meer mobiel werken. In het kader van IGO zijn bij de KMAR ca. 4000 smartphones ingevoerd om als basis voor het mobiele werken te kunnen dienen. De ambitie is om uiteindelijk daarmee de bevraging van registers mogelijk te maken. Niet alleen de KMAR-registers, maar ook registers van ketenpartners en internationale partners. Verder is de ambitie om via de smartphone aansturinginformatie ook deels digitaal te verspreiden als aanvulling op de spraakcommunicatie. Men wil tevens informatie toegankelijk maken die voorheen alleen "op kantoor" toegankelijk was zoals toegang tot administratieve systemen en procedures/achtergronddocumenten.

Bij de EODD werkt men mobiel met iPads voor de registratie van meldingen van explosieven en voor de administratie van uitvoeringsopdrachten en heeft men toegang tot politiestystemen voor de registratie van incidenten met explosieven.

Voor het bewaken van defensie terreinen wordt van C2000 gebruik gemaakt door de DBBO. De Luchtmacht gebruikt ook een op TETRA gebaseerd systeem (MOTEL AF) (Mobiele Telefonie Airforce) dat op de rol staat om vervangen te worden door een op LTE gebaseerd systeem. Compatibiliteit tussen deze systemen en die van de OOV

ketenpartners verdient daarbij aandacht. De vervanger van het MOTEL AF dient ook in het buitenland te gebruiken zijn.

2.5 Hoofdtrends voor mobiele communicatie van hulpdiensten

Uit het voorgaande overzicht van de ontwikkelingen bij de individuele hulpdiensten kunnen we vijf hoofdtrends onderscheiden die relevant zijn voor de omvang van de toekomstige mobiele communicatiebehoefte:

1. Mobiele spraakcommunicatie is en blijft belangrijk
2. Toename statusgegevens voertuigen en personeel
3. Sterke groei in video en foto's
4. Groei in draadloze beschikbaarheid van operationele informatie en online database transacties
5. Groei in gebruik van sensoren en automatische intelligente systemen

2.5.1.1 *Mobiele spraakcommunicatie blijft belangrijk*

Ondanks een toenemende behoefte aan multimediale informatie-uitwisseling, een mix van tekst, beeld, spraak en video, is de verwachting dat spraakcommunicatie via spraakgroepen onverminderd belangrijk blijft en dat de aanvullende mediavormen waarmee informatie wordt uitgewisseld nauwelijks zullen leiden tot een vermindering van de hoeveelheid spraakcommunicatie.

2.5.1.2 *Toename statusgegevens voertuigen en personeel*

Op dit moment worden de positiegegevens van alle hulpverleningsvoertuigen doorgegeven aan de meldkamer. Bij ambulances worden ook andere voertuiggegevens en de status van apparatuur (zoals koelkasttemperatuur) doorgegeven. Bij de brandweer wordt met een knop op de mobilfoon de status van de inzet doorgegeven (uitgerukt, ter plaatse, etc.). Bij het trekken van een wapen gaat ook een melding naar de meldkamer.

Aangenomen wordt dat de hoeveelheid verzonden statusinformatie de komende jaren zal groeien omdat ook de posities van te voet optredend personeel mogelijk zullen worden uitgewisseld en omdat naast positie-informatie ook andere voertuiginformatie beschikbaar zal komen, zoals nu al het geval is bij de ambulancedienst.

2.5.1.3 *Sterke groei in video en foto's*

De huidige groei in de uitwisseling van beeldmateriaal (video/foto's) zal zich naar verwachting voortzetten. De grootste groei wordt verwacht als gevolg van het mogelijk maken van de doorgifte van multimediate data naar meldkamers en door het toepassen van body- en dashcams bij vooral de politie maar ook bij de brandweer. Daarnaast wordt ook een groei verwacht in het gebruik van overzichtscamera's bij grote incidenten om de meldkamer en bestuurlijke- en operationele teams een goed situatiebeeld te bieden. Dit kunnen camera's zijn die op straatniveau worden toegepast, maar het gebruik van drones voor overzichtsbeelden zal ook gaan toenemen. Tevens zullen naar verwachting video-teleconferencing mogelijkheden (zoals Skype, Facetime) vaker worden gebruikt tussen hulpverleners. Op de meldkamer wordt een grote groei verwacht doordat burgers naast spraak ook zeer waarschijnlijk de mogelijkheid zullen krijgen om via andere media dan spraak de meldkamer te voorzien van informatie (data, video, foto, wijk-whatsapp). De meldkamer zal deze beeldinformatie moeten filteren en dit dan doorsturen naar de

hulpverleners op straat. Verder lijkt het aannemelijk dat er behoefte bestaat om beelden van de politie-heli en van bewakingscamera's (die nu niet of alleen op de meldkamer te zien zijn) doorgestuurd kunnen worden naar de mensen op straat.

Het gebruik van beeld- en videotoepassingen bevindt zich in het operationele werk in een stadium van experimenteren: het externe aanbod van videobeeld is dramatisch toegenomen en het is ook zeer gemakkelijk geworden om zelf (live) beeldmateriaal te genereren. Werkenderwijs ontdekt men wat niet werkt en wat wel, en hoe het de operationele activiteiten kan ondersteunen. Het is een echte bottom-up ontwikkeling die wordt gestimuleerd door toenemende technische mogelijkheden die ook betaalbaar zijn, voor iedereen en dus ook voor OOV-functionarissen. De verwachting is dat het gebruik van beeldmateriaal in verscheidene vormen geleidelijk aan een onlosmakelijk onderdeel zal worden van het operationele werk en dat steeds meer mensen er mee zullen werken. Onder omstandigheden dat capaciteit schaars is, zal er een bepaalde zelfregulering plaatsvinden, maar het gebruik van deze informatie zal niet meer weg te denken zijn in het operationele optreden.

2.5.1.4 *Groei in draadloze beschikbaarheid van operationele informatie en online database transacties*

De trend om operationele informatie overal en altijd beschikbaar te krijgen is al gaande en zal naar verwachting doorzetten. Bij de politie is met de invoering van MEOS al een flinke stap gezet om het "kantoor op straat" te realiseren door allerhande online databasebevestigingen vanaf een smartphone te kunnen uitvoeren. De KMAR heeft de smartphone beschikbaar gesteld aan het personeel met vergelijkbare functionaliteit (echter nog beperkt qua applicaties). De brandweer maakt al op grote schaal gebruik van Mobiele Dataterminals om bereikbaarheidskaarten en aanvalsplannen van objecten te kunnen raadplegen in de voertuigen, en ook om snel toegang te krijgen tot belangrijke informatie uit databases (denk bijvoorbeeld aan crash-recovery systemen om eigenschappen van airbags te achterhalen bij verkeersongevallen). Er wordt een behoefte voorzien om deze informatie meer actueel te verkrijgen (dynamische en live beeldvorming) en om objectinformatie op een meer gedetailleerd niveau te kunnen gebruiken (meer details, verschuiving van 2D naar 3D objectinformatie en toepassing van *augmented reality*¹⁶). Bij de brandweer wordt daar al mee geëxperimenteerd waarbij geoefend wordt in een virtuele 3D-omgeving van in dit geval een ziekenhuis.

De rol van de meldkamer lijkt te gaan veranderen van een meldkamer naar een informatieknooppunt waarbij de mens op straat meer en meer door de meldkamer worden voorzien in hun informatiebehoefte.

2.5.1.5 *Groei in gebruik van sensoren en automatische intelligente systemen*

Verder zal het gebruik van ten eerste sensoren¹⁷ en ten tweede automatische intelligente systemen (unmanned vehicles, drones en robots) verder toenemen.

¹⁶ Bij *augmented reality* wordt aan het reële beeld een synthetisch beeld toegevoegd met bijvoorbeeld specifieke informatie over elementen in het reële beeld.

¹⁷ Bij sensoren kan gedacht worden aan sensoren "in het veld" als ook op het lichaam om gezondheid van hulpverleners of gevaren die hen bedreigen te kunnen waarnemen.

Sensoren zijn van belang om het waarnemende vermogen van eenheden en van systemen te vergroten en daarmee het situatiebeeld te vergroten. Wat betreft sensoren moet men denken aan:

1. Biosensoren (sensoren op het lichaam, zoals "man-down-sensor");
2. Omgevingssensoren;
3. IoT-sensoren;
4. Intelligente netwerken van sensoren.

Automatische intelligente systemen (robots in allerlei uitvoeringen) die op afstand bestuurbaar of autonoom zijn, zullen steeds vaker worden ingezet voor taken die voor mensen moeilijk of gevaarlijk zijn of waarbij het risico op ontdekking te groot is. Concreet moet men denken aan:

- Autonome/automatische voertuigen
- Remotely Piloted Vehicles
- Inspectie-, surveillance- en blusrobots (moeilijk bereikbare of voor de mens onveilige locaties)
- Robot zwermen (lange termijn)

Bij deze systemen dient men zich te realiseren dat deze ook eigen (hoge) eisen met zich mee gaan brengen wat betreft draadloze connectiviteit, in termen van bandbreedte, netwerkvertragingstijd en betrouwbaarheid.

2.6 Ontwikkeling in groei van het mobiele dataverkeer

Er zijn gegevens bekend over de verwachte groei van het mobiele dataverkeer, maatschappijbreed en in het business domein als belangrijke deelverzameling. Men moet voorzichtig zijn deze gebundelde cijfers ook direct van toepassing te verklaren op individuele sectoren, maar het zal duidelijk zijn dat er tenminste een duidelijke correlatie zal zijn tussen de ontwikkeling van de vraag in het business domein met die in een specifieke professionele sector als het OOV-veld. De eerder beschreven ontwikkelingen op toepassingsniveau geven geen enkele aanleiding te veronderstellen dat dit sterk van elkaar zal afwijken.

Cisco VNI voorspelt voor West-Europa wat betreft mobiele data in het zakelijke segment over de gehele periode 2016-2021 een groeifactor van 5,5, wat neerkomt op een jaarlijkse groeifactor van 1,4. In 2016 was deze groeifactor overigens gelijk aan 1,5¹⁸. De maatschappij-brede groeifactor die voor de periode 2016-2021 wordt voorspeld bedraagt 1,42 en wijkt dus nauwelijks af van de groeifactor in het zakelijke segment. Het is ook interessant om kennis te nemen van de verdeling, voor West-Europa, van het mobiele dataverkeer over typen mobiele applicaties, hoewel daarbij door Cisco geen onderscheid is gemaakt tussen algemeen en zakelijk gebruik:

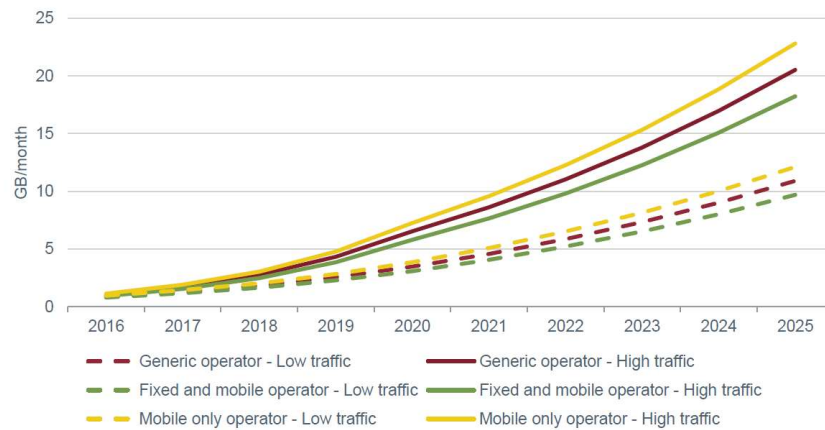
Tabel 2-2: Mix van mobiele toepassingen in 2016 en 2021. Bron: Cisco.

	2016	2021
Video toepassingen	61%	80%
Streaming audiotoeepassingen	8%	5%
File sharing	2%	2%
Web- en andere applicaties	29%	13%

¹⁸ Bron: https://www.cisco.com/assets/sol/sp/vni/forecast_highlights_mobile/

De tabel laat dus een duidelijke vergroting zien van het aandeel van de videocomponent in de totale mix gebruikspatroon over de beschouwde periode.

Onderzoeksbureau Aetha heeft in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken in 2016 onder andere gekeken naar de te verwachten groei van mobiele dataverkeer in Nederland, per abonnee. Deze curven (Low en High Traffic, verschillende typen operators) zijn hieronder weergegeven.



Figuur 2-3: Voorspelde datagebruik per abonnee in periode 2016-2025. Bron: Aetha

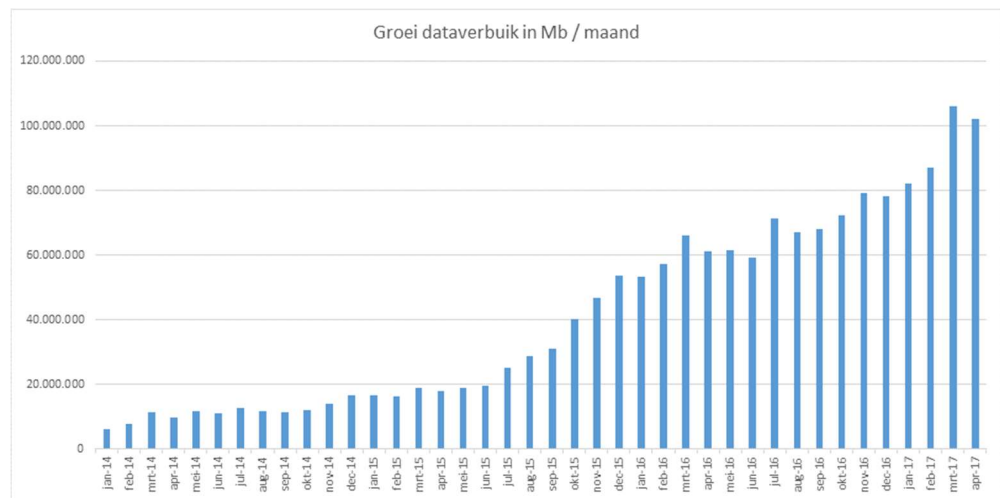
De *Low Traffic* en *High Traffic* scenario's zijn respectievelijk de onder- en bovengrens waarbinnen de daadwerkelijke groei zich vermoedelijk zal bewegen. De figuur laat duidelijk een exponentiële groei in het gebruik zien. Als we ons beperken tot uitsluitend het mobiele verkeer dan komen de predicties van Aetha neer op een jaarlijkse groeifactor die grofweg ligt tussen de 120 en 140% per jaar.

Onderstaande grafiek laat zien dat het dataverbruik bij de Politie over een periode van ruim drie jaar is gegroeid naar ongeveer 100 TByte per maand en dat het verbruik in die periode ruim vertienvoudigd is. Het verbruik per persoon per maand ligt nu ongeveer op 2700 Mbyte waarin geen sprake is van onderscheid tussen wel en geen missie-kritisch verkeer¹⁹ Duidelijke stijgingen zijn te zien in:

¹⁹ Bijvoorbeeld het onderscheid bij de MEOS telefoon tussen registerbevragingen (missie-kritisch) en bijwerken van email onderweg of thuis (bedrijfsmatig).

- Najaar 2015; door de start van de brede uitrol van 'MEOS'-telefoons;
- Begin 2017, door de start van de uitrol van smart phones naar alle medewerkers.

De jaarlijkse groeifactor die hieruit kan worden berekend bedraagt ca 2,1-2,2 en ligt dus zelfs hoger dan de groei die Cisco ziet in het professionele domein in West-Europa. Het verbruik per abonnee per maand correspondeert vrij goed met de curves van Aetha. Hier kan echter wel sprake zijn van een inhaaleffect. We concluderen dat op basis van deze informatie een jaarlijkse groeifactor voor OOV over een langere termijn in de orde van 120-140% realistisch is.



Figuur 2-4: Datagebruik door de Politie over periode jan 2014-april 2017. Bron: Nederlandse Politie.

2.7 Eisen aan missie-kritische mobiele communicatie dienstverlening

Als we bovengenoemde ontwikkelingen ten aanzien van toepassingen combineren met overige functionele eisen die aan de dienstverlening op missie-kritisch niveau worden gesteld (mede ontleend aan het huidige C2000), dan resulteert dat in het volgende overzicht van eisen/wensen voor toekomstige dienstverlening:

- Hoge eis aan beschikbaarheid van de communicatiedienstverlening, onder uiteenlopende maatschappelijke omstandigheden. Voor het bestaande netwerk geldt een minimumeis van 98%²⁰;
- Robuuste en (extra²¹) beveiligde connectiviteit met voldoende capaciteit voor het gebruik van relevante communicatie- en informatietoepassingen (upstream en downstream) zoals hiervoor beschreven, tussen mobiele OOV-gebruikers onderling en met tal van eigen (gerubriceerde) *back-office* systemen. Deze eisen aan de connectiviteit gelden eveneens onder uiteenlopende omstandigheden, inclusief die waarbij opschaling van hulpdiensten aan de orde is;

²⁰ Bron: Min VenJ/Politie MDC, Verantwoording prestaties 2015 netwerk C2000, 2016

²¹ Extra beveiligde (E2EE) connectiviteit voor bijzondere diensten gebruikers.

- Zeer hoge geografische dekkingsgraad bij een bepaalde minimale datasnelheid. Voor het bestaande C2000-netwerk geldt een dekkingseis van tenminste 95% (buitenshuis). Men is echter gewend geraakt aan het feit dat men de eigen smartphone vrijwel overal buitenshuis en binnenshuis kan gebruiken, dus lijkt een 95% eis voor binnenshuisdekking zeer verdedigbaar;
- Mogelijkheden om waar en wanneer nodig (extra) netwerkinfrastructuur in te zetten als de bestaande infrastructuur niet (meer) toereikend is;
- Ondersteuning van mogelijkheden voor de configuratie van diverse gespreksgroepen en de projectie van services en applicaties op functies en rollen van OOV-ers;
- Ondersteuning van OOV-specifieke communicatiediensten/-toepassingen zoals directe communicatie tussen terminals, groepscommunicatie in combinatie met Push-To-Talk, omroep en paging van groepen en personen, en prioritering in toegang.

Verder geldt uiteraard dat de toekomstige dienstverlening kosteneffectief en toekomstvast is i.v.m. een doelmatige benutting van publieke middelen voor deze voorziening. Dat geldt voor de netwerkdiensten als ook voor de terminals die hiervoor nodig zijn.

Bovengenoemde eisen zijn niet expliciet gevalideerd, maar achten we voldoende waarheidsgetrouw om ze als uitgangspunten mee te nemen in deze studie.

3 Spectrumbehoefte voor Missie-kritische OOV

3.1 Inleiding

Praktische benutting van mobiele communicatie- en informatietoepassingen vergt dienstverlening door een mobiel communicatienetwerk waar mobiele toestellen van gebruikers van die toepassingen contact mee kunnen maken. De werking van mobiele netwerken is gebaseerd op het gebruik van radiofrequenties (spectrum) in de ether, een natuurlijk maar niet onuitputtelijk medium. De communicatiecapaciteit in elk mobiel netwerk wordt bepaald door de combinatie van een beschikbaar/gereserveerd stuk frequentieruimte, het stelsel van opstelpunten (basisstations) dat het dekkingsgebied van het netwerk bepaalt, en de toegepaste technologie in het netwerk (en in de toestellen).

In dit hoofdstuk presenteren we de uitkomsten van berekeningen ten eerste van de benodigde capaciteit voor enkele opgestelde OOV-inzetscenario's met daarbij een mix van communicatie en informatietoepassingen, en ten tweede van de daarvoor benodigde frequentieruimte in relatie tot het aantal opstelpunten in het netwerk. Deze uitkomsten plaatsen we in perspectief door ze te vergelijken met uitkomsten in enkele andere studies. Daarna nemen we die informatie mee in de beschouwing van het voor OOV-doeleinden te reserveren spectrum in de 700 MHz frequentieband.

3.2 OOV-scenario's

In deze studie zijn een drietal scenario's gebruikt voor de berekeningen:

- Ter illustratie van de capaciteitsbehoefte die aan de orde is bij dagdagelijks optreden van OOV-diensten zijn incidentgegevens gebruikt die in 2014 voor de stad Utrecht in kaart zijn gebracht. Het betreft incidenten die destijds bij de meldkamer bekend waren. Ze omvatten tal van activiteiten zoals die zich kunnen voordoen voor Politie, Brandweer en Ambulance. In bijlage B is een overzicht opgenomen over ons bekend incidentenstatistieken in Nederland en tevens de in ECC Report 218 gebruikte incidentinformatie van de stad Utrecht²².
- Ter illustratie van de piekbehoefte zijn tevens twee crisisscenario's gebruikt van een voldoende hoog GRIP-niveau maar verschillend in karakter, en waarin sprake is van een tijdelijke en geconcentreerde inzet van grotere aantallen professionals en middelen binnen een zeker crisis- of rampgebied (in Nederland). De motivatie voor de focus op crisissituaties is omdat onder die omstandigheden het missie-kritische karakter van de benodigde communicatievoorzieningen onomstreden is, en de intensiteit van zo'n scenario maatgevend is voor de spectrumbehoefte. Het zwaartepunt in de beschrijvingen is de articulatie van moderne, draadloze en vooral spectrumhongerige ICT-toepassingen die naar verwachting zullen worden ingezet en het daarbij gegenereerde dataverkeer. Op basis van de ramptypes uit de Leidraad Maatramp is een keuze gemaakt voor die ramptypes waarbij alle hulpdiensten een grote inzet moeten bieden. Dat zijn **overstroming (1)** en **verkeersongeval**

²² Bron: ECC Report 218, Harmonised conditions and spectrum bands for the implementation of future European Broadband Public Protection and Disaster Relief (BB-PPDR) systems, 2015.

op land (2) waarbij, om de piekbehoefte te illustreren, ook gekozen is voor de grootst mogelijke omvang van deze incidenten (maatscenario IV)²³. Gebruik makend van de Leidraad Operationele Prestaties is voor deze scenario's de inzet van hulpdiensten bepaald²⁴ en daarna geverifieerd bij de Veiligheidsregio Gelderland Zuid. Voor de scenariobeschrijvingen wordt verwezen naar Appendix A.

Voor alle scenario's geldt dat de communicatiebehoefte binnen een piek uur is vastgesteld.

3.3 Mix van OOV-communicatie en informatietoepassingen

Voor de bepaling van de behoefte is gebruik gemaakt van de LEWP-matrix uit ECC Report 199²⁵ (hierna aangeduid met ECCREP199). De LEWP-matrix is een gedetailleerd en gekwantificeerd overzicht van OOV-toepassingen zoals die in 2012/2013 is opgesteld door de Law Enforcement Working Party (LEWP²⁶). Dit overzicht is als uitgangspunt genomen in de ECC-studie waar ECCREP199 betrekking op heeft en waarin aan de hand van dit overzicht de spectrum behoefte voor OOV is berekend. Vanwege de detaillering en de internationale status van deze studie (inclusief LEWP matrix) is dit document als uitgangspunt genomen.

Een deel van deze matrix is hieronder weergegeven. In deze matrix staan de toepassingen/diensten, de mate waarin deze worden gebruikt (aantal transacties per uur per gebruiker) alsmede de gebruikersaantallen per radiocel vermeld voor verschillende situaties/scenario's. Hierin is de behoefte aan spraak, Air-Ground-Air en DMO nog niet opgenomen. Deze zijn in navolging van ECCREP199 apart geadresseerd. In de LEWP-matrix, die hieronder vanwege de omvang niet geheel is weergegeven, staat ook per toepassing/dienst een inschatting van de omvang van elke transactie waarmee de totale capaciteitsbehoefte per cel voor zowel de uplink als de downlink kan wordt bepaald (zie ook Appendix C). Het belang van de LEWP-matrix is dat hier internationale consensus over is bereikt. Het nadeel is dat de tabel (tot stand gekomen in 2012-2013) dus niet Nederland specifiek is (het in ECCREP199 gemelde onderscheid in de hiërarchie tussen Gold, Silver en Bronze wat regulerend werkt in de communicatie kennen wij bijvoorbeeld niet) en inmiddels ook enigszins gedateerd is, hetgeen tot enige onderschatting kan leiden ten opzichte van de actualiteit.

²³ In de leidraad maatrap zijn maatscenario klassen gedefinieerd voor de omvang van de rampscenario's. De grootste beschreven waarde daarvan is gekozen: klasse IV.

²⁴ Hierbij is dankbaar gebruik gemaakt van de input verkregen tijdens een werkbezoek aan de calamiteitencoördinator van de veiligheidsregio Gelderland Zuid.

²⁵ ECC, "User requirements and spectrum needs for future European broadband PPDR systems (Wide Area Networks)", ECC Report 199, May 2013.

²⁶ De LEWP is een van de Preparatory Working Groups van het European Council.

Tabel 3.1: LEWP matrix

Type of application + services	Transaction per peak hour per user	Multiplication factor in emergency	Uplink users per cell (peak) for this application	Uplink users per cell (emergency)	Downlink users per cell (peak) for this application	Downlink users per cell (emergency)	Groups per cell instead of users (peak)	Groups per cell instead of users (emergency)	User distribution: i: incident, s: spread over cell, x: ignore
LOCATION DATA									
A(V)LS data to CCC	240	1	500	2000					s
A(V)LS data return	60	2			50	100			i
MULTI MEDIA									
Video to/from CCC: following + intervention	1	1	2	2	8	8	2	2	s
Low quality additional feeds	1	1	6	6	8	8			s
Video for fixed observation	1	0.5	5	5					s
Low quality additional feeds	1	0.5	20	20					s
Video on location to/from CCC - high quality	1	1	0	4		1			i
Video on location to/from CCC - low quality	1	1	0	10					i
Video on location for local use	1	1	0	20		10		1	x
Video conferencing operations	1	0.1	1	6	1	6			i
Non real time recorded video transmission	1	1	5	5	5		1		i
Photo broadcast	2	1			500	2000	2	2	s
Photo to selected group	2	1			500	2000	10	10	s
OFFICE APPLICATIONS									
PDA PIMsync	2	0.2	500	2000	500	2000			s
Mobile workspace	5	0.2	50	100	50	100			s
DOWNLOAD OPERATIONAL INFORMATION									
Incident information download	2	1			500	1000	10	20	i
ANPR update hit list	1	1			300	1200	1	1	s
Download maps	1	2			50	200	10	20	s
Command & control information	1	4			500	1000	10	20	i
UPLOAD OPERATIONAL INFORMATION									
Incident information upload	1	4	50	200					i
Status information + location	5	1	500	2000					s

Type of application + services	Transaction per peak hour per user	Multiplication factor in emergency	Uplink users per cell (peak) for this application	Uplink users per cell (emergency)	Downlink users per cell (peak) for this application	Downlink users per cell (emergency)	Groups per cell instead of users (peak)	Groups per cell instead of users (emergency)	User distribution: i: incident, s: spread over cell, x: ignore
ANPR or speed control automatic upload	50	0	30	30					s
Forward scanned documents	0.1	30	10	25					i
Reporting incl. pictures etc	1	0.1	100	100					s
Upload maps + schemes	1	4	10	20					i
Patient monitoring (ECC) snapshot	1	12	5	100					i
Patient monitoring (ECC) real time	1	1	5	10					s
Monitoring status of security worker	120	1	10	100					i
ONLINE DATA BASE ENQUIRY	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Operational data base search	2	0.1	300	1000	300	1000			i
Remote medical database services	2	2	10	100	10	100			i
ANPR checking number plate live	5	0.1	300	1200	300	1200			s
Biometric (eg fingerprint) check	1	0.1	300	600	300	600			i
Cargo data	1	0.5	10	50	10	50			s
Crash Recovery information request	1	0.5	10	50	10	50			i
Crash Recovery System update	0.1	0			10	50			i
MISCELLANEOUS									
Software update online					0	0			x
GIS maps updates					0	0			x
Automatic telemetrics	60	1	100	100					s
Hotspot on disaster or event area									x
Front office - back office applicaties	3	0.1	300	1200	300	1200			s
Alarming / paging	1	1	100	100	100	100	15	15	s
Traffic management system	4	2			50	200	10	20	s
Connectivity of foreign force to local ccc									x

In dit TNO-rapport is uitgegaan van deze generieke LEWP-matrix [Annex A.3 in ECCREP199, Tabel 71,], waarin de waarden staan die worden verondersteld te gelden tijdens worst-case condities in een piekuur in een grote stad, alsmede tijdens een algemene calamiteit zoals neergestort vliegtuig of een terroristische aanval in dezelfde stad. Dezelfde LEWP-matrix kan ook worden toegepast voor specifieke scenario's, zoals in ECCREP199 is gedaan voor een grootschalig evenement (British Royal Wedding in 2011, zie Tabel 73 in ECCREP199) en een calamiteit (London Riots in 2011, zie Tabel 72 in ECCREP199), door voor elke toepassing/dienst het gebruikersaantal per cel en de mate van gebruik (per uur per gebruiker) specifiek aan te passen voor het beschouwde specifieke scenario.

Het is voor de in dit rapport beschouwde Nederlandse scenario's niet mogelijk gebleken om te komen tot een betere afschatting van het aantal gebruikers per toepassing/dienst en de mate waarin deze hiervan gebruik maken. Om deze reden is opnieuw gebruik gemaakt van de mix van applicaties en diensten die vermeld staan in de tabellen van ECCREP199. Wel is het totale aantal gebruikers per cel aangepast aan de Nederlandse situatie op basis van de uitgewerkte scenario's 'overstroming' en 'verkeersongeval op land' (750 resp. 400 gebruikers) en voor het stedelijk scenario tijdens een piek uur (200 gebruikers) op basis van het document "Verkeersmodel voor C2000"²⁷. Dit totale aantal gebruikers per cel is echter alleen bepalend voor de hoeveelheid 'achtergrond' verkeer, die slechts een klein deel van de totale behoefte uitmaakt.

In ECCREP199 (daterend uit mei 2013) zijn verder de berekeningen nog apart uitgevoerd voor zowel met als zonder de mogelijkheid van groepsadressering op de downlink. Inmiddels kan er echter van worden uitgegaan dat groepsadressering wordt ondersteund door LTE. Aangezien dit efficiënter is, wordt in dit rapport bij de bepaling van de totale behoefte (in kbit/s), daar waar mogelijk, het gebruik van groepsadressering verondersteld.

3.4 Uitkomsten inschatting capaciteitsbehoefte

3.4.1 *Uitkomsten voor de drie scenario's*

De communicatiebehoefte in elk van de drie scenario's is samengevat in onderstaande tabellen per applicatie/dienst groep (in geel gemarkeerd in tabel 3.1). Het betreft uitsluitend datadiensten. Spraak wordt apart besproken in paragraaf 3.4.2.

Tabel 3.2: Stedelijk scenario (piek uur)

Toepassingen/diensten	Uplink (kbit/s)	Downlink (kbit/s)
Location data	85,33	
Multimedia	2453,33	2053,33
Office applications	31,11	31,11
Download operational information		8,92
Upload operational information	61,94	
Online database enquiry	0,14	2,78
Miscellaneous	9,36	15,18
Totaal	2.641,21	2.111,32

²⁷ 'Verkeersmodel voor C2000', J. Koekkoek, mei 2014

Tabel 3.3: Overstromingsscenario

Toepassingen/diensten	Uplink (kbit/s)	Downlink (kbit/s)
Location data	32,00	200,00
Multimedia	6213,15	2846,93
Office applications	25,56	25,56
Download operational information	0,00	35,59
Upload operational information	335,00	0,00
Online database enquiry	4,66	66,00
Miscellaneous	6,36	12,18
Totaal	6.616,73	3.186,26

Tabel 3.4: Verkeersongeval op land scenario

Toepassingen/diensten	Uplink (kbit/s)	Downlink (kbit/s)
Location data	17,07	106,67
Multimedia	6213,15	2846,93
Office applications	24,00	24,00
Download operational information		35,59
Upload operational information	334,61	
Online database enquiry	2,91	57,29
Miscellaneous	4,02	9,84
Totaal	6.595,76	3.080,32

In de beide calamiteitenscenario's is de downlink capaciteit voor Multimediatoepassingen ruim de helft van die in de uplink. De verklaring daarvoor is dat voor de downlink de toepassing van multicast adressering (groepscommunicatie) is aangenomen waar dat kon, wat in de downlink tot een aanzienlijke capaciteitsreductie leidt.

De videoverbindingen die in dit scenario zijn meegenomen hebben per stream een bitsnelheid van 768 kbit/s, op basis van H.264 codering, een standaard die nu gangbaar is. De ontwikkelingen in coderings- en compressietechnieken staan niet stil. De opvolger is H.265/HEVC dat een compressiefactor 1,5 tot 2,0 biedt en zal worden gebruikt voor het transport van 4K beeld (opvolger van HD). Een 4K-beeld op HEVC is qua bitsnelheid ongeveer gelijk aan HD op basis van H.264. De ontwikkeling die gaande is, komt er op neer dat de kwaliteit van het videobeeld continu toeneemt (4K->8K-> etc.) en door steeds krachtiger compressietechnieken weet men de benodigde bitsnelheid redelijk constant te houden voor een gegeven applicatie. Dit betekent ook dat men genoeg zou kunnen nemen met een zeker kwaliteitsniveau van het beeld en de compressietechniek kan toepassen om de bitsnelheid te verlagen. Dergelijke technieken worden ook gebruikt om videocommunicatie over verbindingen met een beperkte capaciteit in stand te kunnen houden. Dergelijke technieken kunnen soelaas bieden in situaties met ernstige capaciteitsbeperkingen. Dat zal de gemiddelde capaciteitsbehoefte per persoon stabiliseren of zelfs laten afnemen. Daar staat tegenover dat de groeiende schaal waarop we verwachten dat beeldmateriaal in het OOV-werk zal worden gebruikt toch een opwaartse druk zal geven op de totale capaciteitsbehoefte.

3.4.2 *Capaciteitsbehoefte voor spraakcommunicatie*

De maximale behoefte aan spraak is in Appendix D ingeschat op grond van de behoefte vermeld in de bespreking van het verkeersmodel voor C2000²⁸ en het gebruik van VoLTE (Voice over LTE). Deze bedraagt 442,75 kbit/s (zowel voor uplink als downlink).

3.4.3 *Capaciteitsbehoefte voor Air-Ground-Air communicatie*

Voor Air-Ground-Air (AGA) communicatie is een apart (LTE) netwerk nodig met gebruik van Europees geharmoniseerd spectrum (zie Appendix E) omdat anders vanwege de grote radiocelgrootte problemen optreden in de grensgebieden. Dit is analoog aan de huidige situatie (TETRA-netwerk). Hoeveel Europees geharmoniseerd spectrum hiervoor dient te worden gereserveerd, wordt niet uitsluitend door de Nederlandse behoefte bepaald, maar zal Europees moeten worden afgestemd. Als voorbeeld kan hiervoor het op LTE gebaseerde European Aviation Network dienen (zie bijlage D). Vanwege de benodigde Europese afstemming wordt deze behoefte hier verder niet specifiek meegenomen.

Duidelijk is dat de totale behoefte zowel voor uplink als downlink sterk wordt gedomineerd door de multimedia toepassingen/diensten²⁹.

3.5 **Netwerktechnologie**

Als uitgangspunt voor de technologie is LTE-technologie gekozen, waarbij de aanbevelingen in ECCREP199 voor de LTE-parameters in een missie-kritische netwerkconfiguratie leidend zijn geweest.

Een belangrijke eigenschap van een LTE-netwerk is dat de haalbare *throughput* op individuele verbindingen sterk afhangt van de positie van de terminal in de cel. Throughput is de nuttige datasnelheid op een radioverbinding. Als men die deelt op de benodigde frequentieruimte, dan verkrijgt men de waarde voor de spectrumefficiëntie. Dichtbij een basisstation is de throughput en dus ook de spectrumefficiëntie het hoogst; richting de celrand is die (sterk) afgenomen, tenminste met een factor twee of zelfs meer, afhankelijk van het netwerkontwerp en de -dimensionering. Frequentieruimte en celgrootte kunnen tegen elkaar worden uitgewisseld. Met kleinere cellen is voor dezelfde capaciteitsbehoefte minder frequentieruimte nodig (hogere spectrumefficiëntie), maar neemt wel het aantal benodigde basisstations toe om een bepaald gebied af te dekken. Men moet er overigens ook rekening mee houden dat de spectrum-efficiëntie van de uplink minder goed is dan van de downlink.

De geografische verdeling van hulpdiensten bij incidenten en calamiteiten is sterk scenario-afhankelijk. Zijn de hulpdiensten redelijk verspreid over een bepaald gebied of is men vlak bij elkaar bezig op één locatie. Het probleem bij ongeplande events is dat de locatie en de afhandeling van het event door de hulpdiensten per definitie a priori niet bekend is. Als er bij een incident sprake is van sterke geografische concentratie van de hulpdiensten (iedereen op een kluitje) en de locatie van het incident bevindt zich toevallig op het grensgebied van twee naburige cellen, dan is in een zuinig gedimensioneerd radio-aansluitnetwerk het risico groot dat de

²⁸ 'Verkeersmodel voor C2000', J. Koekkoek, mei 2014

²⁹ Dit geldt ook voor het AGA netwerk (zie ECCREP199).

capaciteitsbehoefte daar niet kan worden geacommodeerd door het netwerk, omdat in het netwerkontwerp niet van deze situatie is uitgegaan.

Door de technische vooruitgang in LTE-technologie wordt de spectrumefficiëntie van die technologie geleidelijk steeds beter. De technieken die daarvoor worden ingezet, verbeteren de netwerkprestaties, maar maken die prestaties ook weer gevoeliger voor de omstandigheden. Er is daarom bewust gekozen niet uit te gaan van de state-of-the-art in commerciële mobiele netwerken, omdat de voorspelde maximaal haalbare throughputs onder zeer gunstige omstandigheden wel haalbaar, maar niet voldoende robuust zijn³⁰. De parameterwaarden die bij de berekeningen horen, kunnen worden geraadpleegd in bijlage F.

3.6 Uitkomsten Inschatting spectrumbehoefte

3.6.1 Inleiding

De benodigde frequentieruimte is afhankelijk van de locatie van de gebruikers in een cel. Op de rand van de cel is de spectrumefficiëntie het laagst en deze neemt toe naarmate de gebruiker(s) zich dichterbij het basisstation bevinden. Hier worden, in navolging van ECCREP199, twee aannames beschouwd: de gebruikers zijn uniform verdeeld in de radiocel of bevinden zich op de rand van de radiocel (worst case³¹).

Voor de dagelijkse gang van zaken (stedelijk scenario) en ook voor het achtergrondverkeer (tijdens beide rampscenario's) is de eerste aanname toegepast, conform ECCREP199. Bij het verkeersongeval scenario zullen de betrokken hulpverleners ter plaatse in een relatief klein gebied opereren ten opzichte van de celgrootte (dekkingsgebied van een basisstation). Dit relatief kleine gebied kan zich in principe overal in een cel bevinden. In het verkeersongeval scenario zijn daarom twee gevallen beschouwd: die waarbij het operatiegebied zich op de rand van een cel bevindt en die waarbij het operatiegebied zich meer op gemiddelde afstand van het basisstation bevindt.

Bij het overstromingsscenario doet zich de situatie voor dat het operatiegebied veel groter is dan de celgrootte (zie onderstaande figuur, waarin met rood de grootste mogelijk cel is aangegeven en waarin de rode stippen basisstations van service providers aangeven).

³⁰ Denk daarbij aan toepassing van hogere orden modulatie en codering, en aan de toepassing van massive MIMO.

³¹ Dit moet uitsluitend in modelmatige zin worden opgevat. In een operationele context kan een worst case situatie zich in diverse situaties voordoen (bijvoorbeeld in een pand of in een schaduwgebied).



Figuur 3-1: Overstromingsgebied (grens aangegeven met gestippelde zwarte lijn).

In dit geval zal er dan ook door de hulpverleners ter plaatse gebruik moeten worden gemaakt van meerdere basisstations. Op welke wijze de totale capaciteitsbehoefte over de meerdere basisstations zal zijn verdeeld, is afhankelijk van de implementatie van het LTE-netwerk, met name de dichtheid van de basisstations. Voor een eigen OOV-netwerk gebaseerd op LTE zou bijvoorbeeld op grond van kostenoverwegingen gekozen kunnen worden voor een minimaal aantal basisstations. Het theoretische, modelmatige minimum waarmee nog net volledige buitenshuisdekking van Nederland mogelijk zou zijn bedraagt 600. Een voor OOV praktisch hanteerbare dienstverlening wordt pas mogelijk met circa 1.200 basisstations, een aantal dat eerder ook door Stratix is genoemd. Een capacitatief zwaar geconfigureerd netwerk, zoals die waaruit de netwerken van service providers in Nederland bestaan (Zie Appendix F) omvat zelfs 4.000 basisstations. Om deze reden is niet goed aan te geven wat de benodigde frequentieruimte zal zijn en is deze voor dit scenario niet bepaald. Het is echter wel zo dat voor zowel het overstromingsscenario als het verkeersongeluk op land de capaciteitsbehoefte vrijwel gelijk is, terwijl die bij het verkeersongeluk zal moeten kunnen worden afgewerkt via een enkel basisstation en die bij het overstromings-scenario door meerdere basisstations. Daaruit kan worden afgeleid dat de benodigde frequentieruimte voor het overstromingsscenario in ieder geval aanzienlijk kleiner zal zijn.

3.6.2 *Uitkomsten inschatting benodigde frequentieruimte*

In onderstaande tabellen is per scenario voor een LTE-netwerk aangegeven wat de benodigde netto frequentieruimte is om de capaciteitsbehoefte af te dekken (zie Appendix F voor toelichting van en annotaties bij de rekenwijze). Hierbij is uitgegaan van een 5 MHz kanaal voor zowel de uplink als de downlink. Is de berekende benodigde frequentieruimte groter dan 5 MHz, dan betekent dit dat de totale capaciteitsbehoefte slechts deels kan worden afgedekt en dat er meerdere 5 MHz kanalen nodig zijn of een breder kanaal (10, 15 of 20 MHz) nodig is om die capaciteitsbehoefte in zijn geheel af te dekken.

Hiernaast is gekeken wat het effect is van het aantal basisstations in het netwerk³², ervan uitgaande dat dekking in geheel Nederland moet worden geboden. Dit aantal staat in kolom 'Doel (max)'. Een LTE-netwerk met 600 basisstations is voor Nederland (qua geografische omvang en verhouding stedelijk, sub-stedelijk en ruraal) dus wel het absolute (theoretische) minimum, met op de celrand een theoretische spectrumefficiëntie van ca 0,15 bit/s/Hz op de uplink verbinding (ca. 750 kbit/s bij een 5 MHz LTE signaal), waarbij ook is uitgegaan van uitsluitend buitenhuisdekking.

In de tabellen is de trend duidelijk zichtbaar dat met een groter aantal basisstations minder frequentieruimte nodig is, met andere woorden de spectrumefficiëntie neemt toe. De toenemende spectrumefficiëntie is geen glijdende schaal, maar neemt toe in discrete stappen. Onder de kolom 'Aantal basisstations' staan in de (sub)kolommen 'Uplink' en 'Downlink' het minimaal aantal basisstations (kleiner dan 'Doel (max)') waarmee dezelfde spectrumefficiëntie kan worden gehaald en waarvoor de benodigde frequentieruimte hetzelfde zal zijn. Een groter verschil tussen het aantal basisstations vermeld onder 'Doel (max)' ten opzichte van 'Uplink' of 'Downlink' betekent dat wanneer in de dimensionering van het netwerk de doelwaarde wordt genomen, de verbindingen op de celrand dus robuuster zullen zijn vanwege een wat grotere marge in het radiolink budget. De nodige frequentieruimte voor de downlink is waarschijnlijk wat groter dan hier is weergegeven, omdat de veronderstelde multicast-service gepaard gaat met een lagere spectrumefficiëntie³³. Verder blijkt dat er voor de uplink meer frequentieruimte nodig is dan voor de downlink. Dit komt doordat op de uplink de spectrumefficiëntie lager is dan op de downlink en, bij het verkeersongeval op land, de uplink behoefte met name door de multimedia toepassingen veel hoger is dan op de downlink.

Tabel 3.5: Stedelijk scenario (piek uur)

Aantal basisstations			Benodigde frequentieruimte	
Doel (max)	Uplink	Downlink	Uplink (MHz)	Downlink (MHz)
600	468	567	7,41	2,08
800	759	567	5,13	2,08
1200	759	567	5,13	2,08
3000	1.388	2.448	3,55	1,20
4000	3.598	2.448	2,30	1,20

Tabel 3.6: Verkeersongeval op land, op gemiddelde afstand van basisstation

Aantal basisstations			Benodigde frequentieruimte	
Doel (max)	Uplink	Downlink	Uplink (MHz)	Downlink (MHz)
600	468	567	14,18	3,00
800	759	567	9,83	3,00
1.200	759	567	9,83	3,00
3.000	1.388	2.448	6,80	1,74
4.000	3.598	2.448	4,41	1,74

³² In tegenstelling tot ECCREP199 die is uitgegaan van een vaste celgrootte, waarmee het aantal benodigde basisstations voor dekking in geheel Nederland vast ligt.

³³ Bron:

http://www.npstc.org/download.jsp?tableId=37&column=217&id=2413&file=AFST_NPSTC_Report_08102012.pdf

Tabel 3.7: Verkeersongeval op land, aan de celrand

Aantal basisstations			Benodigde frequentieruimte	
Doel (max)	Uplink	Downlink	Uplink (MHz)	Downlink (MHz)
600	468	567	35,87	3,26
800	759	567	16,83	3,26
1.200	759	567	16,83	3,26
3.000	1.388	2.448	8,94	1,75
4.000	3.598	2.448	4,41	1,75

Tabel 3.8: Maximale behoefte spraak

Aantal basisstations			Benodigde frequentieruimte	
Doel (max)	Uplink	Downlink	Uplink (MHz)	Downlink (MHz)
600	468	567	0,95	0,43
800	759	567	0,66	0,43
1.200	759	567	0,66	0,43
3.000	1.388	2.448	0,46	0,25
4.000	3.598	2.448	0,30	0,25

Uitgaande van de beschikbaarheid van een 5 MHz en 3 MHz kanaal voor zowel de uplink als downlink, zou de communicatiebehoefte tijdens een piek uur in een stedelijk scenario kunnen worden afgedekt met 600 basisstations, inclusief de spraakbehoefte die in dit scenario een stuk lager zal zijn dan de hierboven vermelde maximale spraakbehoefte tijdens een calamiteit. De nadelen zijn wel dat in een deel van elke cel er geen binnenshuis dekking zal zijn en dat er weinig ruimte over is voor groei. Beide nadelen kunnen alleen weg worden genomen door het aantal basisstations te vergroten.

De communicatiebehoefte voor het verkeersongeval op land vergt met 600 basisstations, zeker wanneer deze plaats vindt op de celrand, zeer veel meer bandbreedte met name in de uplink (36,82 MHz incl. spraak). Om in dit scenario, dat op iedere willekeurige plek in Nederland zich kan voordoen, de capaciteitsbehoefte op de celrand te ondersteunen zijn landelijk circa 3.600 basisstations nodig. Het is duidelijk dat, in geval van nieuwbouw van deze infrastructuur, dit een buitengewoon dure maatregel betreft terwijl de benuttingsgraad van zo'n infrastructuur bijzonder laag wordt.

3.6.3 *Benchmark met andere publicaties*

Er zijn ook in andere, eerdere studies schattingen gemaakt van de spectrumbehoefte voor OOV. Ook in de scenario's van die studies is het gebruik van beeld/video toepassingen een grote factor van betekenis. Om onze bevindingen in perspectief te plaatsen zijn die schattingen hieronder samengevat.

Tabel 3-1: Bevindingen uit andere internationale studies

Studie/Publicatie	Schatting/advies	Toelichting
ECCREP199 (2014)	5,8-14,3 MHz (UL) 6,9-10,5 MHz(DL)	Advies: 2 x 10 MHz. ECC Report 218 beschouwt dit advies als absoluut minimum
NPSPC-onderzoek voor de VS (2012) ³⁴	7,5-13,8 (UL) 6,0-8,8 (DL)	Op basis van onderzoek aan 4 calamiteitenscenario's. Rapport gaat uit van de beschikbaarheid van spectrum ook in hogere band (4.4 GHz voor lokale breedband toepassingen)
WIK-onderzoek voor Duitsland (2010) ³⁵	15 MHz (UL) 10 MHz (DL)	Voor reguliere condities; bij een grote calamiteit is extra behoefte van 2x15 MHz bepaald, in te vullen middels een lokale oplossing in een andere (hogere) frequentieband

De schattingen van TNO voor de downlink liggen beduidend lager dan bij de andere studies. Dat is waarschijnlijk te wijten aan de toepassing van de multicast optie bij multimedia waardoor de resulterende datasnelheid substantieel is gereduceerd. Laten we dat achterwege, dan komen onze resultaten voor downlink terug op dezelfde ordegrrootte als van de andere studies.

3.7 Benutting gereserveerd OOV-spectrum

3.7.1 Opties toekomstige indeling 700 MHz band

De 700 MHz band is tot op heden in gebruik voor omroepdiensten³⁶. Er is echter binnen de EU draagvlak ontstaan voor de herbestemming van deze band voor mobiele communicatie. In het bijzonder wordt deze band gezien als één van de pioniersbanden voor de uitrol van 5G. Tevens is er jarenlang een sterke lobby in Europa geweest voor de exclusieve reservering van OOV- spectrum in deze band. Andere toepassingen waarmee rekening moet worden gehouden zijn PMSE³⁷ en M2M-communicatie.

Onder verantwoordelijkheid van CEPT zijn studies uitgevoerd naar de toekomstige indeling van de 700 MHz in Europa en zijn een aantal opties gedefinieerd³⁸. Deze opties zijn in onderstaande figuur weergegeven waarbij ook de ligging van de relevante en door 3GPP gedefinieerde LTE-banden is aangegeven.

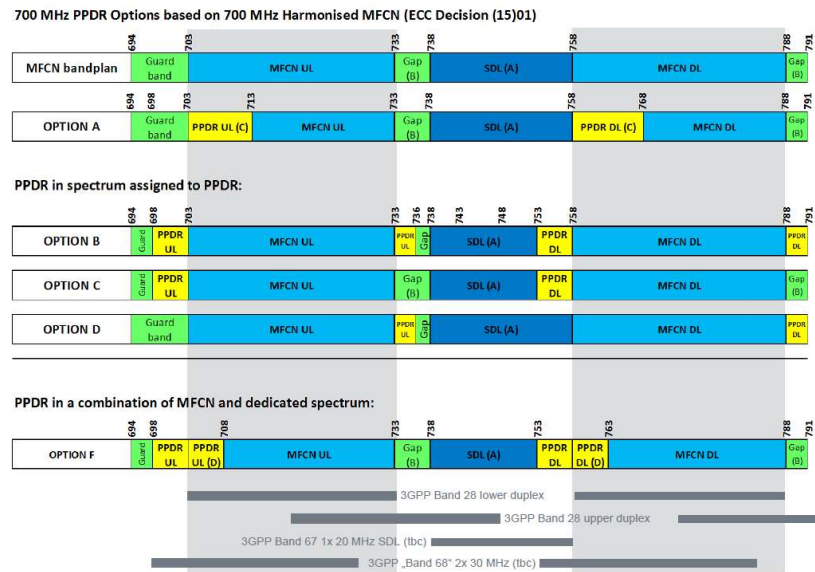
³⁴ NPSTC, *Public Safety of Future Spectrum & Technology Final Report*, June 2012

³⁵ WIK-Consult, *PPDR Spectrum Harmonisation in Germany, Europe and Globally*, December 2010

³⁶ In Nederland Digitenne door aanbieder KPN.

³⁷ PMSE: Programme Making and Special Events.

³⁸ Bron: ECC, *Harmonised conditions and spectrum bands for the implementation of future European Broadband Public Protection and Disaster Relief (BB-PPDR) systems*, ECC Report 218, October 2015.



Figuur 3-2: Opties in Europa voor indeling 700 MHz band. Bron: Nokia/ECC Report 2018

Er is in de studies ook een optie E geweest maar die is alsnog komen te vervallen, omdat het idee voor een volledige 2 x 10 MHz PPDR spectrumallocatie binnen de MFCN duplex band (tussen de MFCN-DL en -UL blokken zoals weergegeven voor opties B, C en D) diverse technische problemen met zich mee zou brengen en dus geen support kreeg.

Iedere lidstaat kan voor een optie kiezen die het best toepasbaar is op de eigen nationale situatie en beleidskeuzes. Nederland, Duitsland, België en Frankrijk hebben hun voorkeur uitgesproken voor optie B wat neerkomt op een combinatie van opties C (2 x 5 MHz) en D (2 x 3 MHz). De status met betrekking tot de hernieuwde indeling van deze band is dat EU-lidstaten vanaf 1 juli 2020 *wireless broadband communication services* in deze band moeten toestaan³⁹. Wel hebben landen de mogelijkheid voor maximaal 2 jaar uitstel op basis van specifieke gronden die vooraf zijn gedefinieerd.

3.7.2 Nadere beschouwing van voorkeursoptie B

Raadpleging van de uitkomsten van de door CEPT uitgevoerde compatibiliteitsstudies en van publicaties van daaropvolgende analyses op specifieke kwesties, geven het volgende beeld ten aanzien van de mogelijkheden en beperkingen van het gebruik van dit gereserveerde spectrum.

Voor de 2x5 MHz banden:

- De 2x5 MHz frequentiebanden vallen in LTE-Band 68. Band 68 is een nieuwe door 3GPP gedefinieerde band op verzoek van de Arabische Regio en die neerkomt op een 5 MHz verschuiving van de doorlaatbanden t.o.v. de al bestaande LTE-Band 28. Deze overlap is belangrijk in verband met integratie van dienstverlening met die van commerciële mobiele netwerken.

³⁹ Bron: <http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-5078-2017-INIT/en/pdf>

- De onderste 5 MHz band tussen 698 en 703 MHz die is gepland voor de uplink verbinding heeft te maken met mogelijke invloed op de ontvangst van digitale TV omroep in kanaal 48 dat is gelegen tussen de 686 en 694 MHz. Omdat dit kanaal in de nieuwe indeling het bovenste kanaal wordt in de omroepband die gaat grenzen aan een nieuwe band voor mobiele communicatie, zijn daar in Europa extra protectie-eisen op van toepassing. In Nederland zal volgens de nieuwe zenderindeling het gebruik van kanaal 48 weliswaar beperkt zijn tot Zeeland en regio Den Helder, maar in andere Europese landen kan de impact groter zijn en moeten fabrikanten van netwerken en terminals daar rekening mee houden. Intussen is een soepeler protectie-eis (-30 dBm/8 MHz i.p.v. -42 dBm/8 MHz) bespreekbaar geworden, maar de versoepelde eis heeft nog steeds implicaties. 3GPP heeft dit onderzocht en in 2016 over de uitkomsten gerapporteerd⁴⁰. Het komt er op neer dat een filteroplossing technisch haalbaar is, maar mogelijk wel moet worden gecombineerd met een beperkte reductie van het uitgezonden vermogen van de OOV-terminal (max. 1 dB). De industrie heeft gecommuniceerd dat de vereiste aanpassing technisch haalbaar is, maar dat dit de prijs van de betreffende terminals sterk zou opdrijven door de ontwikkelkosten in combinatie met de beperkte omvang van deze markt (immers, in Arabische en Afrikaanse regio is deze aanpassing niet vereist). De industrie stelt dat aanpassing van de grenzen van LTE-Band 28 een logischer optie zou zijn. RealWireless is in haar rapport in opdracht van OFCOM⁴¹ iets optimistischer door te stellen dat de RF-technologie zich wel zodanig snel ontwikkelt dat er rond 2020 meer technische oplossingen voor handen zijn om aan stringente eisen te voldoen en de kosten van die technologie ook dalen. Daar staat wel tegenover dat door de druk op de kosten producenten van terminals kritischer zullen worden in het adopteren van steeds weer nieuwe bandplannen als de markt voor een nieuw plan beperkt is⁴². Terminal leveranciers komen per land/regio tot een uitgekende commerciële keuze, op grond van marktverwachtingen voor dat land/die regio. Het zijn dus commercieel gedreven selecties. Ergo, de implicaties van deze situatie voor de marktontwikkeling van LTE-Band 68 apparatuur geschikt voor de Europese (OOV-) markt zijn dus nog onzeker. Een ander gevolg van de situatie is dat de 2x5 MHz oplossing door de specifieke eis aan terminals voor support van LTE-Band 68 niet zo attractief is voor mobiele operators. Sowieso geldt dat voor de massamarkt (maar dat is logisch; daar zijn de frequenties ook niet voor bedoeld). Echter, ook een groter "Band 68" ecosysteem dat interessant kan zijn voor dienstverlening aan een grotere groep van *critical communication* afnemers komt mogelijk moeilijk van de grond.
- Voldoen aan de actuele protectie-eis heeft ook als mogelijk consequentie dat men rekening moet houden met enigszins lagere zendvermogens van terminals in die gebieden waar sprake is van interferentierisico's. Dit is door ons niet nader onderzocht, maar het is van belang voor de regio's Zeeland en Den Helder en mogelijk ook in de grensgebieden met Duitsland en/of België. De implicatie hiervan is dat men in de betreffende gebieden een statisch LTE-netwerk met kleinere cellen moet gebruiken vanwege de beperking in de uplink. Gezien de

⁴⁰ Zie 3GPP TR 36.893, V13.1.0, 2016-06

⁴¹ https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0029/78581/Terminal_capabilities_in_the_700mhz_band.pdf

⁴² RealWireless voorspelde in 2013 dat in 2018 gemiddeld 12 band combinaties zullen worden ondersteund in mobiele terminals

door 3GPP bepaalde beperkte vermogensreductie (bij een bandbreedte van 5 MHz zelfs 0 dB) kan dit in de praktijk erg meevallen.

- Enigszins hieraan gelieerd wordt door de ECC⁴³ ook melding gemaakt van de mogelijkheid van interferentie van TV zendinstallaties op OOV-basisstations. Dit is echter met degelijke engineering te verhelpen.
- Door de ECC wordt in hetzelfde rapport ook een mogelijke impact genoemd van interferentie van aanwezige mobiele communicatie infrastructuur van derden in de 700 MHz op OOV-terminals die zich in datzelfde gebied ophouden en zich bevinden in een eigen netwerk met grote cellen. Het voorkomen van dit effect vergt een grotere selectiviteit van de ontvanger in de OOV-terminal, mogelijk in combinatie met een kleinere celomvang voor behoud van een goede OOV-uplink verbinding. Vergroting van de selectiviteit is een kostenverhogende maatregel voor terminalapparatuur en vormt een risico voor de marktontwikkeling van die apparatuur.

Samengevat is dus voor de 2x5 MHz spectrumvariant sprake van een serieus risico dat de markt voor deze apparatuur voor Europa niet of moeilijk van de grond gaat komen, en sprake van een beperkt risico van compatibiliteitsissues met andere mobiele netwerken en met Digitale TV Omroep die (situatie-) specifieke maatregelen vergen en mogelijk enige verdichting van het OOV RAN-netwerk.

Voor de 2x3 MHz banden spelen voor wat betreft de co-existentie met mobiele netwerken van derden vergelijkbare kwesties (o.a. coëxistentie met mobiele netwerken in de aangrenzende 800 MHz band), waarbij de toepassing van de SDL-link in mobiele netwerken een extra aandachtspunt betreft. Onderzoeksbureau Aetha meldt echter dat de kansen voor SDL in de 700 MHz ongunstig zijn vanwege technische uitdagingen. Dit is dus nog onzeker. De compatibiliteit met Digitale TV omroep speelt hier niet, maar mogelijk wel met PMSE- en/of M2M-toepassingen. Hierover zijn nog geen studies aangetroffen.

3.7.3 *Conclusie met betrekking tot gereserveerd OOV-spectrum*

De conclusie wat betreft de voorziene reservering van 2x5+2x3 MHz voor OOV is dat er vooral onzekerheid is over apparatuur voor de benutting van de 2x5 MHz. Tevens moet rekening worden gehouden met aanpassingen in het OOV-radio-aansluitnetwerk om de vereiste spectrale inpassing te realiseren, en die neer lijken te komen op (enige) verdichting van het 700 MHz gebaseerde netwerk voor een kwalitatief goede uplink-verbinding.

3.8 **Conclusies inschatting spectrumbehoefte**

De resultaten van de uitgevoerde berekeningen zijn zeer indicatief maar wijzen duidelijk in de richting van risico's op spectrumtekorten in bijzondere omstandigheden (grotere geografisch geconcentreerde calamiteiten) en vooral in de uplink. Onze resultaten zijn wat betreft de conclusie over tekorten in de uplink consistent met schattingen in diverse andere publicaties.

⁴³ ECC, *Compatibility and sharing studies for BB PPDR systems operating in the 700 MHz range*, ECC Report 239, September 2015

Het risico op (flinke) spectrumtekorten, zelfs onder reguliere omstandigheden, stijgt duidelijk met een toenemend gebruik van toepassingen op basis van beeld (met name video). Deze trend valt voor de toekomst ook te verwachten.

Tevens moet men rekening houden met inperkingen in het praktische gebruik van de 2x5 en 2x3 MHz banden. Met andere woorden, de netto praktisch beschikbare gereserveerde frequentieruimte is mogelijk kleiner dan de theoretische ruimte.

Alleen met een substantieel verdicht radio-aansluitnetwerk kunnen risico's op ontoereikende datasnelheden (celranden) en capaciteitstekorten worden vermeden. Dat is voor een toekomstig (eigen) OOV-netwerk met qua verkeer een groot verschil tussen piekvraag en gemiddelde vraag van capaciteit niet efficiënt.

4 Facilitering MC-OOV diensten in hybride model

4.1 Inleiding

In het kader van deze studie gaat de aandacht uit naar het *hybride model*, d.w.z. een model waarin de end-to-end missie-kritische dienstverlening aan de OOV- gebruiker tot stand komt in een nauwe samenwerking tussen de OOV telecom-operator (typisch de overheid) en een (of meer) commerciële operator(s). Over dit model is al enkele jaren internationaal gepubliceerd⁴⁴ en in verschillende landen groeit de belangstelling voor dit model, waaronder ook in Nederland. De verdere verkenning van een hybride oplossing is ook aanbevolen door adviesbureau Stratix begin dit jaar⁴⁵.

Dit omvangrijke en vrij technische hoofdstuk is als volgt georganiseerd. In paragraaf 4.2 herhalen we als uitgangspunt voor de beschouwing de in Hoofdstuk 2 genoemde belangrijkste eisen die de overheid namens haar OOV-gebruikers stelt aan missie-kritische communicatie-dienstverlening. Vervolgens worden in paragrafen 4.3 en 4.4 twee uiterste vormen van dienstverlening besproken. In paragraaf 4.3 beschouwen we het model waarin de dienstverlening volledig via een door een commerciële operator geëxploiteerd landelijk mobiel netwerk verloopt. In paragraaf 4.4 beschouwen we de casus van dienstverlening door een zogenaamde MC-OOV operator via een volledig eigen separaat netwerk, als andere uiterste. Met deze inzichten bespreken we daarna in paragraaf 4.5 het hybride model. Paragraaf 4.6 is gewijd aan de kwestie hoe in een hybride oplossing om te gaan met piekbehoeften in de capaciteitsvraag. Tot slot wordt in paragraaf 4.7 ingegaan op een constellatie van robuust gemaakte sites als onderdeel van de hybride oplossing. De conclusies van dit hoofdstuk zijn in paragraaf 4.8 niet uitgeschreven, maar zijn integraal meegenomen in het volgende hoofdstuk.

4.2 Eisen aan missie-kritische communicatiedienstverlening

De overheid heeft wat betreft communicatie voor OOV-doeleinden een zorgplicht. Met andere woorden de rijksoverheid moet zorgen dat dat op orde is. De wettelijk vastgelegde OOV-taak schrijft niet voor dat de overheid de communicatie in eigen hand moet houden maar van belang is wel dat ten eerste wordt voldaan aan de functionele eisen wat betreft netwerkdienstverlening en ten tweede dat de overheid voldoende grip heeft en houdt op de end-to-end dienstverlening. Concreet betekent dat (zie ook hoofdstuk 2):

- Hoge eis aan beschikbaarheid van de communicatiedienstverlening, onder uiteenlopende maatschappelijke omstandigheden. Voor het bestaande C2000-netwerk geldt een minimumeis van 98%⁴⁶;
- Robuuste en (extra) beveiligde connectiviteit met voldoende capaciteit (upstream en downstream) tussen mobiele OOV-gebruikers onderling, en met tal van eigen

⁴⁴ Onder andere: 1) SCF Associates Ltd, *Is Commercial Cellular Suitable for Mission Critical Broadband?*, SMART 2013/0016, 2014 en 2) Productivity Commission 2015, *Public Safety Mobile Broadband*, Research Report, Canberra.

⁴⁵ Bron: Stratix, *Breedband voor de OOV-sector in de 700 MHz band, onderzoek naar behoefte aan mobiele breedband datacommunicatie*, Februari 2017

⁴⁶ Bron: Min VenJ/Politie MDC, *Verantwoording prestaties 2015 netwerk C2000*, 2016

- (gerubriceerde) back-office systemen, eveneens onder uiteenlopende omstandigheden;
- Zeer hoge geografische dekkingsgraad bij een bepaalde minimale datasnelheid. Voor het bestaande C2000-netwerk geldt een dekkingseis van tenminste 95% (buitenshuis).
 - Mogelijkheden om waar en wanneer nodig (extra) netwerkinfrastructuur in te zetten als de bestaande infrastructuur niet (meer) toereikend is;
 - Ondersteuning van mogelijkheden voor de configuratie van diverse gespreksgroepen en *mapping* van services en applicaties op functies en rollen van OOV-ers;
 - Ondersteuning van OOV-specifieke communicatiediensten/-toepassingen zoals directe communicatie tussen terminals, groepscommunicatie in combinatie met Push-To-Talk, omroep en paging van groepen en personen, en prioritering in toegang;
 - Kosteneffectieve en voldoende toekomstvaste oplossing i.v.m. doelmatige benutting van investeringen met publiek geld.

4.3 Missie-kritische dienstverlening middels een commercieel landelijk netwerk

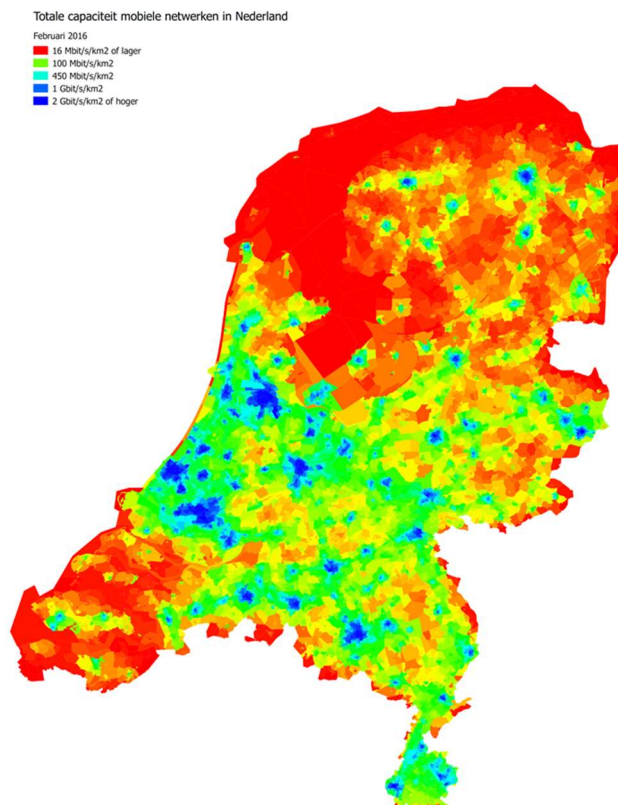
We bespreken hier de optie waarbij de overheid als vraagbundelaar voor haar OOV-gebruikers missie-kritische OOV-diensten afneemt bij een commerciële aanbieder van mobiele netwerkdiensten met een eigen landelijk netwerk (*Mobile Network Operator* of MNO), uitgaande van het operator business model zoals we dat nu kennen. De vraag is aan de orde in hoeverre met commerciële dienstverlening aan bovengenoemde eisen zou kunnen worden voldaan. Voor de goede orde, bediening van OOV-gebruikers door een commerciële operator is al flink wat jaren staande praktijk voor wat betreft niet-missie-kritische diensten. Op dit moment biedt T-Mobile mobiele communicatiedienstverlening aan het politiepersoneel.

- De commerciële dienstverlening in Nederland op het gebied van mobiele communicatie staat in vergelijking tot andere landen op hoog niveau. Er is sprake van een concurrerende en innovatieve markt met vier landelijke operators. De vier overlappende radio-aansluitnetwerken die in belangrijke mate de kwaliteit van dienstverlening aan abonnees bepalen zijn hoogwaardig qua dekking en (geaggregeerde) capaciteit. De radio-aansluitnetwerken zijn behoorlijk verdicht⁴⁷ en operators beschikken op dit moment over exclusieve frequentieruimte in verschillende frequentiebanden vanaf 800 MHz olopend tot en met 2600 MHz⁴⁸. Met het beschikbare portfolio van frequentiebanden en het netwerk van opstelpunten kunnen operators dekking en capaciteit op een economisch zo efficiënt mogelijke wijze inrichten. Lage frequenties (bijv. 800 MHz) bieden daarbij relatief lage capaciteit (per cel) maar de dekkingseigenschappen zijn gunstig; bij de hoge frequenties (bijv. 2600 MHz) geldt precies het omgekeerde. Met state-of-the-art LTE-technologie is de gemiddelde 'opbrengst' in bit/s/Hz hoog en deze zal in de toekomst met nieuwe technieken nog verder gaan toenemen. Door het combineren van frequentiebanden (*carrier aggregation*) kan men ook zeker (zeer) hoge pieksnelheden halen op individuele verbindingen.

⁴⁷ Opgave Agentschap Telecom: totaal 44.395 installaties op het moment van schrijven (september 2017). Bron: <https://www.antennebureau.nl/onderwerpen/algemeen/antenneregister>

⁴⁸ Gelicenceerde banden (2017): 800, 900, 1800, 2100 en 2600 MHz.

In onderstaande figuur is de geaggregeerde capaciteit voor geheel Nederland weergegeven op basis van data begin 2016. Uit de figuur valt op te maken dat die totale capaciteit per km² zoals kan worden verwacht sterk is gecorreleerd met de populatiedichtheid. Veel capaciteit is geconcentreerd in steden en er zijn ook gebieden te identificeren waar op zich wel dekking is maar met een geringe capaciteit (oranje en rode gebieden). Tevens kan hier en daar in het buitengebied (ook situatieafhankelijk) de dekking van individuele netwerken tekort schieten. Dat is een bekend aandachtspunt in de sector en kan ook voor OOV-gebruikers een probleem vormen. Als zich een calamiteit (ongepland) voordoet in een gebied met een 'kwetsbare' kwaliteit van dienstverlening (oranje/rood) dan is het intuïtief voorstelbaar dat daar eerder capaciteitstekorten gaan ontstaan dan in de groen/blauwe gebieden. Immers het 'systeem' heeft daar eenvoudigweg minder regelruimte om fluctuaties in de vraag op te vangen. Dat neemt niet weg dat er uiteraard ongeplande scenario's voorstelbaar zijn waarbij alle beschikbare capaciteit tekort schiet, waar de calamiteit zich ook voordoet. Bij geplande events zijn operators in staat om lokaal extra capaciteit te organiseren. Belangrijke opmerking bij de interpretatie van de figuur is dat de geaggregeerde capaciteit uiteraard maar beperkte betekenis heeft voor de individuele reguliere abonnee die zijn/haar diensten van 1 enkele provider afneemt.



Figuur 4-1: Geaggregeerde capaciteit mobiele netwerken (peildatum: februari 2016). Bron: Dialogic

- Een commerciële operator streeft per definitie naar een positieve business case. Het business model is sterk geënt op bediening van een competitieve massamarkt. Een ver doorgevoerde standaardisatie van processen en systemen en de toepassing van outsourcing zijn belangrijk om kostenvoordelen te behalen en zo een positieve business case te behouden. Dit betekent dat men zich richt op innovaties, maar ook dat er voor iedere nieuwe dienst of feature in het netwerk van de operator een markt moet zijn van voldoende omvang om de investering in die feature binnen een redelijke termijn te kunnen terugverdienen. Derhalve zullen bijvoorbeeld kostbare maatregelen om het netwerk robuuster te maken alleen dan worden doorgevoerd als er in de markt voldoende afnemers komen die bereid zijn voor die extra functionaliteit te betalen. Dat geldt ook voor mogelijkheden om te differentiëren tussen gebruikers en tussen typen applicaties. We zien al wel een duidelijke trend naar meer aandacht van de telecomsector voor een betere bediening van specifieke sectoren (zogenaamde *Verticals*⁴⁹), maar innovatieve netwerkoplossingen en ondersteunende krachtige tools moeten het mogelijk maken deze differentiatiemogelijkheden concurrerend aan te bieden in deze deelmarkten. De omvang van de doelgroep en de specificiteit/uniciteit van de eisen zijn sterk mede bepalend voor het prijsniveau van de dienstverlening. Het OOV-domein is qua omvang niet groot en kent een relatief hoge specificiteit qua eisen. Dat neemt niet weg dat zeker voor een deel kan worden meegelift op de beduidend grotere markt voor *business critical* dienstverlening.
- In de huidige dienstverlening is er al (voorzichtig) sprake van een bepaalde mate van doelgroeprofilering in de dienstverlening, zoals de markering van een separate groep abonnees (Politietoestellen vallen binnen de eigen IMSI-reeks⁵⁰) en de toepassing van bijvoorbeeld prioritering van verkeer van politiefunctionarissen. Technisch zou dit nog aanzienlijk verder kunnen gaan dan het huidige niveau van dienstverlening. Als we kijken wat er vanaf Release 12 op dit vlak mogelijk gaat zijn - fabrikant-specifieke oplossingen nog daar gelaten - dan omvat dat het volgende⁵¹:
 - *Access Control*: Access control is belangrijk om voorrang te kunnen geven aan OOV-gebruikers bij toegang tot het radionetwerk. Als er echt problemen zijn, dan moet men er al voor zorgen dat bij de eerste aanvraag van resources voorrang gegeven wordt. Er kan onderscheid worden gemaakt tussen groepen gebruikers bij het toelaten van terminals tot het netwerk. Bij netwerkoverbelasting kan aan specifieke groepen gebruikers voorrang worden verleend boven andere en groepen kunnen worden afgeschakeld (access barring). OOV-gebruikers kunnen een speciale code (AC 14) toegekend krijgen⁵², terwijl reguliere abonnees een random code AC 0..AC 9 krijgen. Het mechanisme voorziet echter niet in een verder opgesplitste prioritering tussen OOV-gebruikers onderling zoals dit bij C2000 het geval is met tien

⁴⁹ De term 'Verticals' verwijst naar maatschappelijke en/of professionele sectoren met specifieke eisen aan dienstverlening.

⁵⁰ Een IMSI (International Mobile Subscriber Identity) is een uniek nummer dat is toegekend aan een individuele mobiele abonnee.

⁵¹ In het kader van 5G gaat hier qua definities nog het nodige in gewijzigd worden maar de functionaliteit als zodanig blijft gehandhaafd.

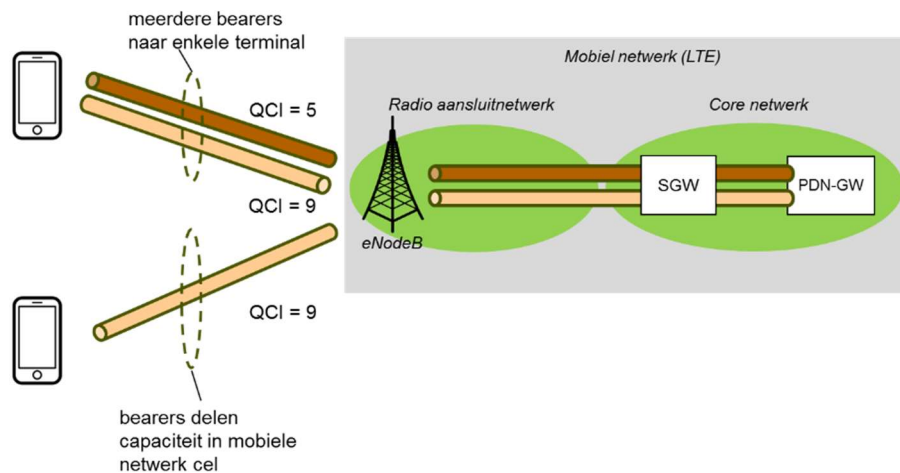
⁵² Zie ook 3GPP TS22.011 sectie 4.

verschillende prioriteitsniveaus⁵³. Vervolgens wordt bij access control via de *System Information Broadcast* doorgegeven welke terminals pogingen mogen doen en welke niet.

- *Bearer Allocation and Retention*: Bij het aanvragen van nieuwe zogenaamde bearers voor het transport van data door het radio- en corenetwerk heeft de operator de mogelijkheid een prioriteit aan zowel default als dedicated bearers toe te kennen en om bij congestie nieuwe aanvragen voor bearers selectief te weigeren en om zelfs reeds toegekende bearers aan ‘gewone’ gebruikers af te breken (pre-emptie). Dit geschiedt via de zogenaamde *Allocation and Retention Priority* (ARP) dat 15 prioriteitsniveaus onderscheidt (“1” is hoogste prio). De bearer voor bijvoorbeeld een mission critical Push-To-Talk applicatie krijgt Prioriteitsniveau 3 en die van een regulier VoLTE gesprek Prioriteitsniveau 10. Als we aannemen dat beide diensten via het type *GBR bearer*⁵⁴ worden gefaciliteerd, dan wordt bij congestie in het netwerk en bij activering van pre-emptie de bearer voor VoLTE tegen gehouden (of afgebroken) en krijgt de bearer voor mission critical PTT (Prio 3, dus hoger dan Prio 10) dan voorrang. Bij *non-GBR bearers* werkt het iets anders omdat daarvoor niet een a priori capaciteitsreservering nodig is.
- *QoS differentiatie via QCI*: In een netwerk kan er voor iedere bearer (GBR of non-GBR) worden gedifferentieerd naar Quality of Service niveau via de zogenaamde QCI-indicator. Sinds Release 8 zijn er negen QCI-niveaus (1 t/m 4 voor GBR en 5 t/m 9 voor non-GBR). In 3GPP Release 12 zijn daar ten behoeve van OOV QCI-klassen aan toegevoegd, namelijk 65 en 66 (GBR; Mission Critical respectievelijk non Mission Critical PTT) en 69 en 70 (non-GBR; respectievelijk missie-kritische netwerkvertraging gevoelige signalering en missie-kritische data). In het algemeen hebben deze speciale QCI-codes een hogere prioriteit dan de overeenkomende gewone QCI's, bijvoorbeeld QCI 65 heeft een prioriteit van 0.7 (hetgeen hoger is dan de prioriteit 2 van QCI 1 voor Conversational Voice), en QCI 69 heeft een prioriteit van 0.5 (hoger dan de 1 van QCI 5 voor IMS Signalling). Zie ook *Figuur 4-2* hieronder. Het dynamisch aanpassen van QoS-niveaus van bearers, vastgelegd op de Home Subscriber Server (HSS), is mogelijk als de situatie daarom vraagt.

⁵³ Als OOV-gebruikers over een eigen netwerk slice zouden gaan beschikken, is dit wel mogelijk. Zie verderop in deze paragraaf.

⁵⁴ GBR: Guaranteed Bit Rate is een van de typen bearers en waarvoor een gegarandeerde bitsnelheid geldt. Voor een non GBR bearer geldt die garantie dus niet.



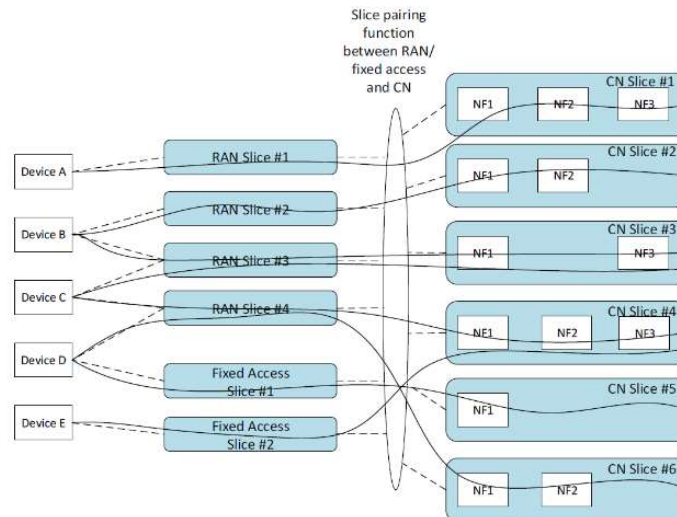
Figuur 4-2: Toepassing van data bearers met bepaalde QCI waarde ten behoeve van quality of service. SGW: Services Gateway. PDN-GW: Packet Data Network Gateway.

- Een belangrijke technologie die met 5G zijn intrede zal doen in de realisatie van mobiele netwerken is slicing. Slicing⁵⁵ is nog in ontwikkeling bij industrie en kennisinstellingen maar zal de komende jaren ook in het standaardisatieproces prominent worden meegenomen (vanaf Release 15). Slicing komt er op neer dat één enkele mobiele operator meerdere virtuele logisch gescheiden netwerken kan realiseren en in de markt kan zetten. Deze netwerken kunnen onderling zeer verschillend en ook flexibel/dynamisch worden geconfigureerd en kunnen in principe dus ook kortstondig bestaan. Bij een juiste dimensionering bij de implementatie beïnvloeden de slices elkaar onderling niet, tenzij dat bewust door de operator wordt toegelaten. Dit maakt het mogelijk om een mobiel netwerk functioneel helemaal af te stemmen op specifieke gebruikerseisen qua dienstverlening en terminaleigenschappen (bijvoorbeeld relevant bij *Internet of Things*), en kunnen prestaties via individuele *Service Level Agreements* (SLA's) worden vastgelegd. Er ontstaat ook een nieuwe rol, namelijk die van *Infrastructure Provider*, een partij die als hostende partij met eigen fysieke infrastructuur anderen de mogelijkheid biedt om 'Network-as-a-service' aan te bieden aan de eigen doelgroep. Het slicing concept zoals op dit moment in 3GPP wordt voorzien, is ingericht op het realiseren van een end-to-end netwerkfunctionaliteit binnen 1 enkel operatordomein. Mobiele terminals kunnen op meerdere slices zijn geabonneerd die simultaan actief gebruikt kunnen worden maar niet van verschillende operators kunnen worden betrokken. Binnen een individuele slice zijn alle eerder beschreven instrumenten voor pre-emptie en prioritering beschikbaar. De doorvertaling van slicing naar het radio-aansluitnetwerk is wel ingewikkeld omdat daarin altijd een relatie moet blijven bestaan tussen gevirtualiseerde netwerkfuncties en fysieke radio functionaliteit, een beperking die in het core netwerk niet aan de orde is⁵⁶. Derhalve is de vormgeving van RAN slicing binnen 3GPP nog onderwerp van studie. De teneur

⁵⁵ Zie ook bijlage G voor een nadere toelichting van slicing (Engelstalig)

⁵⁶ In het onderzoeksproject METIS II wordt specifiek gekeken naar de uitwerking van RAN slicing

van deze ontwikkeling die ook in deliverables van diverse 5G onderzoeksprojecten naar voren komt is wel richting maximalisering van flexibiliteit binnen en tussen netwerkslices. zoals bijvoorbeeld de mogelijkheid om verschillende combinaties te maken van slices, ook wel *slice pairing* of *slice stitching* genoemd. 5G Americas onderscheidt bijvoorbeeld separate RAN slices en Core Netwerk slices die kunnen worden gecombineerd zoals in onderstaande figuur is weergegeven. Het project 5G!Pagoda houdt zich eveneens bezig met het aaneenrijgen van slices en introduceert het concept van gestandaardiseerde slice templates⁵⁷.



Figuur 4-3: Slice pairing: Combineren van RAN en CN-slices. Bron: 5G Americas⁵⁸

De slicing-technologie betekent dus een wezenlijk nieuwe stap in het bieden van maatwerk door mobiele operators aan bijzondere gebruikers.

- De mobiele operator gaat dus beschikken over een steeds beter ingericht netwerk en instrumentarium om de dienstverlening van OOV-gebruikers te reguleren en beter op hun eisen af te stemmen, in principe zelfs ook dynamisch. Op dit moment wordt de netneutraliteitswetgeving door operators als beperkend gezien als het gaat om differentiatie in dienstverlening in mobiele netwerken. Bij netneutraliteit gaat het om het tegen gaan van het risico dat door gedifferentieerde dienstverlening aan specifieke groepen abonnees de toegankelijkheid van het publieke internet via deze netwerken in gevaar komt. Immers, het toekennen van prioriteiten aan gebruikers en toepassingen zal binnen een capaciteit begrensd aansluitnetwerk de resterende beschikbare capaciteit voor de publieke internet toegangsdienst doen verminderen. Hiervoor zijn door de BEREC *guidelines*⁵⁹ opgesteld waarbij onder meer ruimte wordt geboden voor de definitie van zogenaamde *specialised services*. Dit zijn diensten die aan specifieke eisen voldoen zodanig dat netneutraliteit op die diensten als

⁵⁷ Zie <https://5g-pagoda.aalto.fi/assets/demo/attachement/delivrables/5G!Pagoda%20-%20D2.3%20-%20architecture.pdf>

⁵⁸ Bron:

http://www.5gamericas.org/files/3214/7975/0104/5G_Americas_Network_Slicing_11.21_Final.pdf

⁵⁹ Bron: BEREC Guidelines on the Implementation by National Regulators of European Net Neutrality Rules, August 2016.

‘niet van toepassing’ kan worden verklaard (verlening ontheffing). Een belangrijk kenmerk van een specialised service is dat de dienst niet via het publieke internet wordt afgewikkeld. Praktische toepassing van de BEREC- guidelines en de daarvan afgeleide Nederlandse regelgeving is echter zeker in mobiele netwerken niet triviaal en bepalingen worden door overheid en markt nogal verschillend geïnterpreteerd. Dit maakt aanbieders huiverig op het gebied van differentiatie in dienstverlening. Het besproken toekomstige slicing concept biedt mogelijkheden om missie-kritische OOV- dienstverlening op zijn minst logisch te scheiden van het reguliere internetverkeer, waarmee deze dienstverlening voor de regelgever mogelijk onder de categorie specialised services zou kunnen vallen. Dit is momenteel in onderzoek door TNO voor 5G-netwerken met OOV als een van de use cases.

- Hoewel commerciële operators dus de technische mogelijkheden hebben/krijgen om OOV-specifieke diensten anders te behandelen, zullen ze terughoudend zijn om ze verregaand in te zetten als dat betekent dat eigen abonnees daarvoor weg moeten worden gedrukt om zo tijdelijk en plaatselijk capaciteit vrij te maken voor noodzakelijke communicatie door hulpdiensten. Immers, juist onder dergelijke omstandigheden is de verkeersvraag tijdelijk en plaatselijk onder de reguliere abonnees al hoog met mogelijke congestie-effecten. Individuele commerciële operators lopen dan risico op reputatieschade⁶⁰. Het is dus niet eenvoudig voor operators om binnen zo’n business model de OOV-gemeenschap absolute garantie te bieden op (voldoende) connectiviteit in situaties met een al hoge netwerkbelasting, terwijl aan OOV-zijde die garanties juist wel worden verlangd. Hier zal dus bij de operator sprake zijn van een zekere “pijngrens”, waarboven de operator te maken heeft met een ontoelaatbare impact. De vraag is interessant wat de invloed is van de beschreven slicing-ontwikkeling op deze kwestie. Zoals hiervoor beschreven worden met slicing meerdere, geïsoleerde virtuele netwerken gemaakt. Dan ligt het voor de hand dat er voor missie-kritische OOV-dienstverlening een separate slice komt met een afgesproken capaciteitsminimum en -maximum. Het capaciteitsminimum is a priori gereserveerde capaciteit. Minimale (gegarandeerde) capaciteitsafspraken in een commercieel netwerk zijn noodzakelijkerwijs duur omdat die capaciteit immers niet ook aan anderen kan worden verkocht⁶¹. In het geval van missie-kritische OOV-dienstverlening, waarbij sprake is van een hoge *peak-to-average ratio* in het verkeer, zou dit met een hoog capaciteitsminimum een zeer kostbaar scenario zijn. Als om die reden juist gekozen wordt voor een laag capaciteitsminimum dan moet dat toch gecombineerd worden met toegang tot tenminste een andere slice waarin missie-kritisch OOV-verkeer prioriteits- en pre-emptie rechten krijgt, maar dan zijn we weer terug op het punt waar we begonnen met de beschouwing. Later bij de bespreking van het hybride model komen we terug op dit onderwerp.
- Uitval van dienstverlening kan, behalve congestie, ook andere systeeminterne of juist externe oorzaken kennen. Commerciële mobiele netwerken zijn van origine primair niet gebouwd op maximale beschikbaarheid van dienstverlening en op

⁶⁰ Het ligt mogelijk nog anders als alle operators hier in gelijke mate mee te maken zouden hebben.

⁶¹ Denkbaar is wel een vorm van secundair gebruik door derden, maar de economische waarde van secundair gebruik is uiteraard lager, dus worden hoge kosten gedeeltelijk gecompenseerd.

fysieke en elektronische robuustheid⁶². Niettemin wordt, gezien het toenemende maatschappelijke belang van mobiele communicatie, van operators tegenwoordig verwacht dat zij zorgen voor een hoge betrouwbaarheid in dienstverlening en in het bijzonder voor een volledig landelijke dekking (op basis van een geografisch i.p.v. een demografisch criterium). De ontwikkelingen op dit front staan dan ook niet stil:

- LTE-technologie voorziet in mogelijkheden voor autonome foutdetectie en -correctie en herconfiguratie. LTE-netwerken gaan zich bij storingen dus intelligent gedragen middels het automatisch opsporen en verhelpen van problemen in het netwerk
- Virtualisering of ook wel *softwarisation* van netwerken in het kader van 5G vergroten in potentie de beschikbaarheid van dienstverlening omdat van complete netwerken zaken als redundantie en backups kosteneffectief kunnen worden georganiseerd. Mobiele terminals kunnen op meerdere slices worden aangesloten waardoor de dienstverlening niet hoeft te worden bepaald door de faalkans van 1 individuele slice. Daar staat wel tegenover dat de intrinsieke betrouwbaarheid van volledige gevirtualiseerde netwerken zich in de praktijk nog moet gaan bewijzen.
- Er komen technieken aan die terminals de mogelijkheid bieden om op de rand van een cel signalen van naburige basisstations constructief te ontvangen om zo minder gevoelig te worden voor de verbindingkwaliteit binnen de eigen cel. De relatief hoge dichtheid van opstelpunten zeker in stedelijk gebied maakt de dienstverlening ook minder kwetsbaar voor uitval van individuele opstelpunten;
- Tevens is in 2013 naar aanleiding van de brand in het Vodafone netwerk in Rotterdam door Vodafone, KPN en T-Mobile in Nederland besloten om *regional roaming* mogelijk te maken. Regional roaming is bedoeld als vangnet in geval van een langdurige calamiteit bij een van de operators, met een hersteltijd van minimaal drie dagen. De drempel om over te gaan tot regional roaming is overigens hoog en de beslissing daarover is de verantwoordelijkheid van de getroffen operator⁶³.
- De Nederlandse overheid neemt in verband met toenemende maatschappelijke belang van mobiele communicatie specifieke dekkingseisen op in de toekomstige vergunningen voor frequenties in de 700 MHz band⁶⁴. Onder andere voor de verbetering van de bereikbaarheid van 1-1-2 via de mobiele telefoon vooral in landelijk gebied hebben mobiele operators ook zelf initiatieven tot verbetermaatregelen ontplooid.

Dit alles neemt niet weg dat mobiele netwerken voorlopig nog steeds de lijst van ENISA aanvoeren wat betreft uitval van dienstverlening door technische storingen⁶⁵:

- Van de 158 door de lidstaten gemelde incidenten in de telecomsector was 71% van technische aard. Voor mobiele telefonie en internet bedroeg dat rond de 75%. Er is een reeks van specifieke oorzaken aan de orde maar problemen met switches en routers voeren de lijst aan. Problemen in de categorie van

⁶² Bron: Gomes et al, *A survey of strategies for communication networks to protect against large scale natural disasters*, IEEE, 2016

⁶³ Bron: Kamerbrief Minister van Economische Zaken, mei 2013, ref: DGETM-TM / 13061025

⁶⁴ Bron: Ministerie van Economische Zaken, Nota Mobiele Communicatie 2017

⁶⁵ Bron: <https://www.enisa.europa.eu/publications/annual-incident-reports-2016>

technische oorzaken veroorzaken een gemiddelde uitvalsperiode van de services van 19 uur. In combinatie met de omvang van de getroffen populatie is het aantal uitgevallen service-uren ten gevolge van technisch falen veruit het hoogste (38.500 uur per jaar).

- Van alle telecomdiensten heeft mobiel internet het meeste te maken gehad met onderbrekingen/uitval. De getroffen abonneepopulatie is bij deze dienst ook het grootst. Met uitzondering van het jaar 2014 is dit ook in de afgelopen drie jaren het geval geweest.

De continuïteit van dienstverlening van mobiele netwerken kan door een aantal factoren incidenteel of langduriger worden aangetast:

- extreme congestie zoals hiervoor besproken;
- fysieke schade van opstelpunten, schakelcentra, datacenters door brand. De Vodafone brand uit 2012 is in dit opzicht een belangrijk event geweest;
- extreme weers-/klimaatomstandigheden, met als specifieke bedreigingen: zware stormen en orkanen, en overstromingen. Deze risico's zijn actueel en in het licht van mogelijke klimaatverandering waarschijnlijk blijvend, issues die ook voor Nederland consequenties heeft. Er zijn de afgelopen jaren veel sites bijgebouwd in Nederland. De vraag is hoe gevoelig deze fysieke infrastructuur is voor extreme weersomstandigheden;
- gevolgen van terroristische activiteiten met fysieke uitval van telecominfrastructuur (bijv. opstelpunten, kabels of datacenters) als 'collateral damage';
- gerichte sabotage van vitale infrastructuren waaronder (mobiele) telecommunicatienetwerken. De dreiging van *cyber warfare* is daarbij het meest prominent. In het recente verleden zijn netwerken tijdelijk uitgevallen als gevolg van cyber aanvallen. De Nationale Coördinator Terrorismebestrijding en Veiligheid (NCTV) heeft recentelijk ook haar zorgen geuit over de kwetsbaarheid van voorzieningen door volledige digitalisering⁶⁶. Denk bij mobiele netwerken ook aan *jamming* als dreiging;
- (Langdurige) stroomuitval. In het kader van de energietransitie wordt vanuit de sector gewaarschuwd voor grotere risico's van stroomuitval door de toenemende afhankelijkheid van niet continu leverende energiebronnen. De beschikbaarheid van commerciële netwerken bij stroomuitval wordt in veel gevallen lastig bij stroomuitval langer dan 30 minuten. De grote bottleneck bij beschikbaarheid tijdens stroomuitval is de stroomvoorziening van de radio nodes (bijv. de basisstations). De beschikbaarheid van core netwerk elementen is vaak beter te regelen, omdat dit er veel minder zijn die vaak op goed bereikbare en grotere locaties staan. Een diesellaggregaat e.d. is op dergelijk locaties goed te organiseren. Ter vergelijking: de huidige C2000-opstelpunten zijn bestand tegen een maximale stroomuitvalperiode van vier uur.

De voornoemde ENISA-cijfers zijn verzameld over de gehele EU en gelden dus niet noodzakelijkerwijs ook voor Nederland. Bovendien beschikken we niet over cijfers over de uitval van missie-kritische mobiele netwerken. Dus is een absoluut en vergelijkend oordeel niet mogelijk, maar er kan wel worden gesteld dat de continuïteit van de beschikbaarheid van mobiele communicatie diensten met het oog op missie-kritische dienstverlening een uiterst belangrijk aandachtspunt is.

⁶⁶ Bron: <https://www.rd.nl/vandaag/binnenland/nctv-baas-dick-schoof-cyberdreiging-is-echt-heel-zorgelijk-1.1432475>

Een model waarbij men voor missie-kritische OOV-dienstverlening volledig leunt op de dienstverlening van een enkele commerciële operator, vergt dus maatregelen om de kans op uitval, juist ook bij diverse typen externe calamiteiten aanzienlijk te reduceren. Te denken valt aan⁶⁷ extra backup-voorzieningen voor de elektrische voeding, bouwkundige versterking om opstelpunten beter bestand te laten zijn tegen overstromingen, brand en sabotage, meervoudige ophanging van het opstelpunt aan het core netwerk via onafhankelijke routes en redundantie in het core netwerk.

De conclusie na deze beschouwing is dat commerciële operators aan het OOV-domein vooral veel te bieden hebben, individueel en collectief, wat betreft dekking en capaciteit van hun landelijke mobiele netwerk. Slicing technologie zal operators in de toekomst in staat stellen hun dienstverlening nog beter dan nu te verbijzonderen en dus toe te spitsen op de eisen van de OOV-sector. Dat neemt niet weg dat de netwerken niet zijn ingericht om aan alle missie-kritische eisen te voldoen c.q. te allen tijden daaraan te voldoen. Hoewel er terdege sprake is van een gestage verbetering door het sterk toegenomen maatschappelijke belang van de dienstverlening, laten deze netwerken zich qua robuustheid en continuïteit zich niet meten met missie-kritische netwerken zoals C2000. Dit gaat niet vanzelf gebeuren gezien de hoge kosten die daarmee gemoeid zijn.

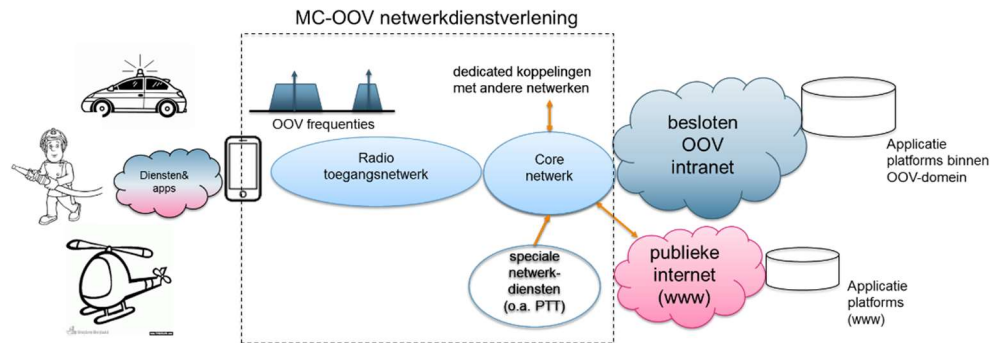
Last but not least: de dienstverlening van een individuele operator kan in het geding raken door faillissement. Ook zijn mobiele operators voor hun bedrijfsvoering afhankelijk van de beschikking over spectrumlicenties met een tijdelijke duur. Hoewel moderne operators met de beschikking over meerdere licenties hun risico's hebben gespreid kan in het veilingmodel het risico van verlies van spectrum aan anderen niet worden uitgesloten.

4.4 Dienstverlening middels een eigen exclusief missie-kritisch OOV-netwerk

In de huidige situatie met C2000 hebben we al te maken met een exclusief missie-kritisch OOV-netwerk (MC-OOV netwerk). Het C2000-netwerk zal met de voorgenomen upgrade voorlopig blijven voldoen aan diverse essentiële eisen voor missie-kritische communicatie: robuustheid, beveiliging, dekking, verbindingsoptimalisatie, groepscommunicatie, autonomie in gebruik. Een groot en in de tijd toenemend manco van C2000 is echter dat het niet geschikt is voor mobiele breedband data georiënteerde diensten en toepassingen.

De missie-kritische OOV-dienstverlening op basis van een exclusief MC-OOV netwerk, gebaseerd op 3GPP-technologie, ziet eruit zoals hieronder schematisch weergegeven.

⁶⁷ Zie ook: <http://www.pc.gov.au/inquiries/completed/public-safety-mobile-broadband/report/public-safety-mobile-broadband.pdf>



Figuur 4-4: Schematische weergave van dienstverlening op basis van exclusief MC-OOV netwerk

OOV-gebruikers (links) vragen om mogelijkheden voor mobiele communicatie, zowel onderling als ook met OOV-specifieke databases en applicaties (back-office) en uiteraard met toepassingen die via het publieke Internet bereikbaar zijn. De eigenlijke netwerkdienstverlening vindt plaats binnen het gestippelde kader. Het radio-aansluitnetwerk (inclusief *backhaul* verbinding) en het core netwerk zijn de belangrijkste onderdelen (in lichtblauw weergegeven). Aan het core netwerk zijn OOV-specifieke telecommunicatiediensten toegevoegd evenals koppelingen met andere netwerken. Het MC-OOV netwerk gebruikt eigen frequenties.

Continuering van dit "C2000"-model, d.w.z. missie-kritische OOV-dienstverlening met een eigen exclusief netwerk in de toekomst is niet vanzelfsprekend:

- Een technologietransitie wordt onvermijdelijk. De oorspronkelijke door ETSI gestandaardiseerde TETRA-technologie kan principieel niet mee in de sterk stijgende behoefte naar mobiel breedband pakket geschakelde communicatie. Als men naar een integrale oplossing wil voor missie-kritische communicatie (spraak en data) dan is het TETRA-pad op termijn niet meer begaanbaar. De TEDS-ontwikkeling is een poging van de TETRA-industrie geweest voor meer datacommunicatie-mogelijkheden maar dit wordt vanwege de capaciteitsbeperkingen relatief weinig toegepast. Toepassing van 3GPP-technologie voor OOV-doeleinden wordt attractief uit oogpunt van:
 - technisch-functionele mogelijkheden waarbij nadrukkelijk wordt ingespeeld op behoeften van de OOV-gemeenschap. Daarbij gaat het concreet om: ondersteuning van specifieke spraakdiensten, diverse groepsgerichte communicatiemogelijkheden inclusief paging van groepen en personen, toepassing van '*tactical LTE bubbles*'⁶⁸, directe communicatie tussen terminals, en koppeling met TETRA- en P25-netwerken;
 - netwerkprestaties qua snelheid en capaciteit die ver uitsteken boven die van *legacy* technologie zoals TETRA;
 - het uitgebreide internationale ecosysteem voor netwerken, terminals en software.
- Een 3GPP gestandaardiseerde technologie zoals UMTS, LTE en later 5G zit echter op een wezenlijk ander niveau van complexiteit. De ontwikkelings-

⁶⁸ Dit slaat op zeer compacte en separaat te ontplooiën LTE-netwerken.

snelheid van die technologie is hoog, en is zeker aanzienlijk hoger dan waar men met TETRA mee te maken had. Verder is de incorporatie van OOV-specifieke eisen in moderne LTE-netwerken een geleidelijke ontwikkeling die nog niet is voltooid: het profiteren van de internationale schaalgrootte van 3GPP-technologie staat nog op gespannen voet met die OOV-specifieke ontwikkeling en met het daarmee gepaard gaande aanbod van leverancier specifieke oplossingen. Beoordeling, aanschaf en exploitatie van netwerkoplossingen stelt blijvend hoge eisen aan kennis, kunde en middelen van de organisatie die daar verantwoordelijkheid voor neemt.

- Voor de MC-OOV operator is een volwaardig eigen onafhankelijk adequaat gedimensioneerd aansluitnetwerk met eigen gereserveerde frequenties functioneel gezien wellicht wel het ideaalbeeld. Wat betreft de eigen frequenties hebben we eerder in dit rapport vastgesteld dat met de beperkte eigen frequentieruimte, een volledig eigen aanleg, exploitatie en beheer van een landelijk mobiel breedband netwerk voor missie-kritische communicatie en gebaseerd op LTE-technologie zeer kostbaar uitvalt. Bovendien zal de sterke groei in de vraag naar mobiel breedband die we in alle sectoren zien zich tot op zekere hoogte ook manifesteren in het OOV-domein. Dan ontkomt men, ondanks zelfregulering van de capaciteitsbehoefte, niet aan een gestage groei van de benodigde capaciteit ook in dat radio-aansluitnetwerk. Uitgaande van een gegeven hoeveelheid gereserveerd spectrum, zal die groei in de vraag moeten worden opgevangen in eerste instantie met technologie upgrades en dan indien noodzakelijk met verdere verdichting van het radio-aansluitnetwerk.

Een volledig eigen core netwerk is door onderzoeksbureau Stratix geschat op eenmalig 150 MEUR. De meeste kosten zitten echter in de aanleg van een vernieuwd landelijk radio-aansluitnetwerk (RAN), dat substantieel groter (dichter) zou moeten zijn dan van het huidige C2000-netwerk, zeker als we daarbij uitgaan van de overgang naar de 700 MHz band. Stratix had de kosten voor een dergelijk netwerk (1.200 opstelpunten) geraamd op 600 MEUR. De herbruikbaarheid van de bestaande C2000 sites zal waarschijnlijk beperkt zijn op grond van hun onderlinge afstanden (gebaseerd op 400 MHz raster) en op grond van te voorziene ontoereikende capaciteit van de backhaul-verbindingen naar het core netwerk⁶⁹. Evenals CAPEX-kosten van een eigen radio aansluitnetwerk mogen ook de kosten voor planning en beheer niet worden onderschat. Aan de baten kant heeft men weliswaar de beschikking over geheel eigen onafhankelijk en op missie-kritische OOV toegespitst netwerk, maar is de benuttingsgraad laag door de typisch hoge *peak-to-average* verhouding van missie-kritisch OOV-verkeer. De vraag die we onszelf stellen is niet of een MC-OOV netwerk dit zou mogen kosten (dat is een politieke afweging) maar of de aantrekkelijkheid van een eigen netwerk wat betreft kosten/baten verhouding niet zou kunnen worden verbeterd zonder veel af te doen aan die onafhankelijkheid. We lopen hieronder een aantal oplossingsrichtingen langs:

- Men kan overwegen een LTE-netwerk niet in de 700 MHz band maar in de 450-470 MHz band te bouwen, een frequentieband die dicht in de buurt van de band voor het huidige C2000 ligt⁷⁰. Voordeel daarvan is dat de

⁶⁹ Backhaulverbindingen in het C2000 netwerk zijn gebaseerd op DSL-technologie.

⁷⁰ Dit betreft delen van de 380-400 MHz band. Daarvan moet op termijn 2x3 MHz aan NATO worden teruggeven.

herbruikbaarheid van het huidige C2000-aansluitnetwerk aanzienlijk wordt vergroot en de 450 MHz band wat gunstiger propagatie-eigenschappen heeft dan de 700 MHz band (grotere reikwijdte, betere dekking door sterker diffractie-effect en betere doordringbaarheid in panden). Het ecosysteem voor LTE in deze P(A)MR-band staat nog in de kinderschoenen en zal nog ca. 5 jaar nodig hebben om volledig tot ontwikkeling te komen. Het lange-termijn perspectief in Europa voor LTE gebaseerde PAMR is op zich niet slecht, maar de mobiel breedband toepassing in Nederland is met een beperkte spectrumruimte van 2 x 3 MHz niet erg realistisch. Herbestemming (Eng: *Refarming*) van deze band, die wordt gekenmerkt door een grote diversiteit aan toepassingen, om zo meer ruimte te maken voor een mobiel breedband PAMR-oplossing voor OOV is een ingewikkeld en langdurig proces⁷¹. Daar speelt ook nog de intentie voor een upgrade van de toewijzing aan MetSat van een secundaire naar een primaire status voor DCS-toepassingen⁷² tijdens de WRC-2019.

Ergo, de 450 MHz band optie steekt niet af als gunstig alternatief voor de 700 MHz band optie.

- Men kan bezuinigen op de capaciteit van het netwerk door een minimale dichtheid na te streven. Men kan bijvoorbeeld overwegen wel vast te houden aan een landelijk netwerk maar dan eenvoudigweg te kiezen voor hergebruik van de bestaande C2000-opstelpunten. De consequentie van die keuze is echter dat door de vergroting van de omvang van de cellen, op de celranden een beduidend lagere datasnelheid moet worden geaccepteerd dan welke was aangenomen in onze spectrumberekeningen. Indoordekking wordt op veel plaatsen problematisch. Deze “gaten” in de dekking van het netwerk maken het netwerk voor OOV-doeleinden praktisch onbruikbaar. Daarnaast zullen de terminals veel vaker op maximaal vermogen gaan zenden om de ontvangen signaalsterkte bij het basisstation te maximaliseren. Dit verkort de batterijduur van handheld toestellen aanzienlijk. Dan kan men nog beter voor een flexibele oplossing kiezen waarmee men dekking en capaciteit kan creëren waar en wanneer dat nodig is.
- De benuttingsgraad van het MC-OOV netwerk kan worden verhoogd door een veel grotere groep publieke en private gebruikers die een rol hebben in de maatschappelijke veiligheid erop toe te laten (ook met toepassing van prioritering). Dit model wordt in Zweden toegepast. Het beheer van het netwerk wordt daarmee wel een stuk complexer. Het is verder onzeker of een *critical communications* dienstverlening op basis van Band 68 apparatuur in Europa van de grond gaat komen.
- De beschikbare capaciteit in het netwerk kan efficiënter worden benut door bijvoorbeeld: etherdiscipline (gedragsverandering, geen technisch aspect), indien mogelijk toepassen van data *store-and-forward* technieken (als alternatief voor streaming) en de toepassing van compressietechnieken en adaptatietechnieken die de kwaliteit van de toepassing laten meebewegen met de beschikbare datasnelheid op de radioverbinding.
- Efficiëntie- en mogelijk ook synergiewinst kan worden geboekt door de exploitatie van het MC-OOV netwerk uit te besteden aan een telecom operator. Op dit punt komen we direct uitvoeriger terug.

⁷¹ Bron: Dialogic, *Marktonderzoek Professionele Mobiele Communicatie in de 450-470 MHz band*, juni 2017.

⁷² Bron: WRC-15 Res 766. DCS: Data Collection Systems (monitoring klimaatverandering).

- Benutting van zoveel mogelijk reeds bestaande sites die al worden gebruikt door commerciële operators. Via een publiek-private samenwerking zouden een aantal goed gekozen sites kunnen worden opgewaardeerd naar missie-kritisch niveau (*hardening*). Met deze oplossing is de OOV-dienstverlening gediend, maar kunnen commerciële operators met *mission of business critical service* proposities ook profiteren. Hier moet wel worden nagegaan of er dan geen sprake is van ongeoorloofde staatssteun.

De rol van MC-OOV operator zou uitbesteed kunnen worden aan een bestaande commerciële mobiele operator waarmee een aantal van bovengenoemde punten kan worden opgelost/verlicht. Daar zijn een aantal opmerkingen over te maken:

- Een marktpartij kan een dubbelrol vervullen, namelijk een mobiele operator met een eigen commerciële netwerkexploitatie die daarnaast een tweede separate rol invult namelijk die van MC-OOV operator. Een dergelijke gecombineerde rol door één partij heeft bepaalde synergievoordelen in de netwerkexploitatie. De eerder geschetste slicing ontwikkeling faciliteert bij uitstek de technische invulling van meerdere rollen door 1 partij.
- Uitbesteding van deze complexe rol aan een private partij of aan een consortium kan de kosten drukken op grond van efficiency- en synergie-effecten en is ook wettelijk toegestaan, mits de zorgplicht kan worden ingevuld via degelijke afspraken met deze partij. De publicatie “Weerbare vitale infrastructuur” van het NCTV⁷³ geeft aan dat 80% van de infrastructuur die in Nederland is aangewezen als vitaal (inclusief C2000-communicatie maar ook publieke telecommunicatie op basis van spraak en data), wordt verzorgd door private partijen.
- Het is wel belangrijk om het essentiële onderscheid tussen de rollen goed voor ogen te houden en de rolscheiding zal binnen het operatorbedrijf met de dubbelrol ook (juridisch) moeten worden geïmplementeerd. Het is logisch dat een SLA voor MC-OOV dienstverlening veel verstrekkender is dan die voor reguliere vormen van dienstverlening door commerciële operators zoals zij die ook met tal van andere organisaties afsluiten. Naast afspraken over de dienstverlening in strikte zin zijn ook afspraken aan de orde wat betreft aansprakelijkheid, data retentie, financial accountability, en heldere criteria voor bestuurlijke inmenging tot en met onder-curatele-stelling⁷⁴. Hoe dit in de context van slicing vorm moet gaan krijgen is nog niet duidelijk.
- De overheid kan volledige zeggenschap houden over een specifieke telecommunicatiedienst. De NoodCommunicatieVoorziening (NCV, opvolger van Nationaal Noodnet) is bijvoorbeeld een voorziening die is ingevuld en wordt beheerd door KPN als private partij, onder auspiciën van het Ministerie van Veiligheid en Justitie via een langlopend contract⁷⁵. Het is een vorm van zeker gestelde communicatie over het KPN-netwerk (met inbegrip van mobiele communicatie), juist ten behoeve van continuïteit van bestuur en openbare orde en veiligheid tijdens noodsituaties. De overheid heeft volledige zeggenschap over

⁷³ Bron: https://www.nctv.nl/binaries/Factsheet%20weerbare%20vitale%20infrastructuur_tcm31-234709.pdf

⁷⁴ Zie ook Rapport *Commercial Networks for mission critical broadband* (SMART 2013/0016)

⁷⁵ Bron: Brief Ministerie van Veiligheid en Justitie/NCTV aan de TK, 14 februari 2012, ref. 2012-000048892

het gebruik van deze dienst maar KPN mag de betreffende verbindingen (koper- of glaslijnen) die voor de dienst worden gebruikt ook gebruiken voor commerciële doeleinden. KPN moet garanderen dat de NCV abonnees altijd en met prioriteit verbinding kunnen krijgen. De situatie is dus omgedraaid: KPN *mag* de betreffende infrastructuur commercieel uitbaten mits de garantie op prioriteit in de dienstverlening niet wordt aangetast. In de VS heeft de FirstNet oplossing voor OOV gelijkenis met het NCV-scenario. De frequenties waarop het FirstNet LTE-netwerk (700 MHz band) werkt zijn primair bestemd voor OOV-gebruik. Dit is zo ook juridisch vastgelegd. Het is de exploitant van FirstNet toegestaan om deze frequentieruimte ook commercieel uit te nutten mits dit niet ten koste gaat van de dienstverlening richting de OOV-gebruikers. Commercieel gebruik van deze frequenties heeft dus in dit voorbeeld een secundaire status.

4.5 Dienstverlening middels een hybride model

4.5.1 Inleiding

De aantrekkelijkheid van een hybride model in het OOV-domein is gelegen in de mogelijkheid om *'the best of both worlds'* met elkaar te verenigen, d.w.z. een eigen MC-OOV netwerk voor end-to-end dienstverlening waarbij gebruik wordt gemaakt van een aantrekkelijke eigenschap van commerciële netwerken in Nederland, namelijk een sterk verdicht radio-aansluitnetwerk.

In literatuur over PPDR (OOV) wordt 'hybride' vaak opgevat als een vorm waarbij de toepassing van zowel commercieel spectrum als ook gereserveerd spectrum aan de orde is. In dit rapport verstaan we onder 'hybride' een vorm van netwerkdienstverlening aan OOV-eindgebruikers die is gebaseerd op de *samenwerking* tussen een exclusieve OOV-telecomoperator (MC-OOV operator) met eigen voorzieningen (zoals infrastructuur en frequenties) en een of meerdere commerciële operators (MNO's). Het gaat daarbij om *netwerkdienstverlening*, dus een speciale OOV-app die via een commercieel mobiel netwerk wordt aangeboden aan OOV-gebruikers is geen voorbeeld van een hybride model omdat de OOV-app zelf geen netwerkdienst is.

Een hybride model kan ingewikkeld zijn omdat het een samenwerking betreft tussen twee wezenlijk verschillende aangeklede en maatschappelijk gepositioneerde rollen en, afhankelijk van de gekozen samenwerkingsvorm, er meerdere en bovendien onderling verschillende netwerk-/systeemimplementaties bij komen kijken. De samenwerking die we hier beschouwen moet technisch, organisatorisch, financieel en juridisch zo worden geregeld dat de overheid de genoemde zorgplicht kan blijven waarmaken, ook bijvoorbeeld als de commerciële partij in de samenwerking door financiële omstandigheden zijn dienstverlening gedwongen moet staken⁷⁶. Denk daarbij ook aan de consequentie van een overname door een buitenlandse partij. Aangezien moderne telecomoperators niet zelden ook zelf weer *wholesale* diensten afnemen van andere partijen (inclusief hun eigen leveranciers) i.v.m. voordelen qua kosten en flexibiliteit kunnen een groot aantal partijen betrokken zijn in een hybride model.

Commerciële telecom operators kunnen met elkaar samenwerken en mogen dat ook als dit uit oogpunt van mededinging toelaatbaar is. Samenwerking (anders dan in een

⁷⁶ Het maakt daarbij veel uit in hoeverre de Staat eigendomsrechten heeft in de private telecomonderneming waarmee de samenwerking wordt aangegaan.

contractuele leverancier-afnemer verhouding) is op verschillende manieren mogelijk, maar in de context van deze studie gaat het vooral om samenwerking waarbij netwerkelementen, faciliteiten en eventueel spectrum gezamenlijk en/of van elkaar worden gebruikt voor de realisering van eindgebruikersdiensten aan de eigen OOV-abonnees. De term *roaming* (Engelse term voor rondzwerven) slaat op het feit dat de end-to-end dienstverlening van een service provider aan zijn abonnee deels of geheel verloopt via netwerkdiensten van een derde partij, bijvoorbeeld omdat de eigen provider geen eigen netwerk heeft in het gebied waar de abonnee zich bevindt. Strikt genomen worden delen van het netwerk van de derde partij dus geshared met andere partijen. Roaming impliceert sharing maar niet andersom.

Sharing en roaming constructies in het commerciële domein kunnen soelaas bieden als volledig zelfstandig acteren ongewenst is (strategie) of qua business case (nog) niet haalbaar is zoals bij zogenaamde *new entrants* het geval is. De uitrol van mobiel breedband in landelijk, zeer dun bevolkt gebied is een goed voorbeeld waarin de business case voor de individuele telecom partijen niet positief kan worden gemaakt en dus in die gebieden netwerkvoorzieningen worden gedeeld. Een ander voorbeeld is *regional roaming* waarbij operators elkaars abonnees tijdelijk en plaatselijk overnemen in geval van een calamiteit bij een van de operators.

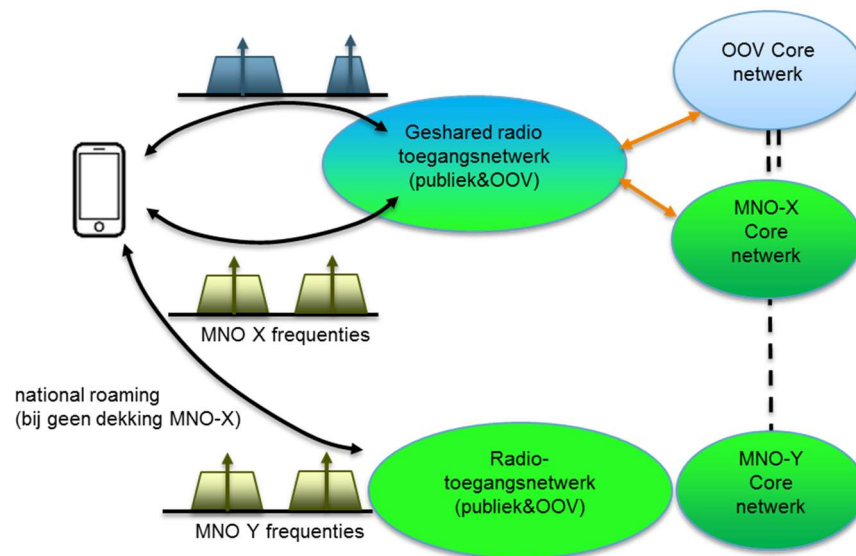
Verregaande vormen van samenwerking tussen operators kunnen op last van de mededingingsautoriteit in een *joint venture* overgaan, dus in feite in de oprichting van een nieuw bedrijf waarvan het eigendom is verdeeld over de deelnemende partijen. Nauwe samenwerking is in het algemeen complex omdat daarbij zeer veel factoren aan de orde zijn en het risico op falen van de samenwerking substantieel is.

De samenwerking omvat technische, organisatorische, culturele en uiteraard juridische aspecten. De technische complexiteit zit in de afstemming van tal van netwerkfuncties en noodzakelijke koppelvlakken waarbij zeker in een multi-vendor situatie de mate van standaardisatie essentieel is. De organisatorische complexiteit heeft te maken met afbakening van verantwoordelijkheden in het samenwerkingsverband dat een end-to-end dienstverlening moet kunnen garanderen. Verschillen in cultuur en professionele opvattingen maar ook in visies op strategisch niveau spelen daarbij ook een rol. Gebrekkige koppeling van ondersteunende systemen kan de samenwerking ook nadelig beïnvloeden. Juridische complexiteit heeft te maken met aansprakelijkheden over en weer. Derhalve zien we dergelijke constructies bijvoorbeeld in Europa vooralsnog niet op grote schaal toegepast worden.

Samenwerking tussen *publieke* en *private* partijen zien we tegenwoordig in diverse publiek-private partnership constructies in verschillende sectoren. Kijken we specifiek naar samenwerking tussen commerciële en publieke partijen t.b.v. OOV communicatie, dan staat die ontwikkeling nog in de kinderschoenen en zijn de uitdagingen fors, blijkens beschikbare informatie over actuele initiatieven als Firstnet (VS), Blue Light Mobile (België) en ESN (UK).

4.5.2 *State-of-the-art in hybride oplossingen*

Een model van een vaker voorkomende state-of-the-art hybride oplossing is hieronder schematisch weergegeven. De tekening beperkt zich tot de netwerkdienstverlening (binnen het gestippelde kader van voorgaande Figuur 4-4).



Figuur 4-5: State-of-the-art hybride oplossing

Hier is sprake van een samenwerking tussen de MC-OOV operator en MNO-X wat betreft het gezamenlijk gebruik van het aansluitnetwerk van MNO-X. Tevens werkt de MC-OOV operator samen met MNO-Y in de vorm van een roaming afspraak. MNO-X en MNO-Y hebben beide volledige netwerken (RAN en Core). Dit concept lichten we nader toe.

De MC-OOV operator heeft een eigen Core netwerk maar kan zijn abonnees bereiken via het radio-aansluitnetwerk (RAN) van MNO-X. Dat RAN is uiteraard ook gekoppeld aan het core netwerk van MNO-X. Hoewel niet getekend, is het mogelijk dat de MC-OOV operator ook nog over een geheel eigen RAN beschikt dat is gesepareerd van dat van MNO-X. De eigen OOV-frequenties zijn dan op een bepaalde manier verdeeld over beide RAN's. De MC-OOV operator heeft een eigen MNC die wordt uitgezonden via beide RAN's en op de eigen OOV-frequenties. Via het RAN van MNO-X wordt daarnaast uiteraard nog de MNC van MNO-X uitgezonden, uitsluitend op de eigen commerciële frequenties.

Een OOV-terminal zal zo zijn geprogrammeerd dat hij zich op een basisstation aanmeldt die de MC-OOV netwerkcode uitzendt. Aangezien het RAN van MNO-X aanzienlijk sterker is verdicht, is de kans groot dat de aanmelding geschiedt via een basisstation van MNO-X. Er kunnen omstandigheden zijn dat MNO-X geen dekking (meer) biedt, maar aanmelding via een basisstation van de eigen MC-OOV operator kan dan nog steeds wel, mits de radiocondities dit toelaten.

Operator MC-OOV kan met MNO-X afspraken hebben gemaakt over het gebruik van commerciële capaciteit op het netwerk van MNO-X, bijvoorbeeld als via de eigen OOV-frequenties door congestie geen extra verkeer kan worden afgehandeld. De OOV-terminals worden dus op het MNO-X netwerk toegelaten als zij de daarmee associërende netwerkcode selecteren en daarbij kan zelfs sprake zijn van prioritering van verkeer van deze groep van gebruikers door MNO-X of van andere privileges voor OOV-terminals.

Indien met geen van beide netwerken radiocontact kan worden gemaakt, dan wordt de door MNO-Y geboden roaming service gebruikt. Het OOV-toestel selecteert de betreffende MNC van MNO-Y en kan via het RAN van MNO-Y contact leggen met het eigen core netwerk. Er is echter geen sprake van behoud van QoS-privileges die in het eigen netwerk of in dat van MNO-X golden.

In dit voorbeeld profiteert de MC-OOV operator maximaal van de functionaliteit van MNO-X, namelijk d.m.v. RAN sharing en ook spectrumsharing. Dit niveau van service integratie is vandaag de dag technisch realiseerbaar met 1 MNO. Een dergelijke integratie met meerdere MNO's is beduidend complexer en is daarom geen aantrekkelijke optie met de huidige stand der techniek.

4.5.3 *Het MVNO-model nader belicht*⁷⁷

Een Mobile Virtual Network Operator (MVNO) is in de basis een partij die typisch zelf juist niet over een mobiele communicatie-infrastructuur en frequenties beschikt, maar wholesale diensten inkoopt bij een Mobile Network Operator (MNO) en deze dan als retailer onder een eigen merknaam en met eigen tarieven in de markt zet. Veel van de bestaande MVNO's in de markt beogen uitsluitend de introductie van een eigen commerciële brand/label. Zij hebben geen eigen mobiel netwerk en roamen op het netwerk van een MNO om hun abonnees te bereiken⁷⁸. Zwaardere vormen komen echter ook voor waarbij men bijvoorbeeld wel over een eigen core netwerk beschikt, maar niet over een radio-aansluitnetwerk. Een relevant voorbeeld van een iets zwaarder MVNO-model is Blue Light Mobile in België. Hier heeft men de mobiele dienstverlening volledig toegespitst op de eisen en behoeften van OOV-gebruikers, maar profiteert men voor de landelijke dekking van deze dienst van het radio-aansluitnetwerk van commerciële operators.

Er zijn dus verschillende MVNO-modellen, met verschillende gradaties van eigen dienstverlening en infrastructuur. De volgende typen worden onderscheiden:

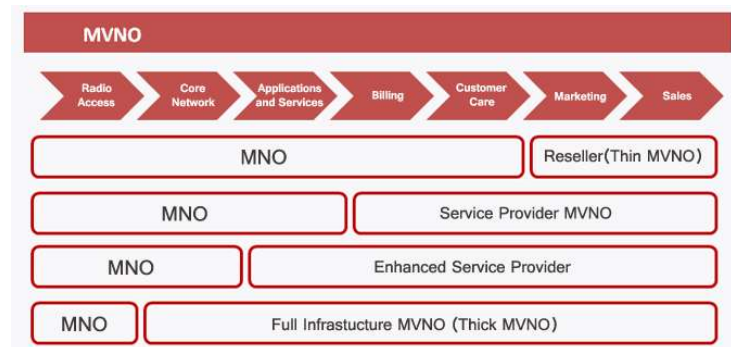
- *Thin MVNO*: Reseller van wholesale diensten (het basismodel)
- *Service Provider MVNO*: richt zich op zijn eigen marktsegment met op maat gemaakte abonnementen en customer services.
- *Enhanced Service Provider MVNO*: beschikt over eigen infrastructuur en serviceplatformen en is daarmee in staat een geheel eigen, op maatgemaakt communicatiedienstenportfolio aan te bieden aan zijn doelgroep(en).
- *Full MVNO*: verschilt uitsluitend van een volledige mobiele operator in het feit dat de full MVNO geen eigen radio- (RAN) infrastructuur heeft en eigen frequenties, maar wel een eigen core netwerk en volledig ingerichte service infrastructuur. De meeste processen en systemen die bij een reguliere operator aan de orde zijn worden hier ook aangetroffen.

De beide laatste vormen die, voor alle duidelijkheid ook een aantal van de investeringen omvatten welke onder optie 1 voor het eigen netwerk zijn opgesomd, zijn voor het OOV-domein interessant omdat ze de mogelijkheid bieden de eigen gebruikers volledig te managen en hen een op maat gemaakt dienstenportfolio aan

⁷⁷ Tekst in deze paragraaf deels ontleend aan eerder uitgebracht TNO rapport *Mobiele Communicatie voor de OOV sector voorbij 2020*, Maart 2014

⁷⁸ Diverse gradaties van afhankelijkheid zijn hierbij mogelijk.

te bieden, waarbij men gebruik maakt van wholesale diensten van de commerciële operators.



Figuur 4-6: Verschillende MVNO-modellen zijn mogelijk⁷⁹

Het MVNO-model en dan met name de zwaardere variant is voor de realisering van OOV-dienstverlening een interessante route:

- Het leent zich als groeimodel richting een integrale oplossing voor communicatiedienstverlening aan het OOV-domein. De overheid kan zich naar de eigen abonnees opstellen als service provider.
- De MC-OOV operator kan in de rol van MVNO voor mobiel breedband connectiviteit op meerdere commerciële mobiele operators leunen. Met deze invulling van het *Always Best Connected* streven wordt de beschikbaarheid van de service duidelijk vergroot. Daarvoor is het van belang dat OOV-gebruikers hun core netwerk kunnen bereiken via andere publiek mobiele netwerken, waarvoor afspraken nodig zijn met de betreffende operators. Het Blue Light Mobile service concept uit België (zie paragraaf 4.5.4) geeft goed aan wat op dit moment operationeel mogelijk is. Ook moet *national roaming* voor deze toepassing wettelijk worden toegestaan, tenzij men volstaat met de ‘truc’ om via een buitenlandse operator te roamen. Dit lijkt ons echter voor dit type netwerk niet de gewenste aanpak met het oog op security risico’s.
- De MC-OOV operator kan als MVNO met eigen frequenties eigen infrastructuur oplossingen toevoegen aan het commerciële aanbod. Dat kan belangrijk zijn in situaties waarin de publiek mobiele netwerken uiteindelijk toch tekort schieten. Men kan daarbij denken aan de toepassing van private LTE-netwerken op eigen terrein, en aan de toevoeging van een pool van ad-hoc/mobiele infrastructuur oplossingen om die in te kunnen zetten waar/wanneer noodzakelijk. Deze filosofie wordt ook door Frankrijk gevolgd⁸⁰.
- Corefunctionaliteit in eigen beheer biedt de mogelijkheden voor beheer van de eigen OOV-abonnees, serviceprofielen, sleutelbeheer. Tevens zijn er mogelijkheden om QoS-aspecten in de connectiviteit te beïnvloeden (op niveau van gebruikers en typen toepassingen). De MC-OOV operator zou over een eigen Mobile Network Code moeten beschikken en een aparte IMSI-reeks voor de OOV-toestellen. In Nederland is het de ACM die een (Nederlandse) MNC toekent en aangezien er slechts 100 Nederlandse MNC’s zijn (en er al een groot deel is toegekend) is de ACM erg aarzelend om ‘zomaar’ nieuwe MNC’s toe te

⁷⁹ Bron: veridian.ro

⁸⁰ Bron: French Roadmap PPDR Broadband LTE, April 2017

kennen in verband met schaarste⁸¹. In principe is het beleid van de ACM, dat alleen 'echte' operators een MNC kunnen krijgen. Het is dus nog wel de vraag of de OOV (sector) zijn eigen MNC kan krijgen.

Op dit moment is in Nederland voor de dienstverlening aan de OOV-sector nog geen sprake van toepassing van het MVNO-model en sluit de overheid als groot-zakelijk gebruiker voor niet missie-kritische mobiele communicatie een contract af met een geselecteerde commerciële operator. Het MVNO-model achten we een geschikte oplossingsrichting voor een toekomstig mobiel netwerk voor OOV toepassingen, met het full MVNO-model als uiteindelijke ambitie. De uitoefening van die rol heeft niet noodzakelijkerwijs bij de overheid zelf te liggen, maar kan tenminste deels aan een professionele partij worden uitbesteed op basis van een strikt geformuleerde SLA, zoals eerder in dit rapport beschreven.

Er zijn echter nog een aantal belangrijke issues die om een oplossing vragen:

- Met adoptie van het MVNO-model heeft men uiteraard nog geen missie-kritische netwerkoplossing;
- Het is om dit moment nog niet mogelijk om seamless roaming toe te passen met meerdere mobiele operators, op basis van zowel dekkings- als capaciteitscriteria. Volledige verwezenlijking van het 'Always Best Connected' principe vraagt wel om dergelijke mogelijkheden;
- Implementatie van specifieke QoS-afspraken met meerdere operators is met de huidige stand der techniek ingewikkeld;
- Voor OOV-doeleinden moet national roaming wettelijk worden toegestaan en een MNC-code kunnen worden uitgereikt;
- Cyber security aspecten vergen de nodige aandacht. In dit rapport is daar (nog) geen aandacht aan geschonken.

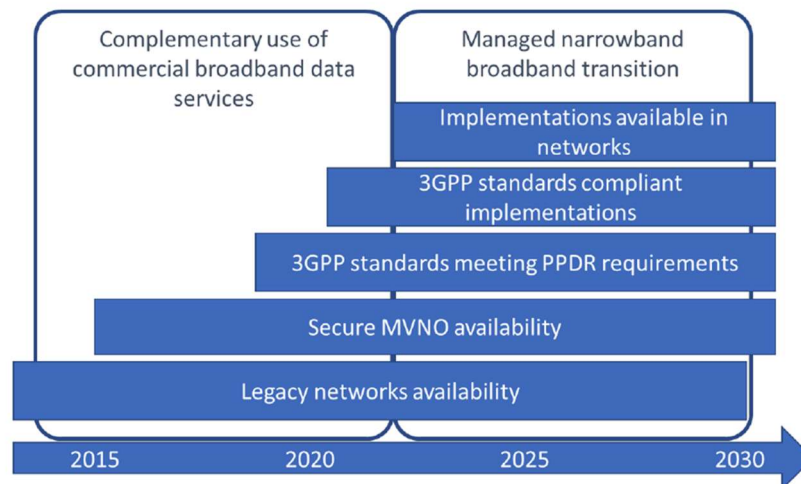
4.5.4 *Hybride strategie in andere landen*

Algemene trend in Europa

Het Europese Broadmap project⁸² heeft zich recentelijk bezig gehouden met een Europees geharmoniseerde roadmap voor toekomstige interoperabele toepassingen, netwerken en terminals voor PPDR. In de visie van Broadmap vindt in Europa in de periode 2015-2030 een geleidelijke transitie plaats op de wijze zoals hieronder weergegeven.

⁸¹ Bron: ACM, Schaarsterapportage Nummers 2015

⁸² Bron: www.broadmap.eu



Figuur 4-7: Transitie in communicatiedienstverlening voor OOV (PPDR)

De figuur laat zien dat de bestaande missie-kritische TETRA/TETRAPOL netwerken nog meer dan 10 jaar van betekenis blijven, maar dat er tegelijkertijd een transitie plaatsvindt met als uiteindelijk doel tot een geïntegreerde oplossing te komen voor missie-kritische communicatie dienstverlening. Die route heeft als het ware een dubbelspoor. Op het ene spoor wordt via het MVNO-model (in enigerlei vorm) ervaring opgedaan met mobiele data diensten voor OOV. Op het tweede spoor richt men zich op voor OOV belangrijke aanpassingen in generieke LTE-technologie, via het 3GPP standaardisatietraject. Wanneer die technologie op zeker moment op de markt komt, kan die worden ingezet in operationele netwerkoplossingen en zal de daadwerkelijke stap gemaakt kunnen worden naar een geïntegreerde oplossing en komt uitfasering van *legacy* systemen in beeld.

In het kader van dit onderzoek en tegen deze achtergrond is specifiek gekeken naar hybride vormen van dienstverlening in een aantal landen in Europa, evenals in de VS en Australië. De inzichten zijn gebaseerd op (web-)publicaties en voor de landen Duitsland, Verenigd Koninkrijk en België, aangevuld met (telefonische) interviews⁸³. De gekozen volgorde is zoveel mogelijk op basis van anciënniteit als het gaat om de keuze voor een hybride model.

Verenigde Staten

Het Federale programma van de realisering van een *single interoperable Nationwide Public Safety Broadband Network (NPSBN)* dat de naam draagt van de verantwoordelijke autoriteit FirstNet (First Responder Network Authority), is met instemming van het Congres in 2012 geïnitieerd en volgde op aanbevelingen die als onderdeel van de evaluatie van de gehele rampbestrijdingsoperatie direct na de 9/11 terreurdaad, waren opgesteld. Het FirstNet initiatief is belangrijk geweest voor de adoptie van OOV-eisen in de internationale standaarden voor LTE-technologie, die tot stand kwam door een sterke bemoeienis vanuit FirstNet in 3GPP sinds die tijd.

Inmiddels is er voor een periode een Public Private Partnership geïnstalleerd tussen de Amerikaanse overheid (federaal en lagere niveaus) en de landelijke telecom

⁸³ Zie bijlage H voor een volledig overzicht van organisaties en personen waarmee is gesproken.

operator AT&T⁸⁴ (winnaar van de FirstNet tender uit 2016) voor de realisatie van het NPSBN. Het programma beoogt een transformatie tot stand te brengen wat betreft missie-kritische communicatie-dienstverlening aan OOV-gebruikers in de gehele Verenigde Staten. Een belangrijke motivatie voor FirstNet dat geheel op LTE-technologie wordt gebaseerd, was het wegnemen van de bestaande enorme fragmentatie van communicatiesystemen die de interoperabiliteit tussen OOV-gebruikers (binnen en tussen jurisdicties) zeer beperkten en het verlagen van de integrale kosten van verwacht in 2018 operationeel te zijn.

In de scope van deze studie zijn de volgende eisen van FirstNet aan het NPSBN noemenswaardig:

- Beschikbaarheid van mobiel breedband dienstverlening aan PPDR-gebruikers van minimaal 99,99%. De *Maximale service restoration time* bedraagt 2 uur;
- Service capaciteit die bij aanvang minimaal gelijk is aan de huidige door FirstNet voorziene en in de tender gedefinieerde capaciteit en die meegroeit met de verwachte groei van deze behoefte in de komende jaren;
- Support van prioriteit en pre-emptie voor OOV-gebruikers aangesloten op het netwerk, met mogelijkheden voor lokale OOV-eenheden om zelf functie-afhankelijke gebruikersprofielen te beheren en afhankelijk van de omstandigheden dynamisch aan te passen, inclusief het management van instellingen voor prioriteit en pre-emptie;
- Facilitering van een breed portfolio van OOV-terminals die tenminste werken in LTE-Band 14 (700 MHz band);
- Facilitering van een breed portfolio van applicaties voor OOV;
- Exploitatie van het NPSBN-netwerk tegen marktconforme tarieven, o.a. te bereiken door het leasen van ongebruikte capaciteit aan derden (secundair gebruik).

Hoewel er wel sprake is van de bouw door AT&T van een RAN voor het NPSBN-netwerk dat aan missie-kritische eisen voldoet, is er ook sprake van network sharing met het mobiele netwerk van AT&T (op basis van het MOCN concept)⁸⁵. Hoewel dat uit de publicaties niet geheel duidelijk is geworden, zal AT&T naast nieuwbouw waarschijnlijk zoveel mogelijk hergebruik toepassen van reeds bestaande sites en een selectie daaruit upgraden naar missie-kritisch niveau. In ieder geval lijkt geen sprake te zijn van een volledig nieuw en uniform landelijk dekkende RAN.

Voor het NPSBN-netwerk is 20 MHz (2x10 MHz) spectrum beschikbaar gesteld. AT&T heeft de gereserveerde OOV-frequenties, die dus ook op het AT&T RAN in gebruik zijn, in beheer. Het sharing arrangement met het AT&T netwerk maakt het mogelijk aanspraken te doen op extra capaciteit vanuit dat netwerk. Prioritering en pre-emptie rechten werken dus ook via het mobiele netwerk van AT&T.

*België*⁸⁶

België beschikt sinds 2001 over een landelijk dekkend TETRA-netwerk in de 380-400 MHz band voor missie-kritische spraak, smalbandige datadiensten en paging ten behoeve van de OOV-sector met ca. 50.000 gebruikers. Dit netwerk dat ca. 500 basisstations omvat, wordt beheerd door de MC-OOV operator ASTRID. ASTRID is

⁸⁴ Zie ook: www.firstnet.gov

⁸⁵ Deelnemende staten mogen ook met een alternatieve RAN oplossing komen die op het NPSBN Core netwerk kan worden aangesloten.

⁸⁶ Deels gebaseerd op interviewgesprek met ASTRID.

volledig eigendom van de staat. Naast de dienstverlening via TETRA is er in 2014 ook door ASTRID dienstverlening in niet-missie-kritische mobiel breedband geïntroduceerd, genaamd Blue Light Mobile (BLM). De motivatie voor BLM was tweeledig: een zo goed mogelijke datadienst voor de OOV-gebruiker en opnieuw een rol voor ASTRID als *one-stop-shop* aanbieder van multidisciplinaire communicatiediensten aan de diverse OOV-diensten, zoals ook destijds bij TETRA de bedoeling was.

Bij BLM maakt ASTRID als light-MVNO gebruik van 3G/4G-diensten van drie verschillende commerciële operators Orange, Telenet-Base en Proximus. Als Light-MVNO regelt ASTRID alleen de autorisatie van OOV-gebruikers en de toegang tot specifieke OOV-applicaties. Men geeft eigen SIM-kaarten uit. De dienstverlening verloopt primair via Proximus als preferente operator. Proximus biedt als enige prioritering van OOV-verkeer en fungeert als *roaming hub* richting de beide andere operators. De prioritering werkt zo dat bij een capaciteitsoverschot in een cel van het Proximus netwerk de OOV-gebruikers in die cel daar als eerste recht op hebben, totdat op de individuele verbindingen van OOV-gebruikers een bepaalde minimale snelheid is bereikt. Daarboven hebben de OOV-gebruikers geen voorrang boven andere gebruikers. Roaming wordt automatisch geïnitieerd in situaties waarin het Proximus netwerk geen dekking (meer) biedt, maar kan ook handmatig. Deze omschakeling kost 2-3 minuten. Met VPN-technologie wordt voorkomen dat applicaties worden afgebroken.

In oktober dit jaar komt BLM in een nieuwe release beschikbaar waarbij, uit oogpunt van gemak voor de gebruiker, naast data ook spraakdiensten worden aangeboden. Tevens wordt prioritering uitgebreid met pre-emptie wat er op neer komt dat 6.000 door de federale overheid geselecteerde en landelijk gespreide OOV-gebruiker pre-emptie rechten krijgen. ASTRID krijgt het recht om bij hoge congestie op het Proximus netwerk Access Barring toe te passen om capaciteit vrij te maken voor verbindingaanvragen van terminals die tot deze groep behoren (Access Control, Class 11).

ASTRID verwacht dat in België in de toekomst verder wordt gegaan in deze ingeslagen richting. Over de stap naar integrale missie-kritische dienstverlening is men bezorgd omdat men die stap met de huidige commerciële mobiele netwerken nog heel groot vindt en dus ook nog grote noodzakelijke investeringen verwacht. Het standaardisatieproces binnen 3GPP ziet men de goede kant op gaan, maar de onzekerheid blijft over de mate waarin de industrie bereid is oplossingen te implementeren en operators bereid die vervolgens af te nemen. ASTRID heeft dit vraagstuk rechtstreeks bij de politiek geagendeerd, met het oog op de aanstaande veiling van 700 MHz frequenties (2018; indeling conform CEPT Optie B). De in Optie B gereserveerde frequentieruimte voor OOV acht men overigens ruimschoots onvoldoende voor adequate landelijke dienstverlening.

Finland

Finland beschikt sinds 2002 voor missie-kritische communicatiedienstverlening over een nationaal dekkend TETRA-netwerk genaamd Viranomaisradioverkko, afgekort VIRVE⁸⁷. Dit netwerk wordt gerund door een separaat bedrijf genaamd State Security Networks Ltd (Fins: Suomen Erillisverkot Oy) dat 100% eigendom is van de staat,

⁸⁷ Bron: Artikel *TETRA developments in the Nordic and Baltic Countries*

vergelijkbaar met ASTRID in België. VIRVE biedt behalve aan organisaties binnen de overheid ook (tijdelijke) toegang aan private organisaties voor zover die een (gecontracteerde) rol hebben/nemen in de borging van de maatschappelijke veiligheid (MV). Het aantal op VIRVE aangesloten gebruikers is ruim 34.000 (opgave 2015). Het huidige netwerk omvat 1.300 basisstations.

Finland werkt voor de toekomst (2035) aan het volgende 5-stappen plan⁸⁸:

1. Start met een light-MVNO rol voor mobiel breedband diensten ten behoeve van de MV-abonnees, aanvankelijk met gekochte SIM-kaarten;
2. Groei naar de situatie van een full MVNO rol voor mobiel breedband (non MC) met een volledig eigen core netwerk. Spraak- en smalbandige datadiensten blijven via het TETRA-netwerk aangeboden worden;
3. Breidt uit met een exclusief eigen radio-aansluitnetwerk dat kan worden ingezet in gebieden waar de dekking van commerciële netwerken ontoereikend is;
4. Zodra het mobiel breedband LTE-netwerk missie-kritische spraakdiensten ondersteunt en het TETRA-netwerk overweg kan met LTE-groepsgesprekken dan zijn de spraakdiensten in beide netwerken compatibel (er wordt niet expliciet gesproken over een koppeling)
5. Zodra het nieuwe MC-OOV netwerk aan alle missie-kritische gebruikerseisen voldoet, wordt het TETRA-netwerk ontmanteld. Deze ontmanteling wordt in rurale gebieden uitgesteld tot het moment dat er een einde komt aan de onderhoudbaarheid van het TETRA-netwerk.

Australië

In Australië heeft de commerciële operator Telstra het LANES (LTE Advanced Network for Enterprise Services) concept in de markt gezet. Het LANES-concept dat is ontwikkeld i.s.m. Ericsson en Motorola is zoals de naam al weergeeft functionaliteit in hun 4G/LTE-netwerk waarmee men gebruikers met specifieke eisen qua dienstverlening een *preferential lane* op het netwerk kan aanbieden, wat neerkomt op toepassing van prioritering (en pre-emptie) waardoor ook tijdens netwerkcongestie op het publieke netwerk het verkeer met een voorkeurslabel wel met ander verkeer wordt gemengd, maar gegarandeerd doorgang vindt. Een tweede optie is de *dedicated lane*, waarvoor de gebruiker eigen spectrum meebrengt. De betreffende frequenties worden op het Telstra-netwerk geactiveerd en kunnen uitsluitend en alleen door de eigenaar van het spectrum worden benut. Tot slot is er sprake van seamless roaming tussen de dedicated en preferential lanes. Dat wil zeggen dat als een gebruiker een mobiele dienst afneemt via de preferential lane en deze gaat bijvoorbeeld door congestie terug in capaciteit, dan wordt er automatisch geroamed naar de dedicated lane als de gebruiker daar toegangsrechten heeft. Als de dekking op de dedicated lane plaatselijk wegvalt, dan wordt geroamed naar de preferential lane. Het LANES concept is dus een volledig in 1 netwerk geïntegreerde oplossing.

Verenigd Koninkrijk⁸⁹

Het VK werkt aan de uitvoering van het *Emergency Service Mobile Communications Programme* (ESMCP) dat is gericht op de realisering van een virtueel exclusief

⁸⁸ Bron:

https://www.securelandcommunications.com/hubfs/pdf/VIRVE_Hybrid_Network_Success_Story.pdf?t=1505835237596

⁸⁹ Deel gebaseerd op interviewgesprek met UK Home Office

landelijk dekkend *Emergency Services Network* (ESN) als vervanging van het huidige TETRA-netwerk dat door Airwave wordt geëxploiteerd. Motorola is eindverantwoordelijk voor de end-to-end dienstverlening van het ESN waarvoor de Britse overheid een zeer strikte SLA met dit bedrijf heeft afgesloten, vergelijkbaar met die met Airwave. De commerciële operator EE acteert als onderaannemer van Motorola en heeft zelf Nokia als netwerkleverancier. Het ESMCP dat aanzienlijk complexer uitpakte dan bij aanvang was voorzien, is gemotiveerd door kostenbesparing, door de datasnelheden met LTE-technologie die met TETRA niet bereikbaar zijn en door de mogelijkheid om te kunnen participeren in de ontwikkeling van 3GPP gestandaardiseerde technologie. De in het ESN toegepaste technologie is overigens 'pre-standard'.

De ESN-oplossing komt neer op een full MVNO-model en omvat een exclusief OOV-core netwerk dat wordt geleverd en beheerd door Motorola en het mobiele netwerk (LTE) van de commerciële operator EE dat daarvoor is uitgerust met enkele specifieke enabling services voor missie-kritische toepassingen zoals PTT. Het ESN-netwerk heeft een eigen MNC. Prioritering van OOV-verkeer met differentiatie naar typen applicaties wordt aangestuurd vanuit het MC-OOV core netwerk (de PCRF-functie⁹⁰) en ondersteund door het mobiele netwerk van EE. Het radio-aansluitnetwerk van EE is volledig beschikbaar voor de OOV-abonnees, zonder a priori capaciteitslimiet. Er is geen sprake van benutting van separaat gereserveerd OOV-spectrum. Een zorgvuldig bepaalde selectie van belangrijke opstelpunten (o.a. hubs) hebben een mission critical upgrade gehad (gehardened). Tevens is het aansluitnetwerk nog uitgebreid met 300 opstelpunten om aan de dekkingseis te kunnen voldoen. Bij de programmadefinitie is gekeken naar de mogelijkheid van roaming naar de andere netwerken. Roaming was echter wettelijk niet toegestaan en leidde eveneens tot een aantal technische complicaties waaronder slechte run-time prestaties van het roaming mechanisme. Men besloot derhalve besluitvorming hierover uit te stellen totdat de technologie hiervoor voldoende volwassen is en er qua regelgeving geen belemmeringen meer zijn.

Frankrijk

In Frankrijk wordt voor missie-kritische OOV-dienstverlening gebruik gemaakt van twee verschillende netwerken op basis van TETRAPOL-technologie, namelijk het *Infrastructure Nationale Partagée des Transmissions* (INPT) voor politie en brandweer (150.000 gebruikers) en het RUBIS-netwerk (80 MHz) voor de gendarmerie (80.000 gebruikers). Het INPT is een landelijk netwerk, opereert in de 380-400 MHz band en omvat ca 1.500 basisstations. Het RUBIS is eveneens een landelijk missie-kritisch netwerk, werkt in de 80 MHz band en omvat 470 basisstations. Beide netwerken zijn onderling gekoppeld en leveren missie-kritische spraak- en smalbandige datadiensten aan de genoemde groepen gebruikers. Daarnaast bestaan de mobiel breedband diensten NEOGEND en NEOPOL waarvoor gebruik wordt gemaakt van commerciële mobiele netwerken, met aparte toestellen.

Momenteel loopt het project LTE4PMR⁹¹ waarin een consortium bestaande uit een aantal Franse bedrijven en universiteiten, op verzoek van de Franse overheid en in samenwerking met gebruikers, werkt aan een state-of-the-art, op LTE-technologie gebaseerde PMR demonstrator voor missie-kritische OOV-doeleinden. Het beoogt een hybride oplossing te demonstreren bestaande uit benutting van commerciële

⁹⁰ PCRF: Policy & Charging Rules Function

⁹¹ Bron: <http://www.tetra-applications.com/33664/news/>

netwerken en een eigen exclusieve netwerkvoorziening die in de 400/450 MHz en 700 MHz frequentiebanden zijn ondergebracht. Dat laatste waarschijnlijk in de vorm van zogenaamde *tactical bubbles*. De technologie in het LTE4PMR-programma zal aan Release 13 gaan voldoen. Het programma zal eind 2017 zijn afgerond. Daarnaast loopt een tweede project PC Storm dat is gericht op de inzet van LTE-technologie door het Franse leger in expeditionaire missies. De aanbesteding van dat project dat loopt tot 2021 bestaat uit 6 percelen waarvan 1 perceel een missie-kritische OOV-oplossing betreft. De bevindingen van beide projecten⁹² zullen van invloed zijn op beslissingen na 2020 wat betreft missie-kritische OOV. De roadmap van de Franse overheid⁹³ is in ieder geval gericht op adoptie van 5G-technologie, geschikt gemaakt voor OOV, na 2020.

Frankrijk heeft net als Duitsland wat betreft de indeling van de 700 MHz band voorkeur voor CEPT Optie B. De 2 x 3 MHz blokken zijn reeds toegewezen. De 2 x 5 MHz blokken volgen waarschijnlijk later.

*Duitsland*⁹⁴

Duitsland beschikt sinds juni 2016 over een operationeel landelijk TETRA netwerk *Digitalfunk BOS* (hierna aangeduid met BOS) voor OOV-doeleinden. Het BOS-netwerk bestaat uit 4.560 basisstations (stand juni 2017) en biedt missie-kritische spraak- en smalbandige datadiensten aan in totaal 740.000 OOV-gebruikers. Het netwerk is gedimensioneerd op een beschikbaarheid van 99,95% (tijd) en 99% (plaats). Naast deze dienstverlening gebruiken politiefunctionarissen met een reguliere *smart phone* (BYOD of verstrekt door de werkgever) niet-missie-kritische mobiel breedband diensten op basis van een regulier abonnement bij een commerciële operator. Deze actuele situatie met gescheiden dienstverlening is dus vrij goed vergelijkbaar met de Nederlandse.

Het scenario voor de komende jaren wordt waarschijnlijk dat men het nieuwe BOS netwerk tot 2030 in de lucht wenst te houden en dat men nog voor 2020 een secundair traject start dat is gericht op missie-kritische mobiele breedband diensten, waarschijnlijk volgens een hybride model. Op zeker moment dient er dan een migratie plaats te gaan vinden van BOS naar deze nieuwe netwerkoplossing.

Een belangrijke motivatie voor een hybride oplossing is dat in Duitsland 2x5 en 2x3 MHz is gereserveerd voor OOV-doeleinden (CEPT Optie B), wat onvoldoende wordt geacht voor een landelijk dekkend mobiel breedband MC-OOV netwerk. Men overweegt ook 2 x 5 MHz in de 450-470 MHz band te benutten om in elk geval aan de minimum eis van 2 x 10 MHz te kunnen voldoen, maar men gaat er vanuit dat dit niet toereikend is voor een adequaat en betaalbaar separaat MC-OOV netwerk. Derhalve zal de aandacht nadrukkelijk gericht worden op een hybride model maar waarvan nog niet duidelijk is hoe dat er precies uit moet gaan zien. Daarvoor wordt binnenkort een multidisciplinaire studie gestart waarin ook diverse marktpartijen zullen worden geconsulteerd en die moet resulteren in conclusies en aanbevelingen voor een pilot. Huidige denkrichting is ten eerste een duidelijke keuze voor 3GPP-technologie gezien de omvang van dit ecosysteem en ten tweede qua

⁹² Op het moment van schrijven is voor TNO nog niet duidelijk of het LTE4PMR project de invulling is van Lot 6 uit het PC Storm project, of dat het twee verschillende projecten zijn.

⁹³ Bron: *French roadmap PPDR Broadband LTE*, April 6, 2017, www.interieur.gouv.fr.

⁹⁴ Deel gebaseerd op interview gesprek met J. Will, Federal Coordinating Office of Public Safety Digital Radio Federal Ministry of the Interior.

netwerkoplossing een hybride model waarin een commerciële operator het landelijk dekkende aansluitnetwerk faciliteert en waarin tevens een compact en flexibel inzetbaar MC-OOV netwerk is opgenomen dat gebruik maakt van de gereserveerde OOV-frequenties. Dit dient dan als *last resort/fall back* oplossing, bijvoorbeeld voor inzet in stedelijke gebieden. Een multi-operator oplossing acht men denkbaar en interessant maar tevens complex. Deze en andere vragen moeten worden geadresseerd in de studie. De daaropvolgende pilot zou eind 2019 moeten zijn afgerond waarna men op basis van de bevindingen het definitieve beleid op federaal niveau kan gaan vaststellen.

4.5.5 *Invloed van toekomstige ontwikkelingen op hybride model*

De technologische ontwikkelingen die nu gaande zijn in de context van 5G zijn van belang voor toekomstige mogelijkheden voor de inrichting van het hybride model voor MC-OOV:

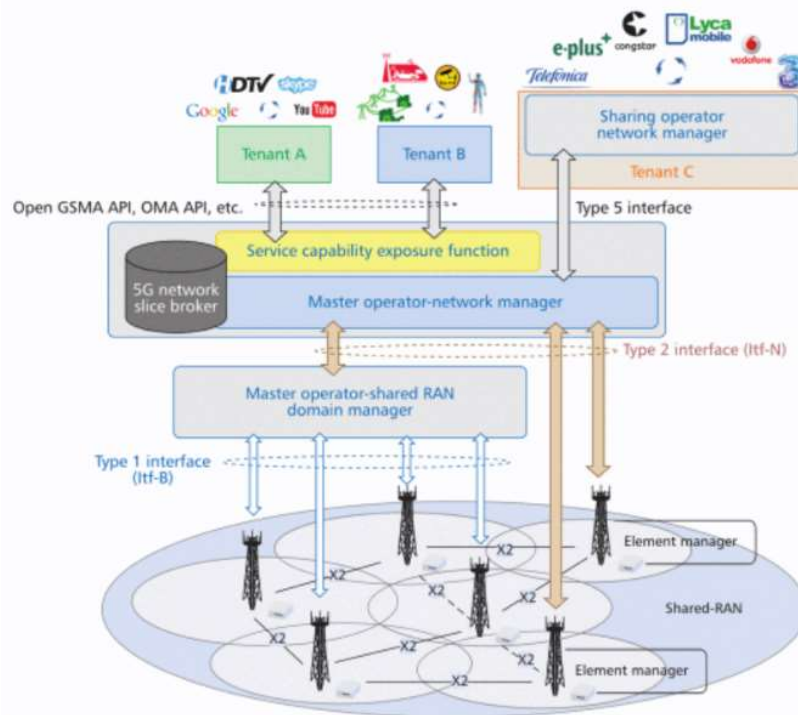
- Zoals eerder opgemerkt, faciliteert het slicing concept mogelijkheden voor een telecom operator om meerdere virtuele netwerken te creëren en voor ieder individueel netwerk te kiezen voor een bijpassende samenwerkingsvorm met een ‘vertical’, in casu OOV. De exclusiviteit van vandaag wordt in de toekomst meer mainstream;
- In een toekomstig netwerk worden slices geprogrammeerd als services. Voor de flexibilisering van de netwerkoplossing die vooralsnog binnen 1 operator-domein wordt beoogd, zijn afspraken nodig over de beschrijving van slices waarmee interfacing tussen slices kan worden gestandaardiseerd. Dat betreft de netwerkslice als geheel die voor derden benaderbaar wordt via een gestandaardiseerde API's, maar ook voor de individuele netwerkfuncties die via *slice pairing* of *slice stitching* tot een volledige end-to-end netwerk services kunnen worden opgebouwd⁹⁵. De individuele netwerkfuncties worden met de zogenaamde *Service Capability Exposure Function* (SCEF) gepubliceerd. Deze decompositie van de conventionele netwerkfunctie in afzonderlijke services met gestandaardiseerde interfaces kunnen ook de mogelijkheden voor het mixen en matchen van services tussen operators onderling gaan vergroten.
- De door 3GPP geïntroduceerde SCEF voorziet in de mogelijkheid voor derde partijen om vanuit hun *business application* omgeving (applicatielaag) Network-as-a Service af te nemen van een hostende operator (*Infrastructure Provider of InP*). De SCEF biedt de volgende functionaliteiten⁹⁶:
 - Authenticatie en autorisatie van derde partijen tot netwerkfuncties van de host (InP);
 - Kostenverrekening op basis van geleverde diensten en kwaliteit;
 - QoS aansturing en SLA-bewaking. Derde partijen kunnen dynamisch services aanvragen en prioriteren;
 - Exporteren van relevante user context informatie zoals actuele positie, specifieke connectie-eigenschappen, netwerk status wijzigingen, etc.;
 - *Admission control*, d.w.z. zaken rond *scheduling* en reservering van netwerkcapaciteit.

⁹⁵ 5G Americas bijvoorbeeld definieert RAN en CN als separate slices.

⁹⁶ Bron: NEC, *From Network Sharing to Multi-tenancy: The 5G Network Slice Broker*, May 2016

De crux van het concept is dat (*business applications* van) derde partijen meer mogelijkheden krijgen om netwerkdiensten geheel naar eigen behoefte te definiëren en af te nemen, en de afgenomen netwerkdiensten kwalitatief en kwantitatief te bewaken.

- Het raamwerk rond de SCEF biedt eveneens de mogelijkheid om serviceverlening tussen operators onderling te faciliteren en op die manier de potentie van sharing van resources verder uit te nutten. De inmiddels in 3G en 4G opgebouwde functionaliteit rond netwerk sharing kan door de toepassing van slicing en het SCEF-concept in 5G mogelijk een geheel vernieuwde en krachtiger invulling gaan krijgen. Zoals eerder in dit hoofdstuk was opgemerkt, is RAN-slicing complex en nog onder studie omdat er generieke en praktische werkbare mechanismen moeten komen om de radio interface met meerdere partijen te delen. In de literatuur worden daar voorstellen voor gedaan. Aansprekend is het concept van de 5G slicebroker om (near real-time) vraag en aanbod van netwerkservices te faciliteren, een voorstel uit het H2020 project NORMA. Wat de figuur laat zien is een host of Master operator die netwerkcapaciteit leaseet aan andere operators, MVNO's en verticals en waarbij de 5G Slice broker vraag en aanbod op elkaar afstemt en daarbij gebruik maakt van de SCEF-functie.

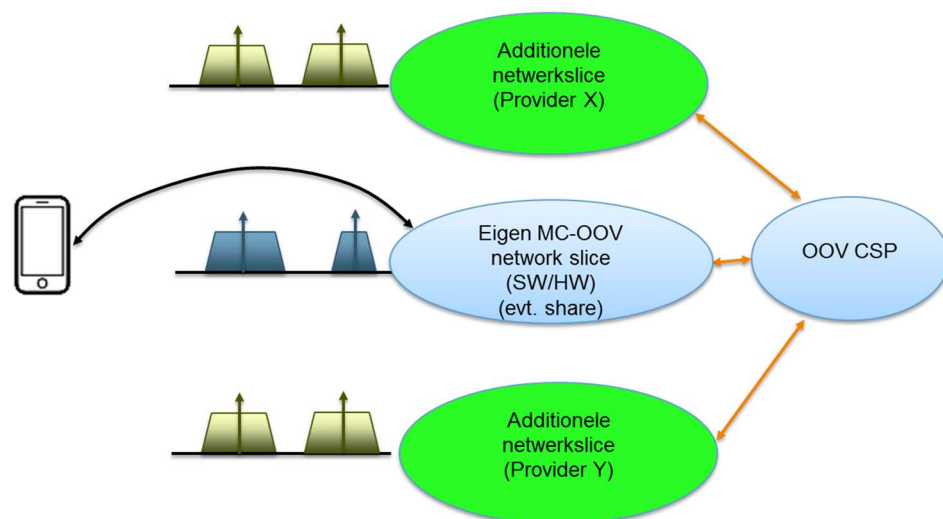


Figuur 4-8: Het concept van de 5G Slice broker. Bron: NEC

- Er is o.a. in project 5GEx gekeken naar de toepassing slicing in een multi-operator/multi vendor omgeving. Daarin speelt de noodzaak voor orkestratie van services van meerdere operators en waarbij fabrikant-specifieke issues om de hoek komen kijken.

Onze stelling op basis van de hier beschreven observaties, die wordt ondersteund door verschillende publicaties, is dat de toekomstige invulling van de MVNO-rol ("MVNO 2.0") naar een nieuw niveau wordt getild waarbij de MVNO een gestandaardiseerd en flexibel instrumentarium krijgt aangereikt om netwerkdiensten en -capaciteit van meerdere partijen naar behoefte te leasen. Dit wordt mogelijk gemaakt door de functionele decompositie (opknippen) van de conventionele netwerkdienst, de komst van gestandaardiseerde interfaces en de benuttingsmogelijkheden van de SCEF. Hoewel deze ontwikkelingen zich vooralsnog voltrekken binnen de context van één operatordomein, ligt vanuit MVNO-perspectief de mogelijkheid om de hoek om *Network-as-a-Service* diensten van meerdere operators af te nemen, gebruik makend van gestandaardiseerde interfaces en protocollen.

Als we dan terug gaan naar de huidige state-of-the-art wat betreft een hybride model voor MC-OOV zoals in het eerste deel van deze paragraaf beschreven, dan is een multi-operator oplossing op dit moment nog complex. We verwachten echter dat een multi-operator setting in de dienstverlening aan MVNO's eenvoudiger zal gaan worden. Dit is in de missie-kritische OOV-context een interessant perspectief omdat men daarvoor niet noodzakelijkerwijs op de dienstverlening van 1 enkele operator leunt. Een voorbeeld van een hybride concept op basis van slicing is in onderstaande figuur weergegeven. In dit voorbeeld wordt de basis gevormd door een eigen netwerkslice. Indien nodig kunnen additionele slices worden aangesproken/geactiveerd.



Figuur 4-9: Schematisch weergegeven hybride concept op basis van slicing, waarbij uit is gegaan van volledige netwerk slices, die door de OOV Communication Service Provider (CSP) via een API kunnen worden benut. Bron: TNO

Het is wel een overweging om in internationaal verband te zoeken naar harmonisatie wat betreft een dergelijke behoefte zodat het voor SDO's (3GPP, ETSI) als expliciete OOV-eis kan worden opgevoerd. In 3GPP is in september 2017 door SA1 een nieuw work item geïnitieerd, getiteld *Feasibility Study on Business Role Models for Network*

*Slicing*⁹⁷. Doel van deze studie is om vast te stellen of het perspectief op nieuwe business modellen door de toepassing van slicing, tot aanvullende *requirements* moet leiden in volgende releases. In de beschrijving van de achtergrond en motivatie voor het work item, onderscheidt 3GPP ten aanzien van de exploitatie van mobiele netwerken een drietal management modellen:

1. MNO heeft eigenaarschap en beheer over zowel het access als het core netwerk
2. De MNO heeft eigenaarschap en beheer over het core netwerk; het aansluitnetwerk wordt gedeeld onder meerdere operators (RAN sharing)
3. Alleen een deel van het netwerk is in eigendom/beheer van de MNO

Tot op heden heeft 3GPP zich altijd geconcentreerd op modellen 1 en 2. Het nieuwe *work item* gaat zich richten op Model 3 waarbij sprake is van verschillende mogelijkheden in de verantwoordelijkheidsverdeling tussen een MNO en een derde partij als het gaat om de exploitatie van een mobiel netwerk. Men houdt er ook rekening mee dat de uitkomsten een impact kunnen gaan hebben op het klassieke beeld van netwerkexploitatie.

Ons inziens biedt dit nieuwe work item een uitgelezen kans voor de OOV-gemeenschap om het PPDR “business model” te agenderen, bijvoorbeeld aan de hand van de hierna voorgestelde oplossingsrichting voor Nederland.

4.6 Omgaan met piekbehoefte in capaciteit

4.6.1 *Inleiding*

Een direct gevolg van de taakuitoefening van hulpdiensten is dat er tijdelijk en plaatselijk sprake kan zijn van een piekbehoefte in capaciteit. Waar, wanneer en hoe groot en hoe lang de piek aanhoudt is sterk scenario-afhankelijk en bij calamiteiten (ongeplande events) ook niet te voorspellen. Het werkt voor de OOV-professional niet als die echt moet wachten op of in onzekerheid blijft over extra ruimte op een of ander netwerk; zij moeten er op kunnen vertrouwen dat de capaciteit er is als/zodra men het nodig heeft. De vraag is hoe in een hybride model die spontane piekbehoefte kan worden geacommodeerd. Dat is niet geheel triviaal a) gezien de onvoorspelbaarheid van de piekbehoefte en b) gezien de beperkingen van de eigen voorzieningen maar uiteindelijk ook die van individuele commerciële mobiele netwerken en c) de complicaties in de realisering van dynamisch capaciteitsmanagement over verschillende netwerken heen.

De navolgende beschouwing leidt niet tot *de* oplossing voor dit vraagstuk maar komt wel uit op een oplossingsrichting die in meer detail kan worden bekeken en nader op zijn merites kan worden beoordeeld. We focussen daarbij in eerste instantie op commerciële mobiele netwerken en daarna bekijken we het breder.

4.6.2 *Facilitering piekbehoefte in commerciële mobiele netwerken*

Verkeersmanagement in moderne mobiele netwerken is het balanceren tussen het toelaten van zoveel mogelijk abonneeverbindingen (service flows) in een cel (revenue incentive) en het voorkomen van (ernstig) QoS-verlies van reeds geaccepteerde serviceflows, in de aanwezigheid van fluctuerende en onzekere omstandigheden in de cel en naburige cellen en met de gegeven maximale omvang van de

⁹⁷ Bron: 3GPP TSG SA Meeting #77, SP-170800

radiokanaalcapaciteit. Verkeersmanagement van mobiele netwerken is een moderne vorm van black art. Operators die dit goed beheersen hebben hier een concurrentievoordeel op anderen.

Zoals eerder toegelicht wordt iedere serviceflow door het Core netwerk van een QoS label voorzien en in de basisstations van het radio-aansluitnetwerk wordt het *schedulen* van verkeer zodanig geregeld dat aan deze QoS-specificaties kan blijven worden voldaan (met een zekere veiligheidsmarge om fluctuatie tot op zekere hoogte op te kunnen vangen). Bij een hoge verkeersdruk kan een aanvraag voor een nieuwe serviceflow worden afgewezen omdat bij acceptatie mogelijk niet aan de QoS-eisen kan worden voldaan. Het risico van acute congestie kan door een zekere onvoorspelbaarheid van de celcondities nooit helemaal worden uitgesloten.

Bij een plotseling opkomende verkeersvraag van OOV-terminals in een reeds vol belaste cel van het netwerk zouden, afhankelijk van het type verkeer⁹⁸, de serviceflow aanvragen niet kunnen worden gehonoreerd tenzij aan dit verkeer een absolute prioriteit met pre-emptierecht is toegekend. In dat laatste geval worden serviceflows met een lagere prioriteit geannuleerd totdat voldoende ruimte is vrijgemaakt voor het OOV-dataverkeer. Bij verkeer met een best effort status is er meer ruimte voor zogenaamde *graceful degradation* van bestaande service flows. De precieze impact van de pre-emptie wordt in belangrijke mate bepaald door de samenstelling van de verkeersmix. Die is van diverse situationele en klant gerelateerde factoren afhankelijk maar ook in zekere mate van het marktprofiel van de operator. Verder zal de operator met de afnemer van de capaciteit contractueel willen afspreken dat het totale instantane geprioriteerde OOV-verkeer in een cel aan een bepaald maximum is gebonden, teneinde de impact op de dienstverlening aan de overige abonnees in congestiesituaties te limiteren. Ook die 'pijngrens' zal voor iedere operator anders liggen.

Het toekomstige slicing concept maakt het mogelijk om een virtueel netwerk te creëren, exclusief voor OOV-abonnees. Dat houdt in dat binnen de slice de kwestie van prioritering van verkeer van OOV-abonnees ten opzichte van ander verkeer niet speelt. Het prioriterings en pre-emptie instrumentarium zoals eerder in dit rapport besproken staat ook binnen een slice volledig ter beschikking, zodat voorrang verlening binnen het OOV-verkeer over die gereserveerde slice mogelijk zal zijn. De operator die als Infrastructuuraanbieder deze slice host heeft te maken met de dimensionering van de slices die worden ondersteund. Daarmee wordt het capaciteitsprobleem verlegd naar een ander punt. Immers de gereserveerde slice zal op een bepaalde minimale en maximale capaciteit moeten worden gedimensioneerd, een en ander conform de af te spreken SLA. Dat geldt ook voor de andere slices die worden gehost. De Infrastructuuraanbieder moet er zorg voor dragen dat zijn "bouwwerk" van slices in totaal zo is gedimensioneerd dat met de beschikbare Infrastructuurcapaciteit alle individuele SLA's worden gerespecteerd. Dat betekent voor de OOV-slice dat een capaciteitsbehoefte die de maximale slice-capaciteit overstijgt, op een of andere manier moet worden opgevangen. Hoe, en in welke mate zal door de Infrastructuuraanbieder moeten worden bepaald. Het is bijvoorbeeld denkbaar dat slices ook weer onderling kunnen worden geprioriteerd. Hoe dit precies moet gaan werken is nog onderwerp van onderzoek. Conclusie is dat ook in een

⁹⁸ Bij een service flow op best effort basis is een aanzienlijk grotere tolerantie in QoS prestaties, maar ook daarvoor geldt een bepaalde minimale datasnelheid.

netwerkomgeving die is gebaseerd op slicing het beschreven capaciteitsvraagstuk speelt.

De meeste MVNO's kopen grote verkeersbundels bij MNO's. Hiermee behoudt de MNO nog volledige vrijheid om QoS-condities van individuele verbindingen te bepalen en verkeersmanagement te plegen. Deze bundels kunnen dan ook tegen aantrekkelijke tarieven in de markt worden gezet want het stelt de MNO in staat te verdienen aan surplus capaciteit op het eigen netwerk. Het kopen van (gegarandeerde) verkeerscapaciteit bij een MNO is van een andere orde, zeker als dat onder alle omstandigheden moet kunnen worden geleverd. Met het oog op de karakteristieken zoals hier beschreven kan een vraag naar piekcapaciteit als een risico worden gedefinieerd waartegen de afnemer (de MVNO-OOV) van capaciteit zich wenst te verzekeren. De hier onderstreepte terminologie is gekozen vanwege de analogie met het verzekeringswezen. In de (toekomstige) markt zijn diverse aanbieders van capaciteit actief en die kunnen worden uitgenodigd om op de gevraagde "verzekeringspolis", die o.a. wordt gekenmerkt door een risicoprofiel, te offren. Hierop kunnen individuele operators op basis van hun eigen marktprofiel, netwerk mogelijkheden en beperkingen, verkeersprofielen, verkeersmanagement strategie en *risk appetite* een aanbod doen met een premie. Zowel het risicoprofiel van de afnemer als ook de polis van de aanbieder kan nog een gebieds-differentiatie omvatten in de zin dat risico's per regio zijn ingeschat en ook de premie op die manier is gedifferentieerd. Dat biedt de afnemer zelfs de mogelijkheid om de polis keuze per regio te maken⁹⁹ en zo landelijk de 'best value for money' te verkrijgen. De afnemer kan ook nog besluiten zich op deze manier dubbel te verzekeren. Dit alles is uiteraard gebaseerd op de aanname dat de toekomstige technische implementatie van netwerken zodanig zal zijn dat de afnemer in de rol van MVNO RAN-capaciteit van verschillende aanbiederende MNO's kan leasen. De operator die een dergelijke polis aanbiedt zal dus moeten nagaan hoe hij binnen zijn netwerk het risico van een capaciteitsclaim gaat mitigeren als het zich daadwerkelijk voordoet.

De werking van de markt zal uitwijzen welke capaciteitsclaim nog te verzekeren valt, met andere woorden waar voor operators de pijngrens ligt. Daarmee wordt dan ook duidelijk voor de MVNO-OOV vanaf welk risiconiveau deze route geen soelaas meer biedt.

4.6.3 *Unus pro omnibus, omnes pro uno*

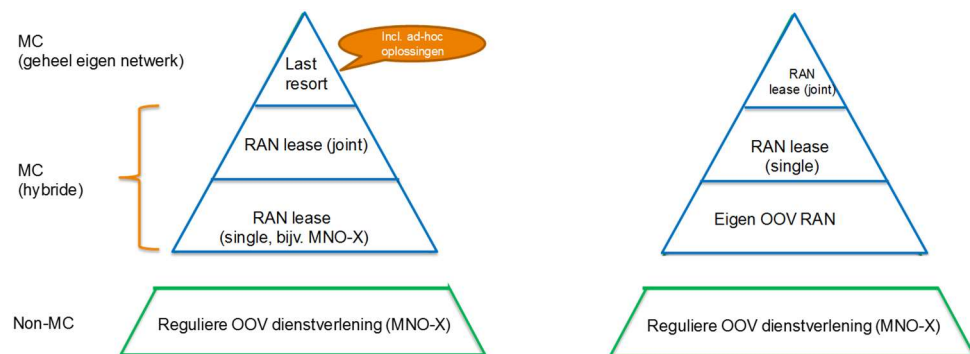
"Eén voor allen, allen voor één" is een benadering waarbij de mobiele operators de gezamenlijke (joint) verantwoordelijkheid op zich nemen om de piek in de capaciteitsvraag die zou kunnen ontstaan, collectief op te vangen. Dit zou bijvoorbeeld kunnen bij een piekbehoefte die de verzekerde behoefte uit de vorige paragraaf overstijgt. De charme van dit concept is gelegen in het feit dat geen van de individuele operators opdraait voor de impact van de piekbehoefte maar dat deze last gedeeld wordt, bijvoorbeeld naar rato van marktaandeel. Er zijn verschillende manieren waarop dit in de praktijk zou kunnen worden uitgevoerd. Daarbij kan men bijvoorbeeld denken aan een variant op de regional roaming regeling, waarbij 1 operator de piekvraag op zich neemt onder gelijktijdige en tijdelijke transfer van een (deel) van het eigen verkeer naar de anderen. Als we mogen aannemen dat de commerciële abonnees een onderlinge gelijke status hebben, is het effect van de

⁹⁹ Daarbij is gemakshalve aangenomen dat dezelfde regiogrenzen op alle mobiele netwerken zijn te projecteren. Door onderlinge verschillen in de RAN-infrastructuur zal dat in de praktijk niet helemaal opgaan.

transfer dat de impact van de capaciteitschaarste vrij eerlijk over alle abonnees in het betreffende gebied kan worden verdeeld. Gezien het bijzondere non-competitieve karakter is het van belang dat helder en objectief kan worden vastgesteld onder welke condities dit arrangement in werking treedt. Dit collectieve arrangement is een belangrijke component van het hybride model voor missie-kritische dienstverlening omdat het bijdraagt aan de benodigde zekerheid. Indien mobiele operators niet zelf in overleg met de overheid tot een invulling van dit arrangement als last resort maatregel kunnen komen via bijvoorbeeld een convenant (waarbij is aangenomen dat deze maatregel t.z.t. redelijkerwijs technisch realiseerbaar en uitvoerbaar is), dan heeft de overheid nog de mogelijkheid dit via wet- en regelgeving af te dwingen.

4.6.4 Het gelaagde piramidemodel

De diverse opties voor de inrichting van de dienstverlening bekeken vanuit het perspectief van capaciteit laten zich goed illustreren met een gelaagd piramide model. Hieronder zijn twee varianten van dit model naast elkaar weergegeven.



Figuur 4-10: Gelaagd piramidemodel voor missie-kritische dienstverlening, met focus op capaciteit. Illustratie van twee belangrijke varianten

De keuze voor het piramide model is om het afnemende verkeersvolume van beneden naar boven weer te geven¹⁰⁰. Verder wordt hier een onderscheid gemaakt tussen wel en niet missie-kritisch. In hoofdstuk 2 hebben we al betoogd dat dit onderscheid in de praktijk niet eenvoudig te maken valt, maar we nemen hier in ieder geval aan dat alle communicatie en informatie-uitwisseling met een uitsluitend bedrijfsmatig karakter niet via missie-kritische dienstverlening wordt ingevuld maar via een regulier dienstverleningsmodel, op grond van het feit dat missie-kritische dienstverlening aanzienlijk kostbaarder is dan reguliere dienstverlening (en dus schaarser). Het linker en rechter model verschillen daarom alleen van elkaar voor wat betreft de invulling van de missie-kritische dienstverlening

In het linkermodel wordt de capaciteitsbehoefte in eerste instantie afgedekt door het leasen, in de rol van MC-OOV operator, van capaciteit van MNO's. Het model schrijft op zich niet voor welke methode van leasing zou moeten worden gehanteerd, maar de inkoop van capaciteit als verzekering zou hier kunnen. Er kan hier sprake zijn van synergie in de zin dat de telecomoperator die de reguliere dienstverlening verzorgt,

¹⁰⁰ Deze ordening is intuïtief en niet gebaseerd op feitelijk berekeningen aan verkeersvolumes.

ook de partij kan zijn die specifiek ten behoeve van missie-kritische dienstverlening capaciteit beschikbaar stelt (bijvoorbeeld via prioritering met pre-emptie). De extra capaciteitsbehoefte die niet meer langs deze weg kan worden geacommodeerd kan dan door het collectief van aanbieders worden opgevangen. In situaties waarin ook dat niet of niet meer toereikend is (bijvoorbeeld door lokale fysieke uitval van elektronische infrastructuur in een bepaald gebied, kan men nog als last resort eigen (flexibele/mobiele) infrastructuur met de eigen frequenties aanspreken. Hierin zou ook zeer goed gezamenlijk met Defensie kunnen worden opgetrokken (*tactical LTE*). Een geheel statisch eigen netwerk zou hier minder logisch zijn omdat het netwerk als last resort immers vrijwel nimmer wordt gebruikt. Toch moet men hier ook voor ogen houden dat er steeds meer flexibilisering van netwerk *deployments* gaat ontstaan waardoor het klassieke onderscheid tussen statische en niet-statische infrastructuur gaat vervagen. De last resort oplossing is een reële mogelijkheid als in het licht van de geschetste onzekerheden en issues de effectief te benutten exclusief gereserveerde frequentieruimte niet voldoende blijkt voor een landelijk dekkend netwerk.

In het rechtermodel wordt voor de missie-kritische dienstverlening in eerste instantie de capaciteit van het eigen MC-OOV netwerk benut. Dat is een valide keuze als men met de netto beschikbare frequentieruimte tot een reëel landelijk dekkend netwerk zou kunnen komen waarmee de reguliere behoefte (dus excl. calamiteiten) kan worden afgedekt. Dit vergt wel een voldoende verdicht netwerk (hier kan worden meegelift op het RAN van de preferente operator). Bij ontoereikende capaciteit op het eigen netwerk zal men in dit model overgaan op het gebruik van geleaste capaciteit. Wederom kan dit capaciteit zijn van de operator die ook de reguliere dienstverlening (onderste laag) verzorgt, maar dat hoeft niet. De overtreffende trede is ook hier een beroep op het collectief van aanbieders vanaf een zekere piekbehoefte. Dat is in het model ook de hoogste trede, tenzij men ook de inzet van Defensie als last resort beschouwt.

Het rechter model achten we iets minder gunstig dan het linker model. De faseovergangen in het rechtermodel zijn ingewikkelder. Tevens valt de rol van Defensie als last resort bovenin in het linker model beter op zijn plek omdat daar een logische combinatie is te verwachten met de OOV-infrastructuurmiddelen.

4.7 Landelijke constellatie van robuust gemaakte sites

Onderdeel van de hybride oplossing zou een landelijke constellatie van reeds bestaande door commerciële operators in gebruik genomen opstelpunten kunnen zijn. Het gaat hier om zoveel mogelijk gesharede sites en waarop een 900 MHz macrocel raster kan worden gelegd. Bij de selectie kunnen de bestaande, gunstig gelegen C2000-opstelpunten mee in beschouwing genomen worden. Met de keuze voor het 900 MHz raster wordt bewust voor een wat dichter raster gekozen dan bij een keuze voor 700 MHz raster. Een dergelijke constellatie biedt drie voordelen: 1) op de gekozen gesharede en robuust gemaakte sites kunnen meerdere operators capaciteit bieden, 2) de robuust gemaakte constellatie is in beginsel bruikbaar voor het bieden van landelijk dekkende capaciteit op frequenties in de 700, 800 en 900 MHz banden¹⁰¹ en 3) Met deze oplossing is de OOV-dienstverlening gediend, maar kunnen commerciële operators met *mission of business critical* service proposities

¹⁰¹ Het zou veel te kostbaar worden om commerciële radio-aansluitnetwerken volledig te hardenen.

ook profiteren. Merk op dat binnen het hybride model deze constellatie dus ook mogelijkheden biedt voor een eigen of gedeelde radio-infrastructuur met eigen 700 MHz frequenties.

Onderzocht dient te worden of de overlappende radio-aansluitnetwerken van de operators zodanig zijn geconfigureerd en gepland dat een relevante constellatie zoals beschreven zou kunnen worden gevormd. Bovendien moet worden nagedacht hoe de constellatie in stand kan worden gehouden (in het licht van de dynamiek in commerciële netwerken).

Tevens moet worden nagegaan of voor de realisering via een publiek-private samenwerking eventueel sprake is van staatsteun.

4.8 Conclusies

Voor de conclusies van deze beschouwing en het daaruit volgende advies wordt verwezen naar hoofdstuk 5.

5 Conclusies en visie op vervolg

5.1 Conclusies van het onderzoek

Het werk van de hulpdiensten wordt in toenemende mate informatie gestuurd en beïnvloed door informatie, een trend die ook maatschappijbreed aan de orde is. De ondersteunende rol van ICT toepassingen wordt daarmee ook groter. Dit resulteert in de ontwikkeling van een breed en deels kolom-specifiek portfolio van informatietoepassingen die in het dagdagelijkse werk van de OOV-professional wordt gebruikt en waaraan ook bij missie-kritisch optreden behoefte is. Dit alles naast essentiële communicatie op basis van spraak. Voor de mobiele OOV-professional is daarom betrouwbare integrale communicatiedienstverlening met voldoende capaciteit en verbindingskwaliteit een noodzakelijke voorwaarde geworden in tal van werkprocessen en onder uiteenlopende omstandigheden, waar men zich ook in Nederland bevindt. De dataconsumptie in het OOV-domein zal de komende jaren, in lijn met de maatschappelijke trend, groeien met een geraamde groeifactor van 120 tot 140% per jaar. Een substantieel deel van de databehoeft en dito eisen aan verbindingskwaliteit zal vooral voortkomen uit het gebruik van beeld/video gebaseerde toepassingen. In het OOV-domein is de behoefte aan *upstream* capaciteit, d.w.z. vanuit de gebruiker richting het netwerk, relatief groot, in afwijking tot het algemene beeld.

Uitgaande van de toekomstige spectrumvoorziening voor OOV van 2x5 en 2x3 MHz in de 700 MHz band, wijzen resultaten van de uitgevoerde berekeningen van de capaciteitsbehoefte duidelijk in de richting van risico's op spectrumtekorten zeker in bijzondere omstandigheden (grotere geografisch geconcentreerde calamiteiten) en vooral in de upstream richting. Echter ook onder normale omstandigheden moet met risico rekening worden gehouden. Onze resultaten zijn qua grootte-orde wat betreft de tekorten in de upstream consistent met schattingen in diverse andere publicaties. Schattingen voor de downlink wijken af, maar houden verband met het al of niet inzetten van groepscommunicatie. Het risico op (flinke) spectrumtekorten, zelfs onder reguliere omstandigheden, stijgt duidelijk met een toenemend gebruik van toepassingen op basis van beeld (met name video). Deze trend zal zich in de afzienbare toekomst doorzetten. Tevens moet men rekening houden met inperkingen in het praktische gebruik van de 2x5 en 2x3 MHz banden. Met andere woorden, de netto praktisch beschikbare gereserveerde frequentieruimte is mogelijk kleiner dan de theoretische ruimte, waarmee het spectrumtekort in de praktijk nog manifester zal zijn dan waar men mogelijk nu rekening mee houdt. Alleen met een substantieel verdicht radio-aansluitnetwerk kunnen risico's op ontoereikende datasnelheden en capaciteitstekorten worden vermeden. Dat is voor een toekomstig (eigen) OOV-netwerk met qua verkeer een groot verschil tussen gemiddelde vraag en piekvraag niet efficiënt. Derhalve pleit dit inderdaad voor een oplossingsrichting voor missie-kritische communicatie-dienstverlening waarin wordt samengewerkt met een of meerdere commerciële mobiele operators.

Verkennd onderzoek naar hybride ontwikkelingen heeft uitgewezen dat hier door de industrie in samenwerking met stakeholders in diverse landen al interessante stappen zijn gezet. Die zijn gestimuleerd door de ontwikkelingen in 3G/4G-technologie die de laatste jaren ook nadrukkelijker zijn gericht op facilitering van het OOV-domein. De hybride oplossing laat de OOV-gebruiker in belangrijke mate

meeliften op de dienstverlening van een commerciële operator en dan vooral betreffende het radio-aansluitnetwerk. Deze overlappende netwerken bieden belangrijke voordelen ten aanzien van geografische dekking en beschikbare capaciteit. Daarentegen voldoen de bestaande mobiele netwerken nog niet aan missie-kritische specificaties en zijn hybride oplossingen die op die mobiele netwerken gebaseerd zijn qua implementatie vrij complex. De huidige state-of-the art voorziet in een geïntegreerde oplossing in een samenwerking met 1 mobiele operator. Een model waarin op meerdere commerciële mobiele netwerken wordt geleund, wat wij voor missie-kritische dienstverlening essentieel achten, is eveneens haalbaar maar continuïteit van dienstverlening over netwerken van meerdere mobiele operators is nog een brug te ver.

De ontwikkeling van 5G-technologie biedt belangrijke kansen op langere termijn voor het OOV-domein. Ten eerste betreft dit de mogelijkheid om door toepassing van slicing-technologie te kunnen beschikken over een eigen virtueel OOV-netwerk dat logisch volledig gescheiden is van andere virtuele netwerken en dus exclusieve dienstverlening mogelijk maakt aan OOV-cliënten. Ten tweede betreft dit een vergroting van de flexibiliteit wat betreft het afnemen van netwerkdiensten van meerdere mobiele operators tegelijkertijd. Een wenkend perspectief is een zo goed als volledige continuïteit van dienstverlening over meerdere netwerken. Het issue van de piek in de capaciteitsvraag kan worden opgevangen met een gelaagd capaciteitsmodel. Daarbij wordt aanvullend op met individuele operators overeengekomen capaciteitsreserveringen, een overschrijdende capaciteitsclaim door een collectief van landelijke operators opgevangen. Een dergelijk concept komt met 5G-technologie binnen handbereik. De ontwikkelingen rond 5G en slicing zijn in volle gang en zijn derhalve behept met onzekerheden over functionaliteiten en over de haalbaarheid in een missie-kritische context. Het inzicht van de industrie daarin staat nog in de kinderschoenen.

Hoezeer de mogelijkheden voor missie-kritische dienstverlening in een samenwerkingsmodel met mobiele operators ook toenemen, er moet te allen tijde rekening worden gehouden met de noodzaak voor een last resort communicatie-oplossing waarvan de precieze invulling nog moet worden vastgesteld. Daarin kan samenwerking met Defensie worden gezocht.

5.2 Voorgestelde oplossingsrichting

Op basis van de verkregen inzichten hebben we een oplossingsrichting voor missie-kritische communicatie dienstverlening aan de OOV-gemeenschap in Nederland vrij helder voor ogen. Die omvat een door de overheid zelf ingevulde of geïnstalleerde rol van integrale en multidisciplinaire communicatie dienstverlener, waarbij sterk wordt geleund op *wholesale* connectiviteitsdiensten met '*Capacity on Demand*' en QoS-garanties van meerdere landelijk opererende commerciële mobiele telecomoperators. Dit, aangevuld met eigen (in samenwerking met Defensie) flexibel inzetbare op LTE gebaseerde infrastructuur oplossingen als fall back of aanvulling, met eigen frequenties in de 700 MHz band en daarnaast frequentieruimte in een nader te bepalen geschikte hogere frequentieband voor eventuele lokale concentratie van capaciteit.

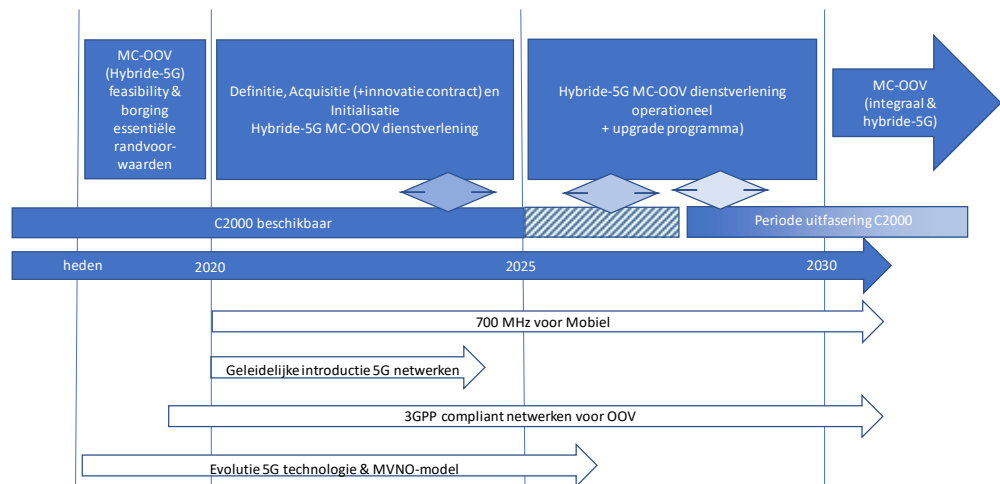
Een invulling waarbij sprake is van 1 preferente operator binnen het collectief van betrokken landelijke operators heeft enkele belangrijke efficiëntie- en

synergievoordelen en heeft dus de voorkeur. Indien ondanks een aantoonbaar technisch realiseerbare en uitvoerbare oplossing de landelijke mobiele operators niet zelf in overleg met de overheid tot een invulling van dit arrangement als last resort maatregel kunnen komen via bijvoorbeeld een convenant, dan kan de overheid overwegen dit via wet- en regelgeving af te dwingen om onder exceptionele omstandigheden zekerheid van dienstverlening te bewerkstelligen.

Medegebruik van de netwerken van mobiele operators voor missie-kritische dienstverlening omvat wat TNO betreft een landelijke constellatie van in overleg met de operators goed/slim gekozen opstelpunten binnen de bestaande radio-aansluitnetwerken die qua robuustheid op missie-kritisch niveau zijn gebracht. Daarbij kunnen de bestaande C2000-opstelpunten mee in beschouwing genomen worden¹⁰².

Indien noodzakelijk zou al op kortere termijn (vanaf 2020) voor mobiele breedband datadiensten reeds op het beoogde hybride model kunnen worden voorgesorteerd op basis van 4G-technologie. De ontwikkelingen in 5G-technologie en in het bijzonder ten aanzien van slicing, ziet TNO echter als een kans om bovengenoemde oplossingsrichting op termijn volledig te realiseren. De betreffende technologische ontwikkelingen hebben minimaal ca. 5 jaar tijd nodig om volwassen te worden en vergen tevens actieve beïnvloeding vanuit de OOV-sector als ‘business domain’.

De roadmap voor Nederland voor de realisatie van een op 5G-technologie gebaseerde missie-kritische communicatiedienstverlening voor de OOV-sector zien we op hoofdlijnen voor ons zoals hieronder weergegeven.



Figuur 5-1: Voorgestelde roadmap voor Nederland naar missie-kritische communicatie dienstverlening voor OOV

We onderscheiden een drietal opeenvolgende tijdvakken:

1. **Heden-2020:** Diepgaander en multidisciplinaire assessment van de haalbaarheid en vormgeving van een op 5G technologie gebaseerde hybride

¹⁰² Ook de palen van het landelijke waarschuwingssysteem komen vanaf 2020 “ter beschikking”. TNO betwijfelt echter de bruikbaarheid van deze palen voor LTE-netwerkdoeleinden maar dit is niet nader onderzocht.

oplossing voor MC-OOV en de borging van een aantal voor dit model belangrijke randvoorwaarden. In de volgende paragraaf is dit nader uitgewerkt.

2. **2020-2025:** De opstelling van het Programma van Eisen, uitvoering van een volledig tender traject, resulterend in de installatie en initialisatie van de nieuwe hybride oplossing voor missie-kritische communicatie dienstverlening. Belangrijk aspect is dat een roadmap en upgrade programma (innovatiecontract) deel uitmaakt van het nieuwe contract. Ten tweede is van belang dat er rekening wordt gehouden met een functioneel relevante koppeling met het bestaande C2000 netwerk.
3. **2025-2030:** De vernieuwde hybride en op 5G-technologie gebaseerde oplossing is operationeel. Het upgrade programma faciliteert een verantwoord meeliften op de door- en uitontwikkeling van 5G-technologie, ook voor OOV. Er kan worden gekozen voor continuering van het upgrade programma ook na 2030 zodat men verantwoord kan meeliften op de door- en uitontwikkeling van 5G-technologie, ook voor OOV. We achten het van belang dat het C2000-netwerk operationeel blijft totdat de vernieuwde oplossing zich heeft bewezen waarna C2000 kan worden uitgefaseerd. Uitgaande van deze fase-indeling betekent dat dus dat C2000 nog voorbij het jaar 2025 operationeel zou moeten blijven (het gearceerde gebied in de figuur). Dit is mogelijk wel een issue in verband met de teruggave van OOV frequenties in de 380-400 MHz band aan Defensie.

Indien noodzakelijk zou al op kortere termijn (vanaf 2020) voor mobiele breedband datadiensten reeds op het beoogde model kunnen worden voorgesorteerd op basis van de huidige stand der techniek voor een hybride oplossing, gebaseerd op network sharing en roaming en uitgaande van een preferente operator die ook de MVNO-rol tenminste deels faciliteert voor de overheid. De multi-operator setting zal dan nog beperkt moeten blijven tot *coverage triggered roaming*. De QoS-privileges die men met de preferente operator heeft afgesproken zijn dan niet portable naar de andere operators.

5.3 Visie op vervolg

Ons advies voor de periode tot 2020 kan worden opgevat als de aanbevolen uitvoeringsagenda voor de komende jaren en omvat de hierna genoemde zaken:

- Een multidisciplinaire assessment van de haalbaarheid van de oplossingsrichting als resultaat van dit verkennende onderzoek, namelijk een op 5G technologie gebaseerd hybride model (=MVNO + Multi MNO + Eigen voorzieningen) voor missie-kritische communicatie dienstverlening. Multidisciplinair houdt in:
 - **Operationeel:** goed inzicht, over de gehele breedte van de OOV-sector, in operationele eisen en wensen wat betreft missie-kritische dienstverlening.
 - **Technisch:** gedegen inzicht in de mogelijkheden, beperkingen en risico's van 5G technologie voor missie-kritische dienstverlening. In het bijzonder betreft dit de merites van slicing technologie (industriedomein) en de praktische deployment aspecten daarvan (operator domein) binnen dit model. Specifieke slicing gerelateerde topics zijn zaken zoals orkestratie en interfacing, netwerk agnostische QoS-privileges (of anders gezegd portability van deze privileges), cyber security, terminal support voor deze functionaliteit en dimensionering van capaciteit. Ook vergt de invulling van de eigen voorziening binnen het

hybride model aandacht, waarvoor de toekomst van Europese LTE-Band 68 apparatuur mede bepalend is.

- **Techno-economisch:** gedegen inzicht in kostenstructuur (TCO) en cost drivers van de hybride oplossing, inzicht in consequenties van keuzes binnen dit model.
- **Juridisch®elgeving:** inzicht in eventuele wettelijke en juridische beperkingen die de invoering van dit model in de weg staan. Zie ook volgende activiteit.
- **PPS/SLA:** gedegen inzicht in de opzet en structuur van de publiek-private samenwerking ten behoeve van deze dienstverlening; inzicht in essentiële elementen van de benodigde service level agreements.

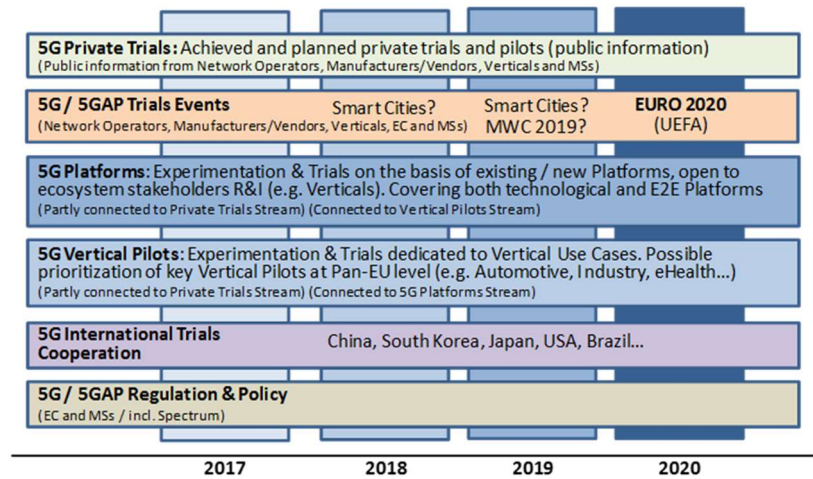
Belangrijke typen activiteiten van deze assessment zijn:

- Een **dialogo met de markt** (industrie en operators), bijvoorbeeld in de vorm van een marktconsultatie.
 - Een **dialogo of liever samenwerking met andere Europese landen** op de voornoemde aspecten (technisch, techno-economisch, etc.), landen die al ervaring hebben opgedaan met hybride vormen van dienstverlening
 - Een **5G pilot gericht op OOV**. Zie verderop in deze paragraaf.
- Borging van belangrijke randvoorwaarden voor het hybride model. De navolgende activiteiten zou logischerwijs direct kunnen volgen op een aantal uitkomsten uit de hiervoor beschreven assessment:
 - Commitment van mobiele operators tot samenwerking in de verwezenlijking van dit hybride model via een convenant of in het uiterste geval via wet- en regelgeving. Nadere detaillering van de samenwerking zou moeten geschieden tijdens de assessment, maar zal tenminste moeten omvatten afspraken over roaming, capaciteitsgaranties en participatie in een upgrade programma van netwerksites naar missie-kritisch niveau. Op korte termijn is het van belang deze intenties al richting de markt te communiceren;
 - Toekenning door de ACM in Nederland van een eigen MNC aan de toekomstige MC-OOV operator;
 - Toestemmingverlening aan landelijke mobiele operators voor national roaming ten behoeve van missie-kritische OOV;
 - Erkenning van missie-kritische OOV-dienstverlening als specialised service in de context van netneutraliteit. Daarbij is de implementatievorm (wel of geen slicing) zeer bepalend, maar men zou hier de conventionele (voor Net Neutraliteit meest kritische) implementatie uit kunnen gaan.
 - Oplijnen van diverse contracten en trajecten op dit gebied binnen het OOV-domein of zelfs breder binnen de overheid rond missie-kritische dienstverlening. Ook de maximale operationele levensduur van C2000 (ook als back-up voorziening) moet worden vastgesteld, in het licht van onderhoudbaarheid en beschikbaarheid van frequenties.
 - Beïnvloeding van belangrijke standaardisatie-organen, en dan in het bijzonder 3GPP en TCCA wat betreft nationale eisen die in de 5G-OOV ontwikkeling zouden moeten worden meegenomen. Het is van belang dat hier zoveel mogelijk met andere (Europese) landen kan worden opgetrokken.

Een aanvullende suggestie die aan bovenstaande agenda kan worden toegevoegd/ingevoegd is de preparatie en uitvoering van een 5G-OOV pilot (deadline

2020), samen met industrie, kennisinstellingen en overheid. Een interessant initiatief waarop mogelijk kan worden aangehaakt is het *5G Euro 2020 programme*¹⁰³, een initiatief van *5G Infrastructure Association*. Nederlandse participatie in dat programma richt zich onder andere op 5G Service Pilots in A'dam, waarvoor onder andere een Public Safety pilot is voorgesteld. De Nederlandse politie is hierbij al aangehaakt.

5G Pan-EU Trials Roadmap 2017-2020+



Figuur 5-2: 5G IA roadmap voor pan-Europese activiteiten m.b.t. 5G

¹⁰³ Zie www.5g-ppp.eu

A Calamiteitenscenario's

A.1 Scenario overstroming

Als uitgangspunt voor het overstromingsscenario is gebruik gemaakt van het scenario van een doorbraak van dijkkring 43 zoals beschreven door de Veiligheidsregio Gelderland-Zuid in haar Regionaal Risicoprofiel. Er is binnen het scenario gefocust op de evacuatiefase omdat juist daarin een grootschalige inzet is vereist van alle hulpdiensten die daarbij verspreid optreden over een groot gebied. Het scenario wordt als volgt omschreven in het Regionaal Risicoprofiel:

Het scenario betreft een doorbraak van dijkkring 43.

Dijkkringgebied 43 (Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden) ligt in de provincie Gelderland en (voor een klein gedeelte) in de provincie Zuid-Holland. Aan de noordzijde wordt dijkkringgebied 43 begrensd door de Nederrijn en de Lek, aan de oostzijde door het Pannerdensch kanaal, aan de zuidzijde door de Waal en de Boven-Merwede en aan de westzijde door de Diefdijklinie.

In het dijkkringgebied liggen diverse grote infrastructurele werken, zoals rijkswegen, spoorlijnen en kanalen. Zo wordt het gebied doorsneden door de rijkswegen A325, A50, A2 en A15. Ook de spoorlijnen Gorinchem-Elst, Arnhem-Nijmegen, Utrecht-Den Bosch en de Betuwelijn doorsnijden het gebied. Het dijkkringgebied wordt daarnaast doorsneden door twee voor het gebied van belang zijnde waterlichamen: het Amsterdam-Rijnkanaal en de rivier de Linge. Met 100 km van Doornenburg tot Boven-Hardinxveld, is de Linge de langste rivier die geheel in Nederland ligt. Het Amsterdam-Rijnkanaal verbindt het IJ in Amsterdam via Utrecht en Wijk bij Duurstede met de Waal bij Tiel.

Gebruikmakend van de specificatie van de hulpbehoeftebehoefte zoals beschreven in de Leidraad Maatramp voor een dergelijk incident (Ramptype overstromingen, grootte V). (Zie Figuur A.1) is een inschatting gemaakt van de benodigde capaciteit. Hierbij is gebruik gemaakt van de Leidraad Operationele Prestaties en van de input verkregen uit een werkbezoek aan de Veiligheidsregio Gelderland-Zuid. (zie Tabel A.1).

Ramptype		14. Overstromingen		Groottes				
				I	II	III	IV	V
				Centrale maat = betrokken bewoners				
		6.000	10.000	25.000	50.000	75.000		
A. Brandweer	Hulpverleningsproces	Gespecificeerde hulpvraag per proces						
	1. Bestrijden van brand en emissie van gevaarlijke stof	gevraagde pomp/bluscapaciteit (meters vuurfront) *	650	800	1250	2000	2800	
B. GHOR	2. Redden en technische hulpverlening	aantal te redden personen (daadwerkelijk door brandweer te bevrijden)	15	25	65	125	190	
	3. Meten	oppervlakte te besmetten gebied (km2)						
C. Politie	4. Besmettingscontrole en organisatie ontsmetten mensen	aantal potentieel besmette burgers						
	5. Besmettingscontrole en organisatie ontsmetten van	aantal besmette hulpverleners						
D. Overig gemeentelijk		aantal besmette voertuigen						
	Indicatieve Hulpvraag Brandweer		1	2	3	4	5	
E. Multidisciplinair	1. Geneeskundige hulpverleningsketen	aantal slachtoffers (doden + gewonden T1 + T2)	50	100	250	500	750	
		aantal doden	10	20	50	100	150	
A. Brandweer		aantal gewonden totaal (T1+T2+T3)	265	535	1335	2665	4000	
		% gewonden T1+T2	15%	15%	15%	15%	15%	
B. GHOR		% gewonden T3	85%	85%	85%	85%	85%	
		% gewonden met mechanisch letsel (beknelling, scherven, druk)	50%	50%	50%	50%	50%	
C. Politie		% gewonden met biologisch/chemisch/nucleair letsel						
		% gewonden met thermisch letsel (brandwonden, evt. onderkoeling)	100%	100%	100%	100%	100%	
D. Overig gemeentelijk		% gewonden met een besmetting (als risico voor zichzelf en/of anderen)						
	2. Geestelijke gezondheidszorg	aantal personen met psychische hulpbehoefte	65	135	335	665	1000	
E. Multidisciplinair	3. Preventieve volksgezondheid	aantal personen met behoefte aan medicatie/vaccinatie/voorzieningen	25	55	135	265	400	
		collectief gezondheidsonderzoek (aantal personen)	1325	2675	6675	13325	20000	
	Indicatieve Hulpvraag GHOR		1	1	2	3	4	
A. Brandweer	1. Handhaven openbare orde	aanwezige personen (passanten, kijkers, betrokkenen)	5000	10000	25000	50000	75000	
		aantal ordeverstooters (geweldplegers, plundersers, zware ramptoeristen)	80	110	200	350	500	
B. GHOR	2. Strafrechtelijk onderzoek	aantal aanstichters (aan te houden harde kern)	30	35	50	75	100	
	3. Verkeer regelen	aantal voor te geleiden en in te sluiten personen (tezamen met afzetten en afschermen)	30	35	50	75	100	
C. Politie	4. Afzetten en afschermen	af te zetten punten	42	44	50	60	70	
	5. Begidsen	aantal te begeleiden hulpverleningsvoertuigen						
D. Overig gemeentelijk	6. Identificeren van overledenen	aantal te identificeren doden	10	20	50	100	150	
	Indicatieve Hulpvraag Politie		2	3	4	5	6	
E. Multidisciplinair	1. Registreren van slachtoffers en overige betrokkenen	aantal te registreren personen	1000	2000	5000	10000	15000	
	2. Uitvaartverzorging	aantal te begraven/cremeren doden	10	20	50	100	150	
A. Brandweer	3. Schaderegistratie- en afhandeling	materiële schade gedupeerde burgers (mln euro)	200	400	1000	2000	3000	
		aantal gedupeerden	1000	2000	5000	10000	15000	
	Indicatieve Hulpvraag Gemeentelijke diensten		3	4	5	6		
B. GHOR	1. Voorlichting	aantal persverlaggevers	40	60	80	130	180	
		aantal te informeren huishoudens	5000	10000	25000	50000	75000	
C. Politie		aantal bellers, zijnde verwanten	1250	2500	6250	12500	18750	
	2. Waarschuwen van bevolking	aantal te waarschuwen huishoudens	2500	5000	12500	25000	37500	
D. Overig gemeentelijk	3. Ontruimen en evacueren	totaal aantal ontheemden	5000	10000	25000	50000	75000	
	4. Opvang en verzorging	ontheemden kortdurend opvang behoevend (enkele uren)	3000	6000	15000	30000	45000	
E. Multidisciplinair	5. Primaire levensbehoeften	ontheemden middellange opvang behoevend (incl overnachting)	2000	4000	10000	20000	30000	
		ontheemden langdurig opvang behoevend (meerdere dagen)	1000	2000	5000	10000	15000	
A. Brandweer		fractie niet-zelfredzame evacuéés	5%	5%	5%	5%	5%	
	6. Milieuzorg	fractie evacués met behoefte aan medische hulp, -zorg, medicijnen	5%	5%	5%	5%	5%	
B. GHOR		niet gekwantificeerd	---	---	---	---	---	
	7. Toegankelijk en begaanbaar maken	niet gekwantificeerd	+++	+++	+++	+++	+++	
C. Politie	8. Inzamelen van besmette waren	niet gekwantificeerd	---	---	---	---	---	
	Indicatieve Hulpvraag Multidisciplinaire processen		2	3	6	6	6	

* behoefte aan pompcapaciteit vergelijkbaar met xxx meter vuurfront

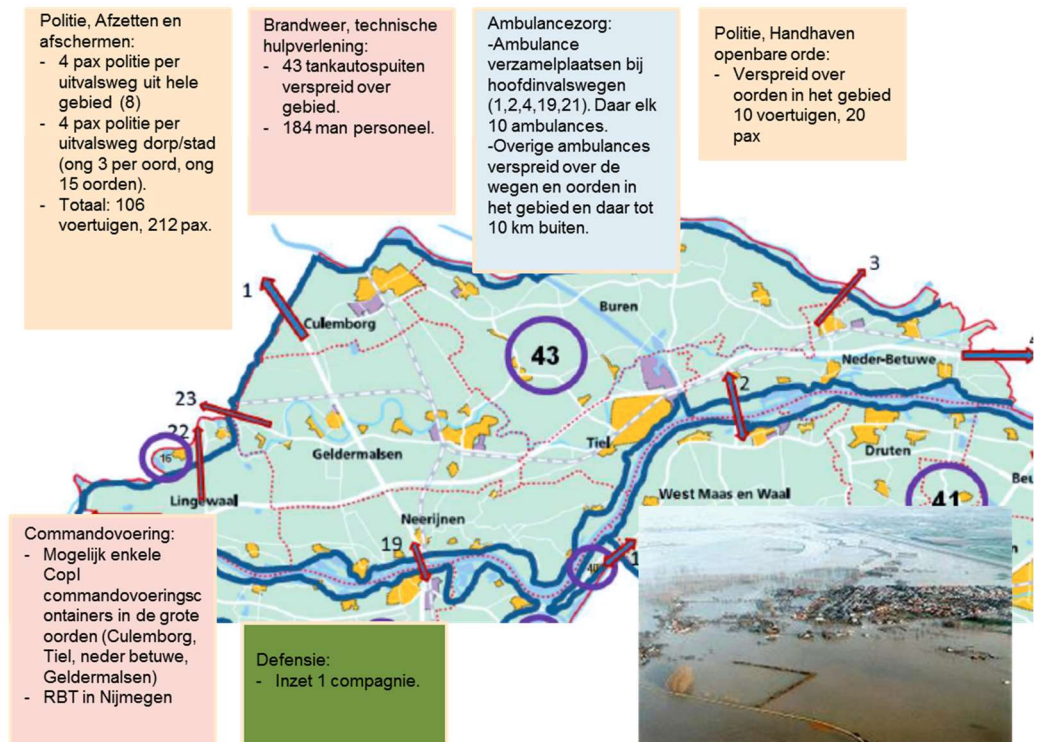
Figuur A.1: Specificatie hulpbehoefte bij overstroming (bron: Leidraad Maatram)

Proces	Capaciteit	Toelichting
<i>Redden en technische hulpverlening</i>	Max. 60 voertuigen en 400 man personeel. Gekozen voor 43 voertuigen en 184 man personeel.	25 slachtoffers per uur per compagnie. Dus 5 compagnieen maximaal. Elke compagnie bestaat uit 80 personen en 12 voertuigen. Er is gekozen voor 4 compagnieen.
<i>Geneeskundige hulpverleningsketen</i>	Max 400 ambulances eerste uur. Max 16 gnk combinaties Gekozen voor inzet van 50 ambulances.	Berekening hulpvraag eerste uur: Ambulancebemanningen 1*aantal T1 Gnk combinaties 0,039*aantal T2 $T1+T2 = 400 (15\%*2665)$ Omdat bij een scenario met meer dan 50 slachtoffers in de regio maximaal 50 ambulances worden ingezet is dat aantal gekozen.
<i>Geestelijke gezondheidszorg</i>	80-88 personen	10-11 teams nodig. Elk psychosociale opvangteams bestaat uit 8 personen.
<i>Handhaven openbare orde</i>	Verspreid over oorden in het gebied 10 voertuigen (20 personen).	1:3 voor aantal ordeverstoorers (350). Dus 35 politiemensen. 1:100 voor aantal aanwezige kijkers (50000). Dus 500 politiemensen Er is gekozen voor een veel kleiner aantal, omdat niet veel problemen worden verwacht.
<i>Afzetten en afschermen</i>	212 personen en 106 voertuigen.	4:1 voor aantal af te zetten punten. 23 punten dus 212 politiemensen.
<i>Begidsen</i>	0	Aantal begeleidingsvoertuigen is 1:4 tov aantal hulpverleningsvoertuigen. Meestal worden motorrijders ingezet. Dus $0:4 = 0$
<i>Identificeren van overledenen</i>		Niet vastgesteld.

Proces	Capaciteit	Toelichting
<i>Registeren van slachtoffers en overige betrokkenen</i>	160 functionarissen	4 functionarissen per 250 slachtoffers. Dus $10000:250*4=24$ functionarissen.
<i>Uitvaartverzorging</i>		1 contactpunt per 1 dode. Dus 100 contactpunten. Vraag is of dit missie-kritische communicatie is.
<i>Schaderegistratie en -afhandeling</i>	17 functionarissen CRAS	Bij instelling van CRAS: 1 : 300 tot 3000 plus daarna 1 : 1000 (echter minimaal 4). Dus $3000:300+7000:1000 = 7$
<i>Multidisciplinaire processen</i>		Niet meegenomen.
<i>Defensie</i>	1 compagnie (ongeveer 100 personen).	Gekozen voor inzet van 1 compagnie.

Tabel A.1 Benodigde capaciteiten (gebruikmakend van Leidraad Operationele Prestaties)

Voor de invulling van de commandovoering is gekozen voor een RBT in Nijmegen en mogelijk enkele CoPI containers in de grote oorden (Culemborg, Tiel, Neder Betuwe).



Figuur A.2 Overzicht van gebruikers van draadloze communicatie in het overstromingsscenario

A.2 Scenario verkeersongeval op land

Een (zeer groot) verkeersongeval op land vereist inzet van alle hulpdiensten die geografisch geconcentreerd zijn op een klein gebied. Er is gekozen voor een zeer grote kettingbotsing op N322 Maas en Waalweg, ten zuiden van Druten-Deest bij Afferden hm 61-0. Er zijn een flink aantal dubbeldekkerbussen bij betrokken waardoor er zeer veel slachtoffers zijn. (>500).

In de recente historie is er in Nederland geen verkeersongeval geweest van een dergelijke omvang. Desondanks is toch gekozen voor deze omvang omdat in de Leidraad Maatramp wordt beargumenteerd dat dit niet ondenkbeeldig is. Daarbij noemen ze een botsing van twee volbezette intercity-treinen. Omdat de bereikbaarheid van de botsingslocatie van de treinen door hulpdiensten hoogstwaarschijnlijk beperkt zal zijn is gekozen voor een soortgelijk incident op de weg.

Ramptype	3. Verkeersongevallen op land	Groottes					
		I	II	III	IV	V	
		Centrale maat = slachtoffers (doden en T1+T2 gewonden)					
		50	100	200	500	1000	
A. Brandweer	Hulpverleningsproces	Gespecificeerde hulpvraag per proces					
	1. Bestrijden van brand en emissie van gevaarlijke stof	gevraagde pomp/bluscapaciteit (meters vuurfront)	300	350	350	450	600
	2. Redden en technische hulpverlening	aantal te redden personen (daadwerkelijk door brandweer te bevrijden)	25	50	100	250	500
	3. Meten	oppervlakte te bemeten gebied (km2)					
	4. Besmettingscontrole en organisatie ontsmetten mensen	aantal potentieel besmette burgers					
	5. Besmettingscontrole en organisatie ontsmetten van	aantal besmette hulpverleners					
		aantal besmette voertuigen					
	Indicatieve Hulpvraag Brandweer		1	1	2	3	4
B. GHOR	1. Geneeskundige hulpverleningsketen	aantal slachtoffers (doden + gewonden T1 + T2)	50	100	200	500	1000
		aantal doden	10	20	40	100	200
		aantal gewonden totaal (T1+T2+T3)	80	160	320	800	1600
		% gewonden T1+T2	50%	50%	50%	50%	50%
		% gewonden T3	50%	50%	50%	50%	50%
		% gewonden met mechanisch letsel (beknelling, scherven, druk)	90%	90%	90%	90%	90%
		% gewonden met biologisch/chemisch/nucleair letsel	5%	5%	5%	5%	5%
		% gewonden met thermisch letsel (brandwonden, evt. onderkoeling)	20%	20%	20%	20%	20%
		% gewonden met een besmetting (als risico voor zichzelf en/of anderen)					
		2. Geestelijke gezondheidszorg	aantal personen met behoefte aan medicatie/vaocinatie/voorzieningen	5	10	20	50
	3. Preventieve volksgezondheid	aantal personen met behoefte aan medicatie/vaocinatie/voorzieningen					
		collectief gezondheidsonderzoek (aantal personen)					
	Indicatieve Hulpvraag GHOR		1	1	2	3	5
C. Politie	1. Handhaven openbare orde	aanwezige personen (passanten, kijkers, betrokkenen)	75	100	150	300	550
		aantal ordeverstoorders (geweldplegers, plunderaars, zware ramptoeristen)	8	10	15	30	55
	2. Strafrechtelijk onderzoek	aantal aanstichters (aan te houden harde kern)					
	3. Verkeer regelen	aantal voor te geleiden en in te sluiten personen (tezamen met afzetten en afschermen)					
	4. Afzetten en afschermen	af te zetten punten	24	28	36	60	100
	5. Begidsen	aantal te begeleiden hulpverleningsvoertuigen	40	50	70	130	230
	6. Identificeren van overledenen	aantal te identificeren doden	10	20	40	100	200
	Indicatieve Hulpvraag Politie		1	2	2	3	4
D. Oving gemeentelijk	1. Registreren van slachtoffers en overige betrokkenen	aantal te registreren personen	150	300	600	1500	3000
	2. Uitvaartverzorging	aantal te begraven/cremeren doden	10	20	40	100	200
	3. Schaderegistratie- en afhandeling	materiële schade gedupeerde burgers (min euro)		5	5	10	20
		aantal gedupeerden	50	100	200	500	1000
	Indicatieve Hulpvraag Gemeentelijke diensten		1	2	2	3	4
E. Multidisciplinair	1. Voorlichting	aantal persverslaggevers	40	40	50	80	130
		aantal te informeren huishoudens					
		aantal bellers	2500	5000	10000	25000	50000
		aantal bellers, zijnde verwanten	125	250	500	1250	2500
	2. Waarschuwen van bevolking	aantal te waarschuwen huishoudens					
	3. Ontsluiten en evacueren	totaal aantal ontheemden	50	100	200	500	1000
	4. Opvang en verzorging	ontheemden kortdurend opvang behoevend (enkele uren)	40	80	160	400	800
	5. Primaire levensbehoeften	ontheemden middellange opvang behoevend (incl overnachting)	20	40	80	200	400
		ontheemden langdurig opvang behoevend (meerdere dagen)	10	20	40	100	200
		fractie niet-zelfredzame evacues	5%	5%	5%	5%	5%
	fractie evacues met behoefte aan medische hulp, -zorg, medicijnen	5%	5%	5%	5%	5%	
	6. Milieuzorg	niet gekwantificeerd	---	---	---	---	
	7. Toegankelijk en begaanbaar maken	niet gekwantificeerd	+++	+++	+++	+++	
	8. Inzamelen van besmette waren	niet gekwantificeerd	---	---	---	---	
	Indicatieve Hulpvraag Multidisciplinaire processen		1	1	2	3	3

Figuur A.3: Specificatie hulpbehoefte bij verkeersongeval op land (bron: Leidraad Maatram)

Tabel A.2 Benodigde capaciteiten (gebruikmakend van Leidraad Operationele Prestaties)

Proces	Capaciteit	Toelichting
<i>Redden en technische hulpverlening</i>	29 voertuigen + 123 personen.	Uitgegaan van inzet van 2 compagnieën.
<i>Geneeskundige hulpverleningsketen</i>	50 ambulances (100 personen)	Inzet protocol VRGZ voor incident met meer dan 50 slachtoffers.
<i>Geestelijke gezondheidszorg</i>	32 personen	4 teams nodig. Elk psychosociale opvangteams bestaat uit 8 personen.

Proces	Capaciteit	Toelichting
<i>Handhaven openbare orde</i>	13 personen	1:3 voor aantal ordeverstoorders (30). Dus 10 politiemensen. 1:100 voor aantal aanwezige kijkers (300). Dus 3 politiemensen Registratie toedracht ongeval 10 politiemensen.
<i>Afzetten en afschermen</i>	10 voertuigen, 20 personen.	4:1 voor aantal af te zetten punten. 5 punten.
<i>Begidsen</i>	20 motorrijders.	Aantal begeleidingsvoertuigen is 1:4 tov aantal hulpverleningsvoertuigen. Meestal worden motorrijders ingezet.
<i>Identificeren van overledenen</i>		Niet vastgesteld.
<i>Registeren van slachtoffers en overige betrokkenen</i>	24 functionarissen	4 functionarissen per 250 slachtoffers. Dus $1500:250*4=24$ functionarissen.
<i>Uitvaartverzorging</i>	0-100 contactpersonen	1 contactpunt per 1 dode. Dus 100 contactpunten. Vraag is of dit missie-kritische communicatie is.
<i>Schaderegistratie en -afhandeling</i>	0	Niet acuut in de uren na de ramp.
<i>Multidisciplinaire processen</i>		Niet meegenomen

Benodigde capaciteit voor commandovoering bedraagt:

- 1 COPI ter plekke incident
- RBT in Nijmegen

Verder is inzet van Rijkswaterstaat mogelijk geacht (schatting 5 voertuigen, 10 personen).



Figuur A.4 Overzicht van gebruikers van draadloze communicatie in het scenario verkeersongeval op land

B Analyse informatie over OOV-incidenten

De bepaling van de communicatiebehoefte gedurende een piek uur wordt grotendeels bepaald door het aantal incidenten dat gelijktijdig kan plaats vinden in een cel. Omdat hierover geen directe gegevens beschikbaar zijn, wordt deze zo goed mogelijk ingeschat aan de hand van andere wel beschikbare gegevens. Hierbij wordt dezelfde methode als beschreven in ECCREP199 gevolgd. ECCREP199 heeft daarbij gegevens van Duitsland gebruikt. Hier zal echter uitgegaan worden van de Nederlandse situatie.

De inzet van politie/ambulance/trauma helikopers wordt hierbij apart meegenomen, omdat deze worden verondersteld van een Air-Ground-Air netwerk gebruik te maken.

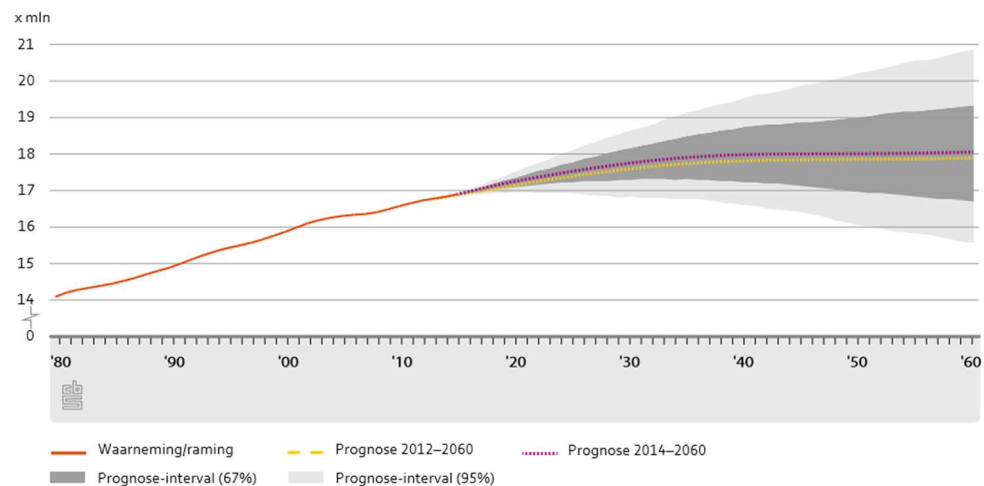
B.1 Bevolkingsdichtheid

B.1.1 *Inwonertal Nederland*

Het aantal inwoners in Nederland bedraagt [1]:

- 16.829.289 op 1-jan-2014
- 16.900.726 op 1-jan-2015
- 16.979.120 op 1-jan-2016 en
- 17.081.507 op 1-jan-2017

Dit aantal zal, volgens de CBS prognose [2], doorgroeien naar circa 18 miljoen in 2040.



Figuur B.1: Prognose bevolkingsgroei (CBS).

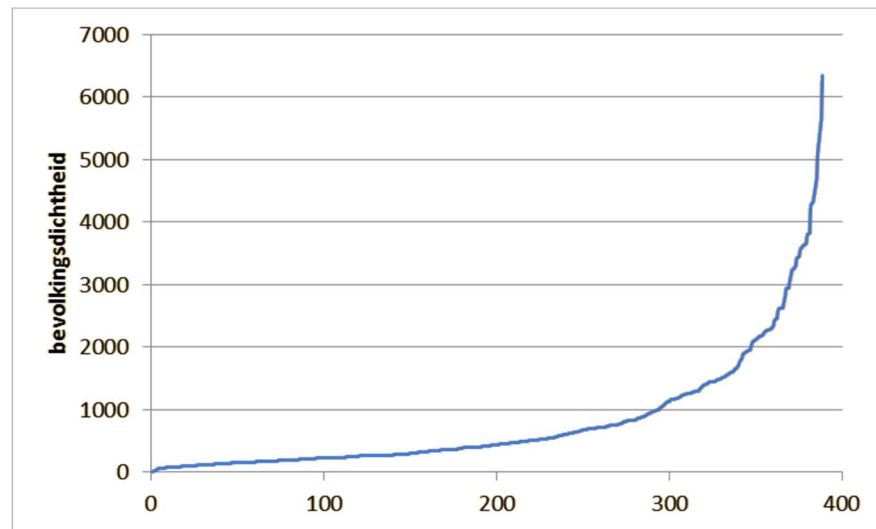
B.1.2 *Landoppervlak Nederland*

Het landoppervlak van Nederland, zonder overzeese gebiedsdelen bedraagt 33.756 km² volgens het CBS (met water, zoals Waddenzee en IJsselmeer, circa 41.500 km²).

B.1.3 Bevolkingsdichtheid

De gemiddelde bevolkingsdichtheid op land is daarmee $17.081.507/33.756 = 506$ per km² in 2017 en zal groeien tot circa 533 per km² in 2040.

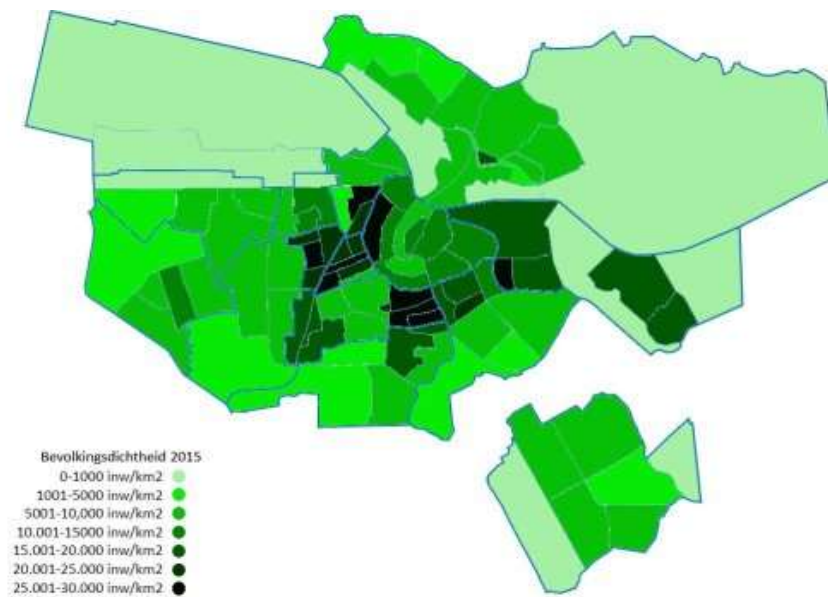
Per gemeente kan de bevolkingsdichtheid echter nog sterk variëren, zie onderstaande figuur waarin voor elk van de 388 gemeentes de bevolkingsdichtheid is weergegeven (2016, bron: [3]). Deze is maximaal 6.347 personen per km² in de gemeente 's Gravenhage.



Figuur B.2: Bevolkingsdichtheid van alle 388 gemeentes.

Per wijk/buurt zijn de variaties nog groter en wordt de maximale bevolkingsdichtheid van 35.460 personen per km² aangetroffen in de Amsterdamse wijk Fannius Scholtenbuurt. Deze buurt heeft echter maar 3.680 inwoners en is dus relatief klein, namelijk 0.1 km².

Wat we echter zoeken is de hoogste bevolkingsdichtheid in een gebied ter grootte van het dekkingsgebied van een basisstation in een stad, zo'n 12 km². Uit de figuur hieronder (bevolkingsdichtheid Amsterdam per wijk/buurt) blijkt dit circa 10.000 tot 15.000 personen per km² te zijn.



Figuur B.3: bevolkingsdichtheid Amsterdam per wijk/buurt.

[1] <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=37325&D1=0&D2=a&D3=0&D4=a&D5=0&D6=18-21&VW=T>

[2] <https://www.cbs.nl/-/media/imported/documents/2014/51/2014-bevolkingsprognose-2014-2060-groei-door-migratie-art.pdf>

[3] <http://statline.cbs.nl/>

B.2 Politie

B.2.1 Operationele sterkte

De totale politiesterkte bedroeg eind 2016 [1] 59.725 fte. Deze is op te splitsen in 50.747 fte operationele sterkte (waarvan 2.585 fte aspiranten) en 8.978 fte niet-operationele sterkte.

De operationele sterkte is eind 2016 boven de tot voor kort afgesproken omvang van 49.802 fte's. In de begroting 2017-2021 is het bereiken van de doelsterkte voorzien per eind 2020. Dit is gekoppeld aan de additionele middelen die in het kader van de Miljoenennota zijn toegevoegd aan de politiebegroting en daarmee betaalbaar [1, 2].

B.2.2 Materieel

In 2015 beschikte de politie over 14.000 voertuigen en 180 vaartuigen [2]. Sinds 2009 zijn, naast de drie vleugelvliegtuigen van het merk Cessna, zes lichte helikopters van het merk Eurocopter, type EC135 en twee middelzware helikopters van het merk AgustaWestland, type AW 139 in gebruik[5]. De helikopters hebben de allernieuwste opsporings- en waarnemingsapparatuur waaronder het zogeheten airborne-videosysteem. Hiermee zijn digitaal hoge resolutiebeelden te maken, waaronder warmtebeelden. Naast het feit dat deze beelden worden vastgelegd in de heli kunnen ze ook worden uitgezonden. Via een landelijk dekkend videonetwerk zijn de hoogwaardig beveiligde beelden ook beschikbaar voor meldkamers. Ook betekent dit dat er vorm wordt gegeven aan het begrip Network Enabled Capability (door netwerk samenwerken op basis van dezelfde beelden/informatie). De helikopters staan doorgaans op Schiphol-Oost, Volkel en Rotterdam maar kunnen ook op andere locaties worden gestationeerd, als dit voor het vervullen van de politietaak noodzakelijk is [3].

[1] <https://www.politie.nl/binaries/content/assets/politie/jaarverslag/2016/politie-jaarverantwoording-2016.pdf>

[2]

https://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwim1NiUi5jVAhXDbIAKHSCVA3AQFggkMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.interpol.int%2Fcontent%2Fdownload%2F11814%2F82014%2Fversion%2F%2Ffile%2FCorporate_Presentation_NPN%25202016.pdf&usg=AFQjCNGrjJfQNfcV7yAs5jbWFibKOCrFEA

[3] <https://tomzulu10.wordpress.com/politiehelikopter-achtergrond-info/>

B.2.3 Inzet

Over de inzet van de politie zijn geen directe cijfers gevonden. In 2015 hebben de Inspectie Veiligheid en Justitie en Agentschap Telecom in het kader van de transitie naar de landelijke meldkamerorganisatie echter onderzoek gedaan naar de huidige situatie van de 25 meldkamers in Nederland [1], waarin per regio het jaarlijks aantal binnengekomen meldingen vermeld staan (2013). Deze cijfers zijn opgesplitst naar kolom (politie, brandweer en ambulance), dagdeel en in 1-1-2 en overige meldingen. De overige meldingen zijn andere telefoonnummers/meldingen die naast 1-1-2 bij de regionale meldkamer uitkomen. De meldkamer maakt gebruik van veel speciale nummers voor specifieke gevallen, zoals: OMS, niet

spoedeisende hulp, burgernet, backoffice, Real Time Intelligence Center (RTIC) en Politie Service Centrum (PSC). De overige meldingen verschillen per regionale meldkamer.

Het totaal aantal binnen gekomen meldingen bedroeg circa 2.149.651 voor de politie, 343.278 voor de brandweer en 1.397.817 voor de ambulance. Omdat niet alle regio's de cijfers op dezelfde manier hebben opgegeven en ook een aantal regio's geen cijfers hebben verstrekt (waaronder Zuid-Holland Zuid (Regio-18) en Twente (Regio-05), moeten deze als indicatief worden gezien.

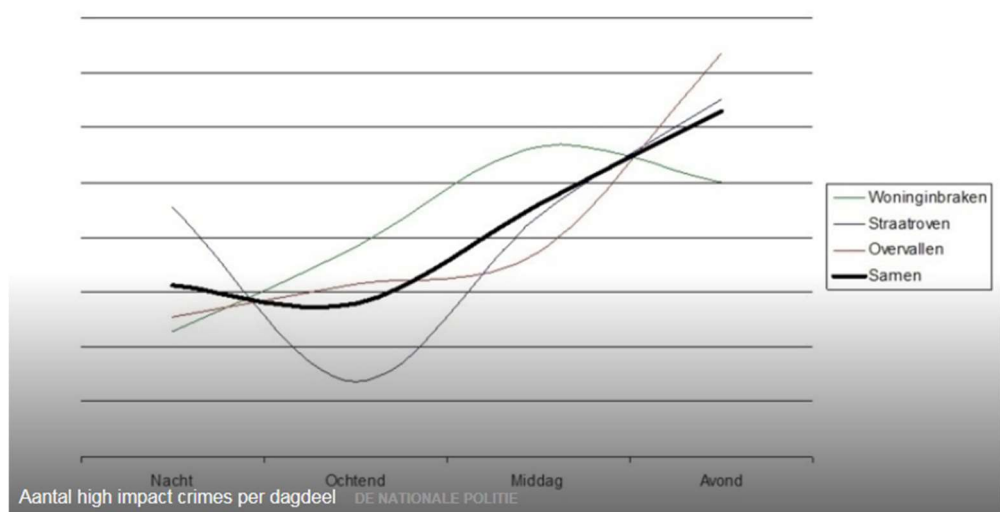
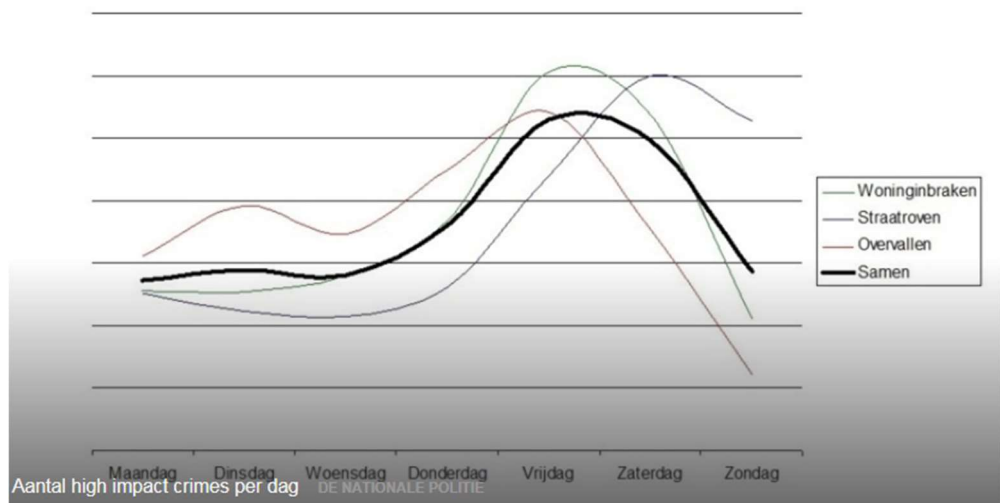
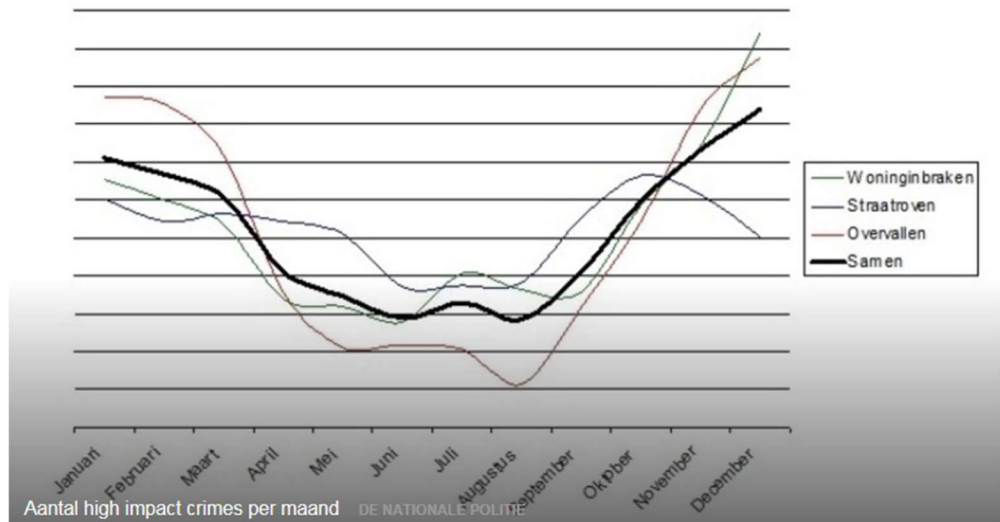
Niet alle meldingen leiden tot inzet. Uit CBS gegevens over de brandweer (2016) blijkt dat circa 60% van de binnenkomende meldingen inderdaad leidt tot het uitrukken van de brandweer (zie Brandweer). Wat dit percentage voor de politie is, is niet bekend. Tevens zal een deel van de inzet van de politie waarschijnlijk niet via de meldkamer verlopen (geplande acties, terrorismebestrijding, etc.).

Gaan we bij gebrek aan betere gegevens bij de politie ervan uit dat in 2013 het aantal incidenten gelijk was aan het aantal binnen gekomen meldingen van 2.149.651, dan zijn dit er 5.889 per dag ofwel 35 per dag per 100.000 inwoners ofwel 1,5 incidenten per uur per 100.000 inwoners.

Uitgaande van een bevolkingsdichtheid in een kleiner deel van een stad (zie Amsterdam) van 10.000 – 15.000 personen per km² betekent dit 0,15-0,22 inzetten per uur per km².

Het aantal inzetten tijdens een piek uur is met de beschikbare informatie niet goed te bepalen. Wel zijn van high impact crimes (overvallen, straatroven en inbraken) in samenwerking met de Universiteit Twente de patronen van dit type misdaden op een rij gezet [2]. Daarbij zien we grote variaties per maand, per dag en per dagdeel (zie figuren hieronder). De totale variatie is naar schatting een factor drie (piek t.o.v. gemiddelde). Dit zal voor per uur nog wat groter zijn. Hiervoor nemen we een factor twee, waarmee de inzet tijdens een piek uur zes maal groter is dan gemiddeld. Hiermee wordt het aantal inzetten voor de politie tijdens een piek uur naar schatting 0,9 – 1,3 inzetten per km².

Het aantal inzetten in 2015 resp. 2016 van de politiehelikopters bedroeg 2082 resp. 3036 keer [3]. In 2016 was dit ruim 2700 keer voor zogenaamde High Impact Crimes zoals inbraken, overvallen, straatroof en geweld [4].



- [1] <https://www.inspectievenj.nl/binaries/inspectie-venj/documenten/rapporten/2015/03/27/meldkamers---een-onderzoek-van-ivenj-en-agentschap-telecom/Overzicht+beelden+25+meldkamers.pdf>
- [2] <http://nos.nl/nieuwsuur/artikel/2058913-meer-arrestaties-door-politieheli-s-dankzij-patronen-criminelen.html>
- [3] <https://www.rtlnieuws.nl/nederland/inzet-politieheli-leidt-tot-minder-aanhoudingen>
- [4] <http://www.gelrenieuws.nl/2017/08/twitteraccount-politiehelikopter-behaald-mijlpaal-van-400-000-volgers.html>

B.3 Brandweer

B.3.1 Operationele sterkte

Per 1 Jan 2016 zijn er bij de brandweer 28.000 man in dienst, waarvan een kleine 24.000 operationeel personeel (brandweerman/vrouw) [1].

B.3.2 Materieel

In totaal telt Nederland 1.020 brandweerkazernes verdeeld over 25 veiligheidsregio's [2]. Per gemeente (388) zijn er gemiddeld meerdere brandweerkazernes. Uit een overzicht van brandweermaterieel per plaats/regio [3] is het aantal tankautospuitten (TS) gehaald, dat staat weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel C.1: Tankautospuitten per regio.

TANKAUTOSPUITEN	TS'sen aantal	land km ²	populatie in 2013	TS'sen per km ²	TS'sen per 100000	bevolkings dichtheid
Regio 01 - Groningen	56	2336	581600	0.024	9.6	249
Regio 02 - Friesland	72	3349	646060	0.021	11.1	193
Regio 03 - Drenthe	47	2642	489015	0.018	9.6	185
Regio 04 - IJsseland	47	1695	512520	0.028	9.2	302
Regio 05 - Twente	47	1632	626600	0.029	7.5	384
Regio 06 - Noord en Oost-Gelderland	66	2755	811880	0.024	8.1	295
Regio 07 - Gelderland-Midden	52	1181	665240	0.044	7.8	563
Regio 08 - Gelderland-Zuid	54	1039	538250	0.052	10.0	518
Regio 09 - Utrecht	72	1385	1268489	0.052	5.7	916
Regio 10 - Noord-Holland-Noord	75	1354	639520	0.055	11.7	472
Regio 11 - Zaanstreek-Waterland	35	348	325320	0.101	10.8	935
Regio 12 - Kennemerland	31	419	527180	0.074	5.9	1258
Regio 13 - Amsterdam-Amstelland	27	282	981095	0.096	2.8	3479
Regio 14 - Gooi Vechtstreek	23	176	245090	0.131	9.4	1393
Regio 15 - Haaglanden	43	404	1036580	0.106	4.1	2566
Regio 16 - Hollands-Midden	64	831	769800	0.077	8.3	926
Regio 17 - Rotterdam Rijnmond	58	863	1267100	0.067	4.6	1468
Regio 18 - Zuid-Holland Zuid	56	720	483195	0.078	11.6	671
Regio 19 - Zeeland	65	1788	380935	0.036	17.1	213
Regio 20 - Midden en West-Brabant	63	2123	1100840	0.030	5.7	519
Regio 21 - Brabant-Noord	61	1356	621357	0.045	9.8	458
Regio 22 - Brabant-Zuid Oost	53	1440	748300	0.037	7.1	520
Regio 23 - Limburg Noord	47	1522	515520	0.031	9.1	339
Regio 24 - Zuid-Limburg	33	632	605795	0.052	5.4	959
Regio 25 - Flevoland	25	1419	404783	0.018	6.2	285
Regio 28 - Koninklijke Landmacht	7					
Totaal	1279	33691	16792064	0.038	7.6	

B.3.3 Inzet

Voor het aantal branden (zowel binnen- als buitenbranden, met een verdere onderverdeling) is informatie bijgehouden door het CBS aanwezig voor de periode 2000 t/m 2013 [4]. In 2013 waren er in totaal 35.447 branden, waarvan 14.326 binnen- en 19.401 buitenbranden. Van de binnenbranden betrof dit 4.837 maal woongebouwen.

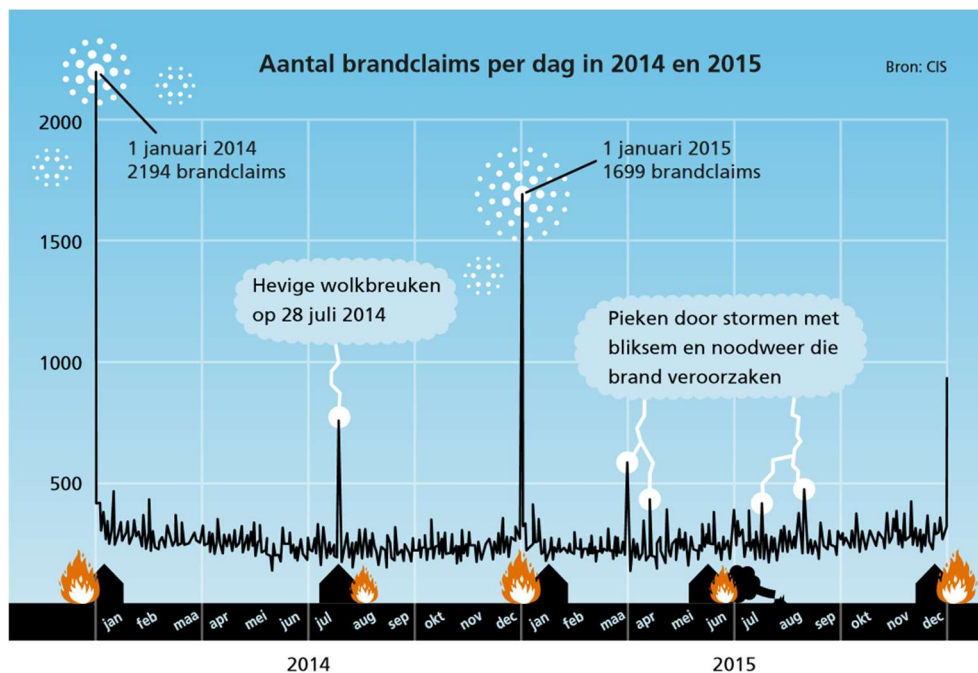
Voor de periode 2013-2016 zijn er gegevens beschikbaar van zowel het aantal brandincidenten als hulpverleningsincidenten [5]. Het totaal aantal meldingen dat in 2016 binnen kwam bij de Meldkamer was 124.040 (branden) resp. 97.900 (hulpverlening), waarvan een deel al werd afgehandeld door de Meldkamer. Voor de rest werd de brandweer gealarmeerd (in totaal 141.700 alarmeringen). De brandweer moest daarbij 72.320 keer (van de 79.560 alarmeringen) uitrukken voor brandincidenten en 58.840 keer (van de 62.140 alarmeringen) uitrukken voor hulpverleningsincidenten [6]. Dat wil zeggen dat 58,3% van het totaal aantal meldingen voor brand en 60,1% van het totaal aantal meldingen voor hulpverlening daadwerkelijk hebben geleid tot het uitrukken van de brandweer.

In 2016 moest de brandweer 131.160 keer uitrukken voor een brand-/hulpverlenings-incident. Dit is 359 keer per dag ofwel 2,1 keer per dag per 100.000 inwoners ofwel 0,088 keer uitrukken per uur per 100.000 inwoners.

Uitgaande van een bevolkingsdichtheid in een kleiner deel van een stad (Amsterdam) van 10.000 – 15.000 personen per km² betekent dit 0,0088-0,013 keer uitrukken per uur per km².

Over het aantal malen dat wordt uitgerukt tijdens een piek uur zijn geen directe gegevens bekend. Informatie van verzekeraars [7], gebaseerd op schadeclaims, laat een piek zien op oud- en nieuwjaarsdag (1 Januari) die voor de brandweer de drukste dagen zijn (zie onderstaande figuur). Verder zijn er wat (kleinere) pieken door stormen met bliksem en noodweer die brand veroorzaken. In 2015 waren er 103.144 brandclaims, ofwel gemiddeld 283 per dag. Tijdens de piekdag (op 1 Januari 2015) waren dit er 1.699 ofwel zes maal zo veel als gemiddeld.

Op grond hiervan is aangenomen dat tijdens een piek uur het aantal incidenten voor de brandweer circa zes keer zo hoog zal zijn als gemiddeld, ofwel 0,05 – 0,08 per uur per km².



[1] <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2016/24/opnieuw-minder-brandweerpersoneel>

[2] <http://www.hetbrandweerforum.nl/index.php?page=3>

[3] <http://www.hetbrandweerforum.nl/index.php?page=2>

[4] <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=37511&D1=0-146&D2=0&D3=15-28&VW=T>

[5] <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83121NED/table?graphtype=Table&ts=1502459675143>

[6] <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83122NED/table?graphtype=Table&ts=1502460424931>

[7] <https://www.verzekeraars.nl/verzekeringsbranche/dossiers/veiligheid/Documents/Risicomonitor%20Woningbranden/2016/Risicomonitor%20Woningbranden%202016.pdf>

B.4 Ambulance

B.4.1 Operationele sterkte

Voor wat betreft ambulance personeel onbekend.

Voor aanvullende medische hulp in bijzondere situaties, zoals zeer ernstig gewonde patiënten of grootschalige ongevallen, kunnen zowel de meldkamer ambulancezorg als de ambulance eenheid een beroep doen op het Mobiel Medisch Team (MMT). Het MMT biedt ter plekke specialistische acute medische zorg aan patiënten. Het MMT is gekoppeld aan een van de elf traumacentra in Nederland. Het MMT verplaatst zich, afhankelijk van de omstandigheden, per auto of per helikopter. De samenstelling van het MMT is afhankelijk van de vervoerswijze, maar het MMT bestaat in ieder geval uit een speciaal opgeleide (trauma-)arts van het ziekenhuis en een gespecialiseerde verpleegkundige.

B.4.2 Materieel

Eind 2015 zijn er 725 ambulances verspreid over 227 standplaatsen.

Vier van de elf traumacentra (Lifeline 1-4¹⁰⁴) beschikken over een traumahelikopter: Groningen, Nijmegen, Amsterdam en Rotterdam. De helikopters en piloten worden geleverd door de ANWB Medical Air Assistance (MAA). Deze beschikt over 38 piloten en 7 helikopters: vier traumahelikopters plus één reserve van het type Airbus Helicopters EC-135 en een ambulancehelikopter van het type Airbus Helicopters H145 plus één reserve ambulancehelikopter. In November 2016 is ook het patiëntenvoer vanaf de Waddeneilanden overgenomen van de SAR, waarvoor een nieuwe (H145) ambulancehelikopter is aangeschaft (met als uitvalbasis vliegbasis Leeuwarden).

B.4.3 Inzet (jaar 2015, [1])

In 2015 was het aantal inzetten van een ambulance 1.253.294, waarvan 920.342 (A1/A2) spoedeisend. Gemiddeld zijn dit 3.435 inzetten per dag, waarvan 2.523 spoedeisend (noot: B-inzetten worden niet beschouwd, omdat dit een soort 'taxidienst' op afspraak is en niet als een incident wordt meegeteld)

Het aantal spoedeisende inzetten is hiermee $2.523/169 = 14,9$ per dag per 100.000 inwoners, ofwel 0,62 inzetten per uur per 100.000 inwoners.

Uitgaande van een bevolkingsdichtheid in een kleiner deel van een stad (Amsterdam) van 10.000 – 15.000 personen per km² betekent dit 0,006-0,009 keer uitrukken per uur per km².

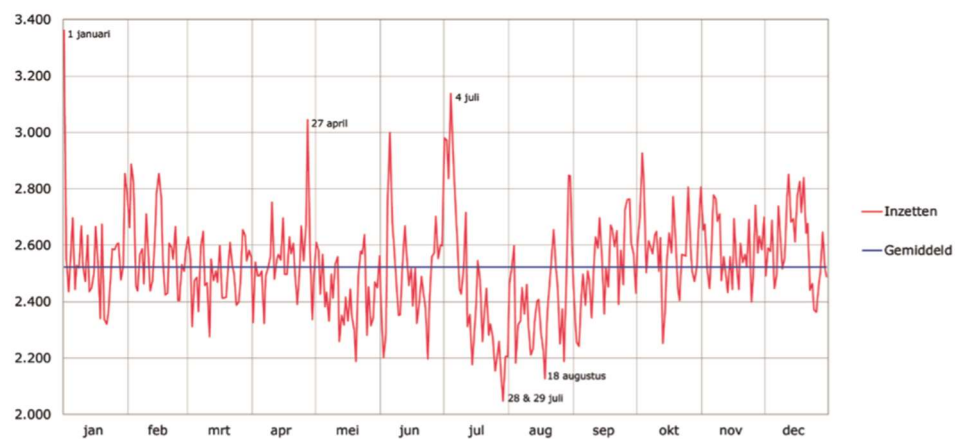
¹⁰⁴LifeLiner 1: Amsterdam, LifeLiner 2: Rotterdam, LifeLiner 3: Nijmegen/Volkel, LifeLiner 4: Groningen/Eelde

■ tabel 8.2.1: aantal inzetten naar urgentie 2011 - 2015

	2015	2014	2013	2012	2011
A1-inzetten	610.152	579.784	541.164	500.835	478.331
A2-inzetten	310.190	288.924	274.907	273.692	263.257
B-inzetten	332.952	321.612	328.709	339.466	342.838
alle inzetten	1.253.952	1.190.320	1.144.780	1.113.993	1.084.426

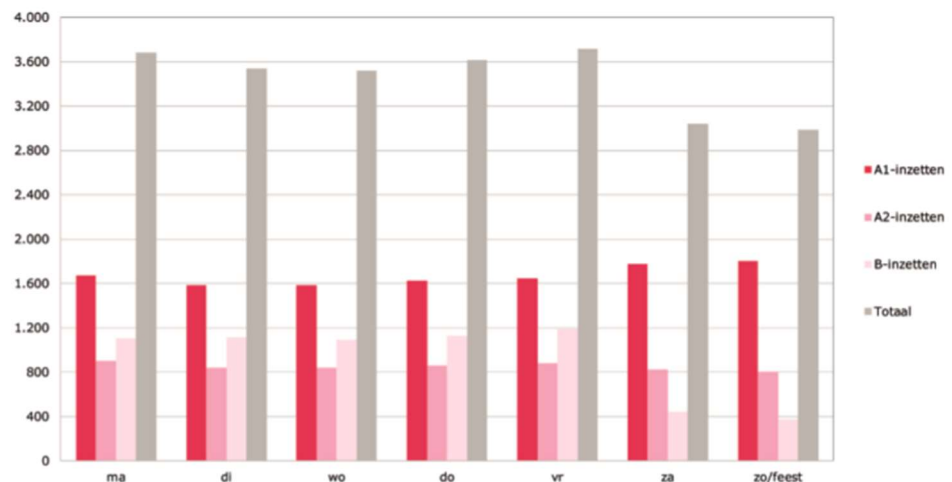
Pieken voor spoedeisende inzet traden daarbij op tijdens Nieuwjaarsdag (1 Januari), de start van de zomervakantie en de Tour de France (4 Juli) en Koningsdag (27 April).

■ grafiek 10.1.1: aantal A1- en A2-inzetten per dag in 2015



Het aantal inzetten per dag van de week varieert daarbij niet sterk.

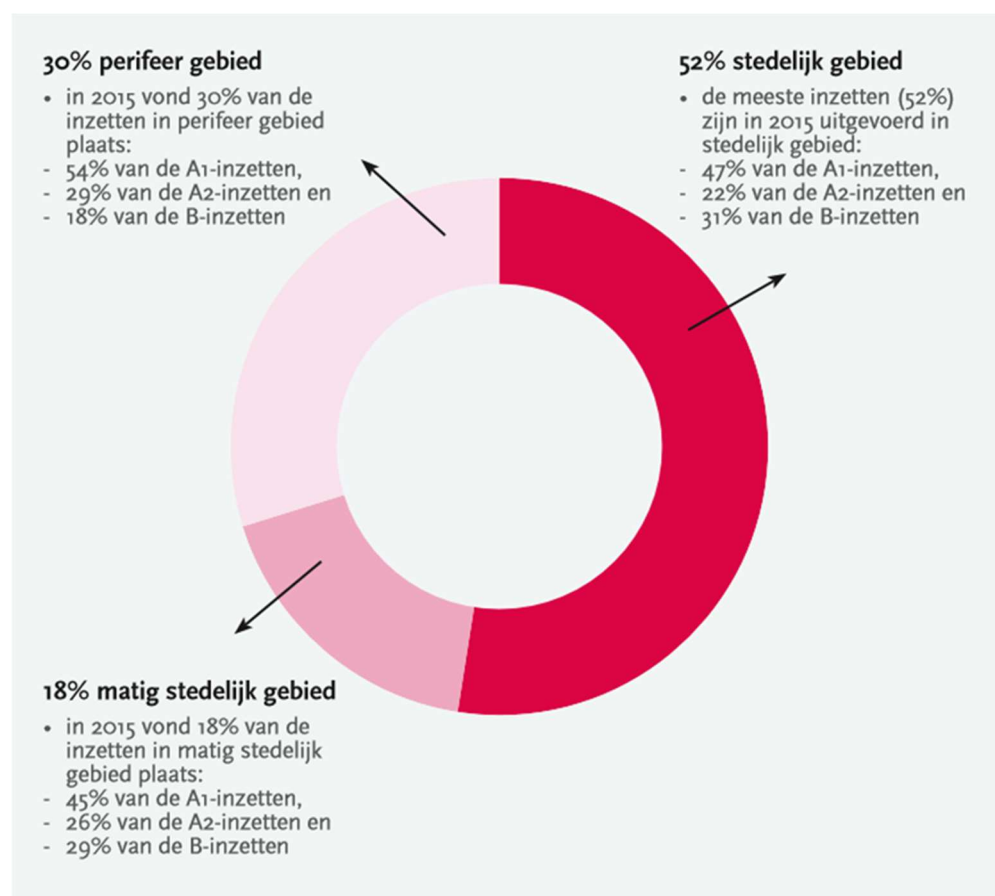
■ grafiek 10.3.1: verdeling inzetten per urgentie en totaal per dag van de week in 2015



Over 24 uur was 42% van de A1-inzetten overdag, 38% van de A1-inzetten in de avonden en 20% van de A1-inzetten 's nachts. Overdag kunnen er eigenlijk geen piekmomenten voor de A1-inzetten worden aangewezen, van 8.00 tot 19.00 uur is het aantal A1-inzetten vrijwel constant.

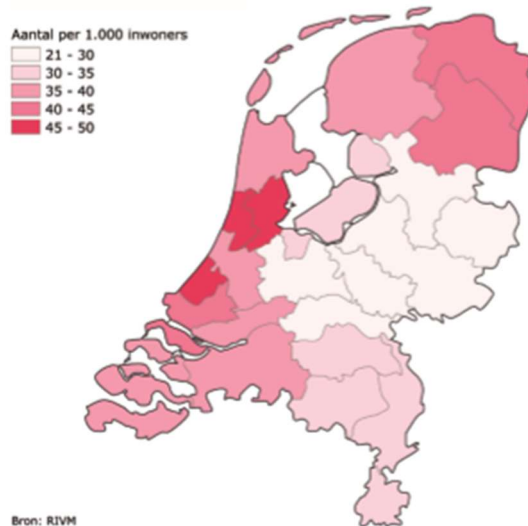
Over 24 uur was 51% van de A2-inzetten overdag, 35% van de A2-inzetten in de avonden en 14% van de A2-inzetten 's nachts. Voor A2-inzetten is op werkdagen een piek zichtbaar tussen 11.00 en 15.00 uur.

De verdeling over verschillende soorten gebied staat weergegeven in onderstaande Figuur.

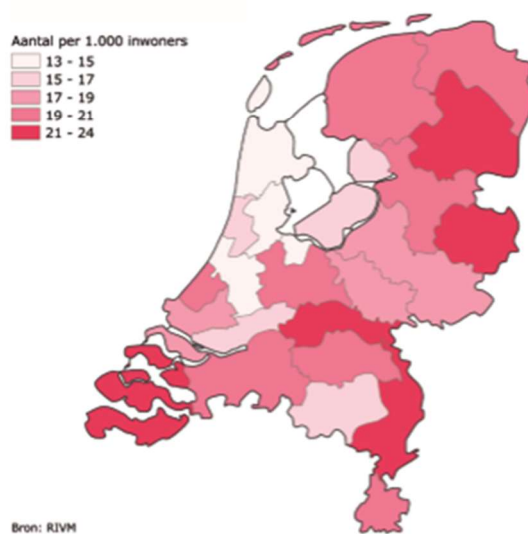


Het aantal inzetten per 1000 inwoners varieert per regio als weergegeven in onderstaande Figuren.

■ kaart 8.3.1: aantal A1-inzetten per regio per 1.000 inwoners in 2015



■ kaart 8.3.2: aantal A2-inzetten per regio per 1.000 inwoners in 2015



Tijdens een piekdag (1 Januari) kan het aantal inzetten oplopen tot meer dan 3.350 per dag, ofwel $3.350/169 = 19,8$ per dag per 100.000 inwoners. Dit zijn 0,83 inzetten per uur per 100.000 inwoners (op piekdagen).

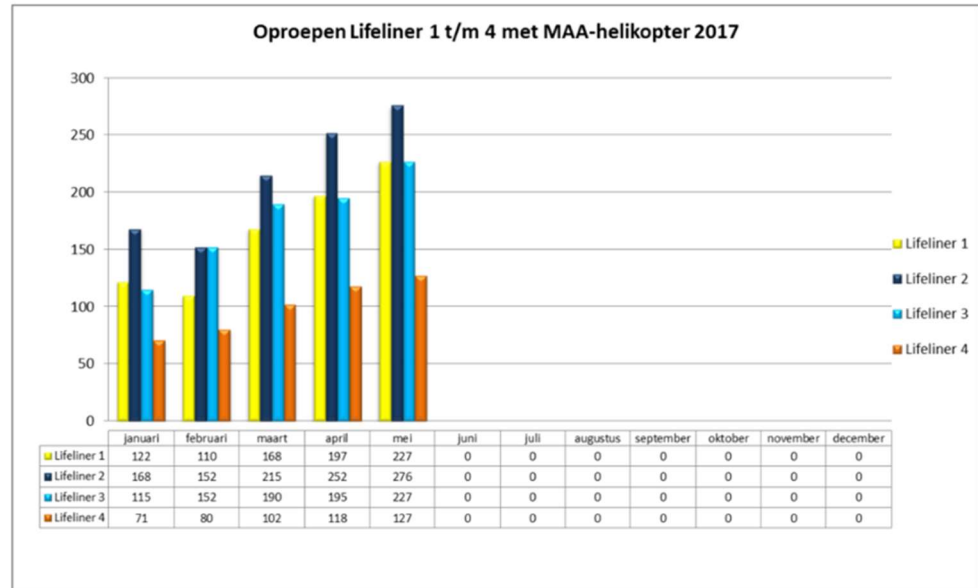
Regionaal kan het aantal spoedeisende inzetten variëren van 34 tot 64 per 1.000 man (gemiddelde is $920.342/16.900=54,5$ per jaar per 1.000 man) en kan dus circa 10% hoger zijn. Bij de verdeling over de dag vindt circa de helft van de inzetten (per dag) overdag plaats en andere helft in de avonduren en 's nachts. Overdag kan hiermee het aantal inzetten circa 50% hoger zijn.

Tijdens piekuren in 'piek' regio's wordt hiermee het aantal inzetten $0,83*1,1*1,5 = 1,4$ per uur per 100.000 inwoners.

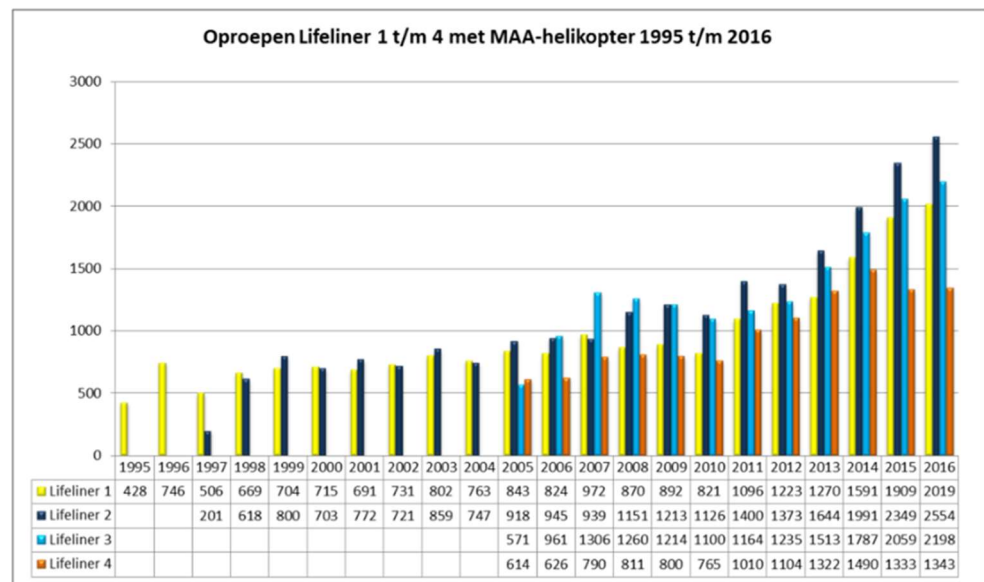
Uitgaande van een bevolkingsdichtheid in een kleiner deel van een stad (zie Amsterdam) van 10.000 – 15.000 personen per km² zijn dit 0,14-0,2 inzetten per (piek) uur per km².

Het aantal oproepen van de trauma helikopters is weergegeven in onderstaande figuren.

Het aantal helikopteroproepen per maand in 2017



Het aantal helikopteroproepen per jaar 1995-2016



In 2016 waren er in totaal 8114 oproepen. Dit zijn er gemiddeld 33 per dag ofwel gemiddeld 0,9 per uur.

[1] <https://www.ambulancezorg.nl/download/downloads/3921/ambulances-in-zicht-2015.pdf>

B.5 Defensie

B.5.1 Operationele sterkte

De nationale inzet van Defensie omvat de volgende wettelijk vastgelegde taken (waarvan een aantal vallen onder de Koninklijke Marechaussee):

- *Grensbewaking/-toezicht* (Land, zee/kust (incl. havenbeveiliging) en lucht (incl. luchthavenbeveiliging))
- *Beveiligingstaken*: ten aanzien van voor de Nederlandse Staat belangrijke/bijzondere organisaties, gebouwen, gebieden en personen. Hiervoor beschikt de KMAR over diverse brigades waaronder de Brigade Specialistische Beveiligingsopdrachten (BSB).
- *Specifieke politietaken*: met name binnen de Krijgsmacht, binnen en buiten Nederland
- *Bijzondere Bijstandsverlening*: Defensie levert een belangrijk aandeel in de operationele BB-sterkte. BB-eenheden worden ingezet bij dreiging van terroristische acties en zware criminaliteit. Het betreft aanhoudings- en ondersteuningseenheden, participatie aan de Dienst Speciale Interventies en het M-squadron NLMARSOF. Ook de Luchtmacht heeft een ondersteunende taak in de bestrijding van luchtvaart terrorisme.
- *Explosieven Opruiming en CBRN*: De ruiming van conventionele en geïmproviseerde explosieven op het land en te water en maatregelen ter bescherming van de bevolking tegen chemische, biologische of radiologische/nucleaire stoffen.
- *Hydrografie*: Verzamelen, samenstellen en beheren van voor de zeevaart benodigde omgevingsinformatie. Ondersteuning bij de voorbereiding en uitvoering van militair-maritieme operaties wereldwijd.
- *Kustwacht*: Participatie in de Kustwachtorganisatie, bijdrage aan Search and Rescue eenheden.
- *Incidentele taken*: Ondersteuning van civiele organisaties bij calamiteiten zoals evacuaties, logistiek, bruggenbouw, brandbestrijding, noodhulp/humanitaire hulp en medische ondersteuning

Hieronder zijn de taken die direct of indirect betrekking hebben op de Openbare Orde en Veiligheid weergegeven met daarbij de operationele sterkten.

Taak	Operationele sterkte
Algemeen	Nationale operaties c.q. militaire bijstand in Nederland is georganiseerd via de Veiligheidsregio's en wordt geleverd vanuit drie brigades van de Landmacht: Noord NL: 43 Mech brigade Midden NL: 11 Lucht Mobiel Zuid NL: 13 Lichte brigade Mobilisatiecapaciteit: detachement van 3.000 militairen binnen 48 uur.
Grensbewaking	1 brigade

Beveiligingstaken	DBBO, totaal 1.800 mensen, waarvan 20% militair.
Objecten en gebieden	1 bataljon (6 pelotons Hoog Risico Beveiliging; 400 personen)
Havens	2 samengestelde eenheden
Specifieke politietaken	Geen specifieke opgave gevonden.
Bijzondere bijstandsverlening	4 pelotons
Explosieven opruiming en CBRN	EOD: 4 teams (land) , 3 teams (water) CBRN: 2 teams (2-4 pers. per team)
Kustwacht	Geen specifieke opgave gevonden
Incidentele taken	Zie boven bij algemeen.

B.5.2 Materieel

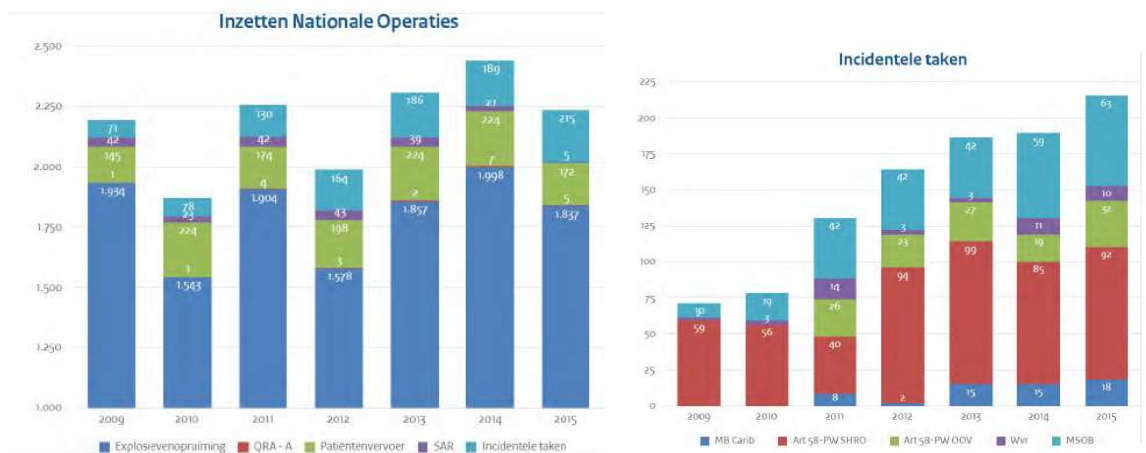
Aan de hand van hetzelfde overzicht van taken is hieronder een indruk gegeven van het materieel dat daarbij beschikbaar is. Het overzicht is zeker niet volledig.

Taak	Operationele sterkte
Grensbewaking	2 schepen van de wacht (KM) 3 patrouille vaartuigen (KMAR) Diverse voertuigen (KMAR) @migoboras camerasysteem
Beveiligingstaken	Groot aantal verschillende typen (gepantserde) voer- en vaartuigen (KMAR) Mobiele grondradarsystemen Kleine onbemande vliegtuigen
Specifieke politietaken	Geen nadere specificatie gevonden.
Bijzondere bijstandsverlening	Zie Incidentele taken.
Explosieven opruiming en CBRN	Ontsmettingssysteem Explosievenrobots
Kustwacht	2 Dornier 228-212 patrouillevliegtuigen Mijnenbestrijdingsvaartuig KM Patrouillevoertuigen KMAR Fregatten en hydrografische vaartuigen KM
Incidentele taken	Stafcapaciteit Mobiele meldkamer 1 Blushelicopter 1 Natuurbrandbestrijdings-ondersteuningsmodule 1 Genie/Constructie-eenheid (compagnie) met diverse ondersteunende middelen Geneeskundige hulpposten 1 Mobiele drinkwaterinstallatie

	1 Noodhospitaal 12 ziekenauto's met personeel 350 rups- en wielvoertuigen voor evac. Specialistische brandweermiddelen Grote diversiteit aan specialistische landmobile apparatuur. Overig: maatwerk
--	---

B.5.3 Inzet

De volgende twee grafieken met inzetcijfers over de periode zijn overgenomen uit [1]. De grafiek links betreft de inzet in nationale operaties. Voor het onderdeel incidentele taken is de rechter grafiek een verdere uitsplitsing weergegeven (excl. KMAR en Kustwacht).



Toelichting bij de legenda in de beide grafieken:

- In de linker grafiek respectievelijk Explosievenopruiming, Quick Reaction Alert-Airforce (QRA-A), Patiëntenvervoer, Search And Rescue (SAR) en Incidentele taken;
- In de rechter grafiek respectievelijk Militaire Bijstand Cariben, Artikel 58 PolitieWet SHRO (Strafrechtelijke Handhaving van de RechtsOrde) en OOV (Ondersteuning bij de handhaving van de Openbare Orde en Veiligheid), Wvr (Wet VeiligheidsRegio; ondersteuning bij incidenten en rampen op verzoek van ministerie VenJ) en MSOB (Militaire Steunverlening in het Openbaar Belang, d.w.z. steunverlening op verzoek van openbare bestuurslichamen zoals gemeente, provincie, etc)

Als we in de context van deze studie de inzetcijfers combineren van EOD, Patiëntenvervoer en alle incidentele taken (m.u.v. inzet Cariben), dan komen we voor het jaar 2015 uit op praktisch 2.230 inzetacties. Dat komt neer op gemiddeld 6,1 acties per dag verspreid over geheel Nederland, en dus op gemiddeld 0,25 per

uur. Het aantal acties per km² is daarmee verwaarloosbaar ten opzichte van de andere diensten.

Geraadpleegde bronnen:

- www.defensie.nl
- Catalogus Nationale Operaties 2016
- Kerngegevens Defensie; feiten en cijfers 2015
- Wikipedia
- www.kustwacht.nl

B.6 Totale inzet alle kolommen

Het totale aantal incidenten per km² tijdens een piek uur is op grond van bovenstaande:

Politie: 0,9 – 1,3
Brandweer: 0,05 – 0,08
Ambulance: 0,14 – 0,2
Totaal: 1,1 – 1,6

De stedelijke celgrootte is circa 6,4 km² (rond, uit ECCREP199) ofwel, met drie sectoren per cel, is de grootte van een cel sector van 2,1 km². Hiermee wordt het totaal aantal incidenten 2,3 – 3,3 per cel sector. Dit komt goed overeen met het aantal incidenten per cel sector van 3 uit het ECCREP199.

De hexagonale stedelijke celgrootte van 4 km² per cel (uit ECCREP199) resulteert in 1,5 – 2,1 incidenten per cel sector. Dit komt wederom goed overeen met het aantal incidenten per cel sector van 2 uit het ECCREP199.

Een andere bron is ECCREP218, waarin voor de stad Utrecht wordt aangegeven hoeveel PPDR activiteiten er jaarlijks zijn per km² (Annex 3). Deze activiteiten omvatten alle (door de meldkamer) geregistreerde activiteiten van grote ongelukken, inbraken, winkeldiefstallen, auto ongelukken, ambulancevervoer naar ziekenhuis, preventieve surveillance, etc. Het maximum (qua locatie) aantal activiteiten is 5.000 per jaar per km². Dit zijn 0,57 per uur per km². Rekening houdend met het feit dat het een (tijds)gemiddelde is, zal het aantal activiteiten in een piek uur hoger zijn. Als conform ECCREP199 hiervoor een factor twee wordt genomen, dan komt het aantal activiteiten gedurende een piek uur hiermee uit op $2 \times 0,57 = 1,14$ per km². Dit komt goed overeen met de hierboven gevonden waarden.

C Toelichting tabellen

Deze toelichting is van toepassing op de LEWP matrix uit ECC Report 199, die als basis is gebruikt bij de bepaling van de communicatiebehoefte (in kbps). Het deel van de LEWP-matrix waarmee de hierbij behorende benodigde bandbreedte wordt berekend is niet overgenomen. Dit gedeelte van de matrix is op een andere manier vorm gegeven. De reden hiervoor is dat in ECC Report 199 al vooraf een keuze is gemaakt voor de celgrootte, terwijl we hier juist het effect van de celgrootte (ofwel de dichtheid van basisstations) op de benodigde bandbreedte ook expliciet in kaart willen brengen. Daarnaast zijn in ECC Report 199 ook de kanaalbreedtes van de uplink en downlink al van tevoren vastgelegd. Onze matrix biedt echter de mogelijkheid om de benodigde bandbreedte bij gebruik van verschillende (gestandaardiseerde) kanaalbreedtes te bepalen (1,4/3/5/10/15 en 20 MHz).

C.1 Communicatiebehoefte

Hieronder volgt een toelichting op het deel van de matrix waarmee de communicatiebehoefte wordt bepaald.

C.1.1 *Transacties*

Een transactie kan bestaan uit:

- het (non real-time) verzenden van een bericht of een file
- het (real-time) verzenden van bijv. video gedurende een bepaalde tijd.

Voor elke toepassing of dienst is het aantal transacties per gebruiker per uur (van de toepassing/dienst) aangegeven.

Bij een calamiteit (emergency) kan het aantal transacties per toepassing/dienst zowel toenemen als afnemen door prioriteitsverschuiving, wat is aangegeven met de vermenigvuldigingsfactor tijdens noodgevallen.

Daarnaast kan bij een calamiteit (emergency) kan naast de bovengenoemde toename in aantal transacties per gebruiker van de toepassing/dienst ook het aantal gebruikers van deze toepassing/dienst toenemen. Hierom zijn per cel zowel het (normale) aantal gebruikers als het aantal gebruikers tijdens een calamiteit (emergency) aangegeven.

Indien een toepassing/dienst informatie naar meerdere gebruikers tegelijk moet verzenden, kan dit op twee manieren geschieden: door dezelfde informatie te verzenden naar iedere gebruiker afzonderlijk (individuele adressering) of door de informatie te verzenden naar de groep(en) waarvan deze gebruikers deel uitmaken (groepsadressering). In ECC Report 199 (mei 2013) wordt nog expliciet de situatie beschouwd dat groepsadressering (nog) niet wordt ondersteund door LTE. Inmiddels (2017) en voor de te beoogde termijn (2020-2040) kan er echter van worden uitgegaan dat groepsadressering wordt ondersteund door LTE.

Bij het verzenden van informatie naar een individuele gebruiker kan bij het optreden van (bit) fouten om een hertransmissie worden gevraagd. Bij het verzenden van

informatie naar een groep gebruikers kan extra FEC nodig zijn om optreden van (bit) fouten tegen te gaan indien individuele selectieve hertransmissies niet mogelijk zijn. Deze extra overhead wordt met een (groeps-)belastingfactor meegenomen. Niet alle groeps-geadresseerde diensten zullen deze extra overhead vereisen (bijv. voor real-time video maakt het niet uit of deze naar een individu of een groep wordt gestuurd).

C.1.2 *Belasting*

De (piek) belasting wordt per toepassing/dienst voor zowel de uplink en downlink (apart) berekend. Voor de uitwisseling van berichten/files wordt hiertoe het aantal uit te wisselen berichten/files per piek uur per gebruiker vermenigvuldigd met het totaal aantal gebruikers van de toepassing en met de (gemiddelde) berichtlengte in kbits en vervolgens gedeeld door het aantal seconden per uur om de belasting in kbps te krijgen. Bij een real-time dienst, zoals video, wordt de benodigde datasnelheid (in kbit/s) vermenigvuldigd met aantal gebruiksminuten per piek uur (= aantal gebruikers maal de gemiddelde tijdsduur per gebruiker) en vervolgens gedeeld door 60 (aantal minuten per uur) om de belasting in kbit/s te verkrijgen.

Bovenstaande gaat uit van individuele adressering op de downlink. Bij groepsadressering op de downlink dient hierboven het aantal gebruikers te worden vervangen door het aantal groepen en de belasting nog te worden vermenigvuldigd met de (groeps-)belastingfactor (zie transacties hierboven).

C.2 **Benodigde bandbreedte**

Voor een landelijk dekkend LTE netwerk is de benodigde bandbreedte (spectrum) berekend die nodig is om de hierboven genoemde belasting aan te kunnen.

C.2.1 *Gebruikersverdeling*

LTE kent verschillende modulatie- en coderingscombinaties, met onderling verschillende bandbreedte- en vermogens-efficiëntie. In het algemeen gaat een hogere bandbreedte-efficiëntie gepaard met een lagere vermogens-efficiëntie, ofwel een korter bereik. Dit betekent dat gebruikers die het verst van het basisstation verwijderd zijn (aan de rand van de cel) gebruik moeten maken van een minder bandbreedte-efficiënte (en een meer vermogens-efficiënte) modulatie en codering dan de gebruikers die zich dicht bij het basisstation bevinden. Voor de bepaling van de benodigde bandbreedte dient daarom een aanname te worden gedaan voor de gebruikersverdeling binnen de cel. Hiervoor zijn twee mogelijkheden beschouwd: verspreid (gebruikers uniform verdeeld binnen de cel) of alle gebruikers op de celrand.

Voor de dagelijkse gang van zaken wordt aangenomen dat de gebruikers verspreid zijn (uniform verdeeld binnen de cel). Bij incidenten/calamiteiten kan de inzet van personeel en materiaal zowel in een klein gebied binnen een cel plaatsvinden (bijv. bij een verkeersongeluk) als in een groot gebied (bijv. bij een overstroming). Afhankelijk van het type incident/calamiteit kunnen gebruikers daarbij verspreid binnen een cel of op de celrand worden verondersteld.

C.2.2 *Bandbreedte*

De benodigde bandbreedte (zowel uplink als downlink) is op grond van bovenstaande bepaald voor alle mogelijkheden die LTE biedt (verschillende kanaalbandbreedtes en modulatie- / coderings-methoden) en waarvoor de benodigde gegevens beschikbaar zijn in de standaarden (zie volgende paragraaf).

C.2.3 *Gebruikte gegevens uit 3GPP (LTE) standaarden*

Voor de Uplink is gebruik gemaakt van de volgende tabellen in 3GPP TS 36.104 V14.3.0 (2017-03) die de performance specificeren:

- 1,4 MHz kanaalbreedte: Tabel 8.2.1.1-1 en Tabel 8.2.1.1-7
- 3 MHz kanaalbreedte: Tabel 8.2.1.1-2 en Tabel 8.2.1.1-8
- 5 MHz kanaalbreedte: Tabel 8.2.1.1-3 en Tabel 8.2.1.1-9
- 10 MHz kanaalbreedte: Tabel 8.2.1.1-4 en Tabel 8.2.1.1-10
- 15 MHz kanaalbreedte: Tabel 8.2.1.1-5 en Tabel 8.2.1.1-11
- 20 MHz kanaalbreedte: Tabel 8.2.1.1-6 en Tabel 8.2.1.1-12

Voor de Downlink is gebruik gemaakt van de volgende tabellen in 3GPP TS 36.101 V14.3.0 (2017-03) die de performance specificeren:

- Tabel 8.2.1.1.1-2 (minimum performance)
- Tabel A.3.3.1-1 (QPSK R=1/3)
- Tabel A.3.3.1-2 (16-QAM R=1/2)
- Tabel A.3.3.1-3 (64-QAM R=3/4)
- Tabel A.3.3.1-3a (64-QAM R=3/4)
- Tabel A.3.3.1-4 (Single PRB, channel edge)

Voor de UE specificaties is gebruik gemaakt van de in 3GPP TS 36.101 V14.3.0 (2017-03) staande:

- Tabel 5.5-1 (frequentiebanden)
- Tabel 7.3.1-1 (ontvangergevoeligheid)
- Tabel 6.2.2-1 (zendvermogen)

UE gegevens:

- Zendvermogen: 23 dBm
- Antenneversterking: 0 dBi
- Body loss: 2 dB
- Antennehoogte: 1,5 m
- Ruisgetal: 9,3 dB

Basisstation gegevens:

- Zendvermogen: 41,5 dBm
- Antenneversterking: 15,5 dBi
- Kabelverlies: 2,0 dB
- Antennehoogte: 30,0 m
- Ruisgetal: 3,0 dB

Propagatieverlies:

- Propagatiemodel: Hata (in stedelijk, voorstedelijk en landelijk gebied)
- Fading marge: 9 dB
- Interferentiemarge: 3 dB

C.2.4 Aantal basisstations

Naast de bandbreedte is voor alle mogelijkheden die LTE biedt ook het bereik (met de hierboven genoemde gegevens) te bepalen en daarmee de grootte (oppervlakte) van een cel, in stedelijk, voorstedelijk en landelijk gebied.

Voor de verdeling van Nederland in typen terrein is gebruik gemaakt van CBS gegevens [1, 2] die staan weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel C.1: Verdeling Nederland in typen terrein.

Periode 2012	ha	km ²
Totale oppervlakte Nederland	4154302	41543.02
Binnenwater	367982	3679.82
Buitenwater	418325	4183.25
Totale wateroppervlakte	786307	7863.07
Totale landoppervlakte	3367995	33679.95
Bebouwd terrein	355986	3559.86
Semi-bebouwd terrein	51002	510.02
Verkeersterrein	116123	1161.23
Recreatieterrein	102561	1025.61
Agrarisch terrein	2252233	22522.33
Bos en open natuurlijk terrein	490088	4900.88

Waarmee de verdeling naar stedelijk, voorstedelijk en landelijk gebied is afgeleid als weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel C.1: Afgeleide verdeling van Nederlands landoppervlak.

	km ²	%
Stedelijk (bebouwd)	3560	10.6%
Voorstedelijk (semi-bebouwd)	510	1.5%
Landelijk (overig)	29610	87.9%

Met deze gegevens is het mogelijk het theoretische aantal benodigde basisstations in stedelijk, voorstedelijk en landelijk gebied te bepalen en daarmee ook het theoretische totale aantal benodigde basisstations voor een minimaal landelijk dekkend netwerk in Nederland.

C.3 Hata propagatiemodel

Het Hata model is gebaseerd op het (empirische) Okumura model. Het Hata model is weliswaar geldig voor een beperkter frequentiebereik (150-1500 MHz) dan het Okumura model (dat tot 1920 MHz gaat), maar daar staat tegenover dat het Hata model niet alleen geldig is voor stedelijk (urban) gebied zoals het Okumura model, maar ook in voorstedelijk (suburban) en landelijk (rural) gebied. Het model is geldig voor point-to-point en broadcast communicatie, antennehoogtes van het mobiele station tussen 1 en 10 meter, antennehoogtes van het basisstation tussen 30 en 200 meter en afstanden tot 10 km.

C.3.1 Stedelijk gebied

De formulering van het Hata model is gebaseerd op stedelijk omgevingen, aangezien het gebaseerd is op de metingen die Okumura heeft gedaan in Tokyo:

$$L_u = 69,55 + 26,16 \log_{10}(f) - 13,82 \log_{10}(h_b) + (44,9 - 6,55 \log_{10}(h_b)) \log_{10}(d) - C$$

Voor grote steden is hierbij

$$C = 8,29 (\log_{10}(1,54 h_m))^2 - 1,1 \quad \text{voor } 150 \text{ MHz} \leq f \leq 200 \text{ MHz}$$

$$= 3,2 (\log_{10}(11,75 h_m))^2 - 4,97 \quad \text{voor } 200 \text{ MHz} < f \leq 1500 \text{ MHz}$$

en voor middelgrote tot kleine steden

$$C = 0,8 + (1,1 \log_{10}(f) - 0,7) h_m - 1,56 \log_{10}(f)$$

Met

L_u = Propagatieverlies in stedelijk (urban) gebied in dB
 f = Frequentie waarop wordt gezonden in MHz
 h_b = Antennehoogte van het basisstation in meter
 h_m = Antennehoogte van het mobiele station in meter
 d = Afstand tussen basis en mobiele station in km
 C = Correctiefactor voor antennehoogte

C.3.2 Voorstedelijk gebied

In voorstedelijk gebied, net buiten de stad waar gebouwen niet zo hoog en dicht op elkaar staan als in de stad, is het Hata model met een kleine aanpassing ook geldig (zolang het mobiele station niet sterk in hoogte varieert):

$$L_{su} = L_u - 2(\log_{10}(f/28))^2 - 5,4$$

Met

L_{su} = Propagatieverlies in voorstedelijk gebied in dB
 L_u = Propagatieverlies in stedelijk gebied (kleine stad) in dB
 (de formule genoemd onder stedelijk gebied)
 f = Frequentie waarop wordt gezonden in MHz

C.3.3 Landelijk gebied

In landelijk (open) gebied, waar verbindingen niet door obstructies worden geblokkeerd, is het Hata model met de volgende aanpassing ook geldig:

$$L_r = L_u - 4,78 (\log_{10}(f))^2 + 18,33 \log_{10}(f) - 40,94$$

Met

L_r = Propagatieverlies in landelijk (open) gebied in dB
 L_u = Propagatieverlies in stedelijk gebied (kleine stad) in dB

(de formule genoemd onder stedelijk gebied)
 f = Frequentie waarop wordt gezonden in MHz

C.3.4 *Bepaling afstand d*

Voor een gegeven propagatieverlies kan ook de bijbehorende afstand worden bepaald door de Hata formule als volgt te herschrijven.

In stedelijk gebied:

$$L_u = 69,55 + 26,16 \log_{10}(f) - 13,82 \log_{10}(h_b) + (44,9 - 6,55 \log_{10}(h_b)) \log_{10}(d) - C$$

$$(44,9 - 6,55 \log_{10}(h_b)) \log_{10}(d) = L_u - 69,55 - 26,16 \log_{10}(f) + 13,82 \log_{10}(h_b) + C$$

$$\log_{10}(d) = (L_u - 69,55 - 26,16 \log_{10}(f) + 13,82 \log_{10}(h_b) + C) / (44,9 - 6,55 \log_{10}(h_b))$$

$$d = 10^{((L_u - 69,55 - 26,16 \log_{10}(f) + 13,82 \log_{10}(h_b) + C) / (44,9 - 6,55 \log_{10}(h_b)))}$$

In voorstedelijk gebied:

$$d = 10^{((L_u - 2(\log_{10}(f/28))^2 - 5,4 - 69,55 - 26,16 \log_{10}(f) + 13,82 \log_{10}(h_b) + C) / (44,9 - 6,55 \log_{10}(h_b)))}$$

$$= 10^{((L_u - 2(\log_{10}(f/28))^2 - 74,95 - 26,16 \log_{10}(f) + 13,82 \log_{10}(h_b) + C) / (44,9 - 6,55 \log_{10}(h_b)))}$$

In landelijk gebied:

$$d = 10^{((L_u - 4,78(\log_{10}(f))^2 + 18,33 \log_{10}(f) - 110,49 - 26,16 \log_{10}(f) + 13,82 \log_{10}(h_b) + C) / (44,9 - 6,55 \log_{10}(h_b)))}$$

C.4 Referenties

[1] <http://statline.cbs.nl/statweb/publication/?vw=t&dm=slnl&pa=70262ned&d1=0-1,5,11,18,24,27,31,41&d2=0,5-16&d3=a&hd=130529-1417&hdr=g2&stb=g1,t>

[2] <https://www.cbs.nl/nl-nl/achtergrond/2003/52/bodemgebruik-in-nederland-geharmoniseerd-met-top10vector>

D Spraak

In C2000 [1] wordt een onderscheid gemaakt in regulier gebruik (tijdens een piek uur), gebruik tijdens een calamiteit (zoals neerstorten van een vliegtuig) en grootschalige evenementen. Een (grootschalig) evenement kenmerkt zich door een relatief lange voorbereidingstijd van dagen/weken of zelfs maanden, waardoor het mogelijk is om extra capaciteit ter plekke van het evenement bij te plaatsen. Tijdens een calamiteit is hiervoor echter geen tijd.

Indien in de toekomst in spraak wordt voorzien met VoLTE over een breedbandig LTE netwerk, dan kan dit in de gehele spraakbehoefte voorzien tijdens een grootschalig evenement en een calamiteit (zonder bijplaatsen van extra capaciteit), omdat spraak dan slechts een klein deel van het totale verkeer is.

In een zeer sterk stedelijk gebied is tijdens een (grootschalig) evenement en een calamiteit in een cel is maximaal 17,5 Erlang nodig voor spraak, bij een gemiddelde gespreksduur van 17 sec en met een blokkeringskans van maximaal 0,01% [1]. Aan deze blokkeringskans kan worden voldaan indien 35 gelijktijdige spraakverbindingen mogelijk zijn (per cel)¹⁰⁵.

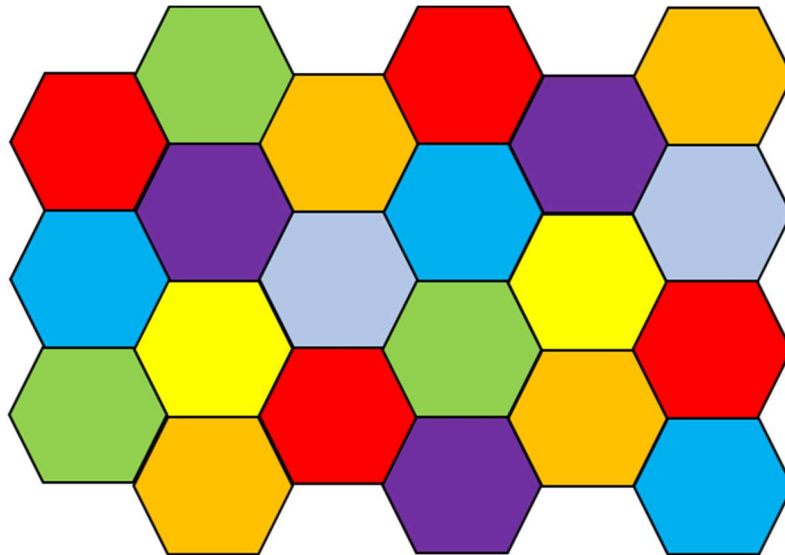
VoLTE maakt gebruik van een multi-rate codec en biedt meerdere datasnelheden afhankelijk van de gewenste kwaliteit (6,6 – 23,85 kbit/s). Uitgaande van 12,65 kbit/s per spraakverbinding voor een goede kwaliteit spraak, is dan een capaciteit van $35 \times 12,65 = 442,75$ kbit/s voldoende om de maximale spraakbelasting per cel af te handelen.

[1] Verkeersmodel voor C2000, J. Koekkoek, mei 2014

¹⁰⁵ Berekend met de Erlang-B formule.

E Air-Ground-Air

Vanwege het grote bereik is het niet mogelijk om nationaal frequenties toe te kennen aan een AGA-netwerk zonder daarbij rekening te houden met buurlanden. Zo zijn voor een AGA-netwerk met dekking vanaf 150 meter (500 ft) voor nagenoeg heel Nederland maar 10 opstelpunten nodig tegenover circa 600 voor het portofoon/mobilfoon netwerk. Er is daarom een Europees radio plan ontwikkeld voor AGA, waarbij gebruik wordt gemaakt van acht geharmoniseerde (TETRA) kanalen plus nog twee extra voorkeurskanalen ten behoeve van uitbreiding [5]. Dit radio plan is gebaseerd op een 7-cel hergebruik van (geharmoniseerde) frequenties (zie onderstaande figuur). De overige drie van de geharmoniseerde kanalen zijn beschikbaar voor grensoverschrijdend verkeer of kunnen worden ingezet daar waar extra capaciteit nodig is [5].



Figuur E.1: Frequentiehergebruik (cellen met zelfde kleur gebruiken dezelfde frequentie)

Ook ECCREP199 gaat van een dergelijk concept uit met gebruik van 2,5 MHz brede kanalen (ten behoeve van video). Een aanname van 10 kanalen voor het AGA-netwerk lijkt redelijk: zeven kanalen voor frequentiehergebruik en 3 extra kanalen voor inzet daar waar nodig. Hiermee komt de benodigde bandbreedte voor het AGA netwerk uit op 25 MHz (noot: ECCREP199 komt 2,5 MHz lager uit omdat ze uitgaan van 6 kanalen voor het frequentiehergebruik patroon, dit is echter een wat vreemde waarde omdat hiervoor geen patroon zoals in de bovenstaande figuur bestaat).

Een AGA-netwerk is ook mogelijk met LTE, waarmee ook video kan worden ondersteund. Hiermee zijn al experimenten uitgevoerd [2]. Ook LTE heeft daarbij te maken met het interferentieprobleem. Daarom kan worden aangenomen dat bij gebruik van LTE voor het AGA-netwerk, hiervoor een eigen stuk spectrum nodig is.

Een vergelijkbaar netwerk is het European Aviation Network, dat gebaseerd is op LTE [6]. Dit netwerk is gepland om begin 2018 beschikbaar te zijn in Europa, zal bestaan uit 300 LTE basisstations, gebruik maken van een geharmoniseerde frequentieband (2 x 15 MHz in S-band) en dekking bieden aan vliegtuigen op hoogtes boven 10.000 voet (3 km).

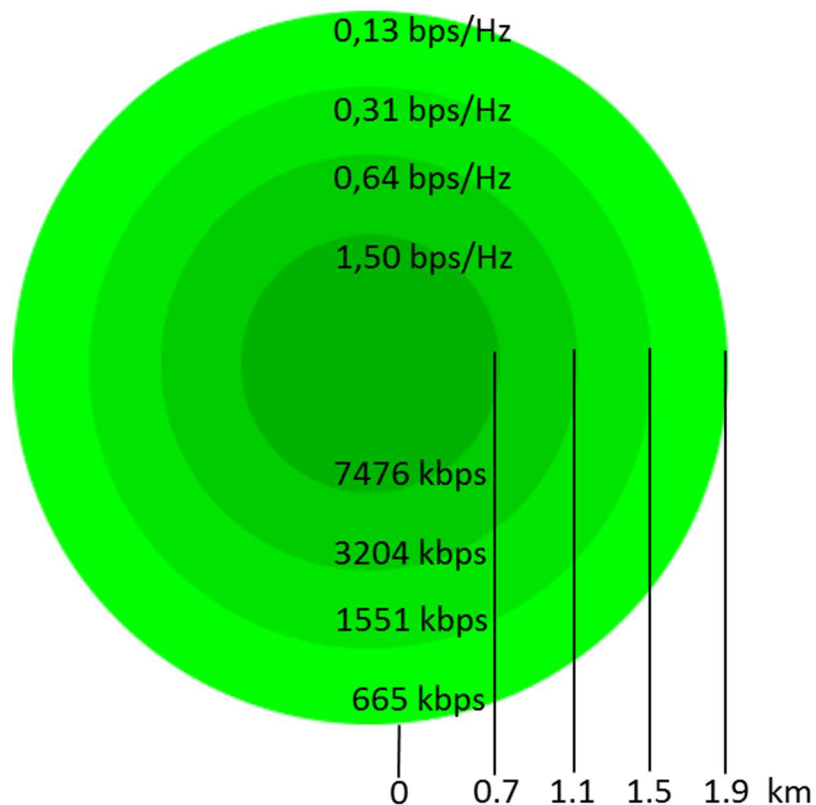
- [1] <http://blog.3g4g.co.uk/2015/03/air-ground-air-communications-in.html>
- [2] http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/TSG_RAN/TSGR_67/Docs/RP-150423.zip
- [3] <https://www.ericsson.com/en/news/2012/11/ericsson-tests-lte-in-extreme-conditions>
- [4] <http://www.videolink.nl/helikopter.html>
- [5] ETSI TR 102 300-6 V1.1.1 (2011-12), "Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); Designers' guide; Part 6: Air-Ground-Air", URL: https://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi7wt7z7_HVAhUILFAKHwLhARkQFggmMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.etsi.org%2Fdeliver%2Fetsi_tr%2F102300_102399%2F10230006%2F01_01_01_60%2Ftr_10230006v010101p.pdf&usq=AFQjCNHtJ8RSpm_kWFZV5LYBca4j87YfAg
- [6] <https://www.telekom.com/en/media/media-information/archive/european-aviation-network-on-fast-track-to-takeoff-363162>
- [7] <file:///C:/Users/dekkerhj1/Downloads/dl-150921-product-sheet.pdf>

F LTE versus TETRA

F.1 Vergelijking LTE met TETRA met betrekking tot radioplanning

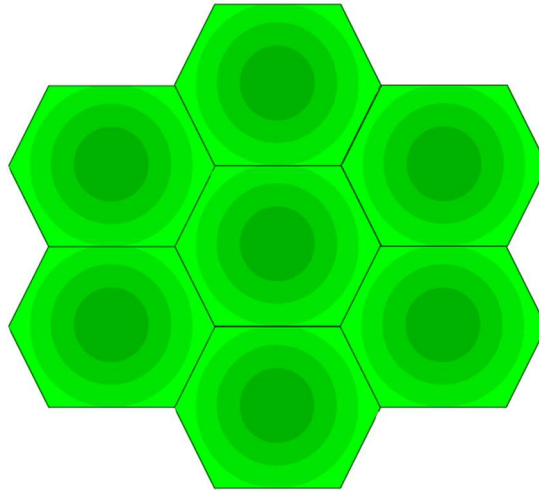
F.1.1 Radioplanning in LTE

LTE maakt gebruik van adaptieve modulatie en codering. Hiermee is het mogelijk bandbreedte- en vermogens-efficiëntie tegen elkaar uit te wisselen. Om grote afstanden te overbruggen is een vermogens-efficiënte modulatie en coderingsmethode nodig, die echter minder bandbreedte-efficiënt is. Voor kortere afstanden kan echter met een minder vermogens-efficiënte modulatie en coderingsmethode worden volstaan waarmee een hogere bandbreedte-efficiëntie kan worden behaald. Met een hogere bandbreedte-efficiëntie kan in een gegeven kanaalbreedte een hogere throughput worden ondersteund. Een voorbeeld hiervan is weergegeven in onderstaande figuur (waarbij het basisstation zich in het middelpunt van de cirkels bevindt) op basis van outdoor dekking.



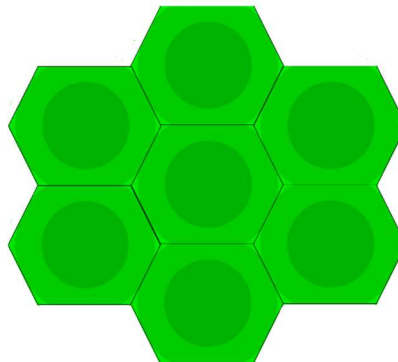
Figuur F.1: Bandbreedte-efficiëntie (in bps/Hz) en maximale throughput (in kbps) als functie van de afstand van de gebruiker tot het basisstation (in km) in een stedelijke omgeving voor een 5 MHz uplink kanaal (op basis van outdoor dekking).

Indien voor een landelijk dekkend netwerk de basisstations om maximale onderlinge afstand worden geplaatst, zodanig dat de onderlinge overlap zich beperkt tot het lichtgroene gebied (zie Figuur F.2), dan is er aan de rand van het dekkingsgebied (cel) geen indoor dekking en zal tevens de gemiddelde bandbreedte-efficiëntie (over het gehele dekkingsgebied) als ook de throughput het laagst zijn.



Figuur F.2: Basisstations op maximale onderlinge afstand (minimale basisstationsdichtheid).

Indien echter de basisstations veel dichterbij elkaar worden geplaatst, zodanig dat dekkingsgebieden elkaar overlappen in de donkergroen gekleurde gebieden, dan worden de lichtgroen gekleurde gebieden eigenlijk niet langer gebruikt (een gebruiker in het lichtgroene gebied wordt dan al bediend door een dichterbij gelegen 'buur' basisstation, zie Figuur F.3). Dit betekent dat de gemiddelde bandbreedte-efficiëntie als ook de throughput toeneemt.



Figuur F.3: Basisstations op veel kleinere onderlinge afstand (hogere basisstationsdichtheid).

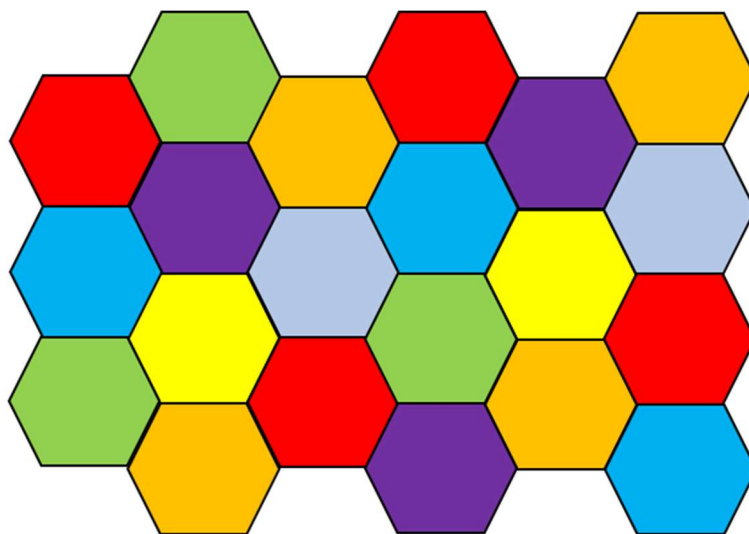
Tevens zal bij kleinere afstanden tussen basisstations de indoor dekking toenemen. De indoor dekking wordt daarbij bereikt met een lagere bandbreedte-efficiëntie (eigenlijk zijn voor indoor dekking de cirkels in figuur F.1 een stuk kleiner).

F.1.2 LTE versus TETRA

Er zijn een aantal essentiële verschillen tussen het huidige C2000 (TETRA netwerk) en LTE die leiden tot een hogere bandbreedte efficiëntie van LTE.

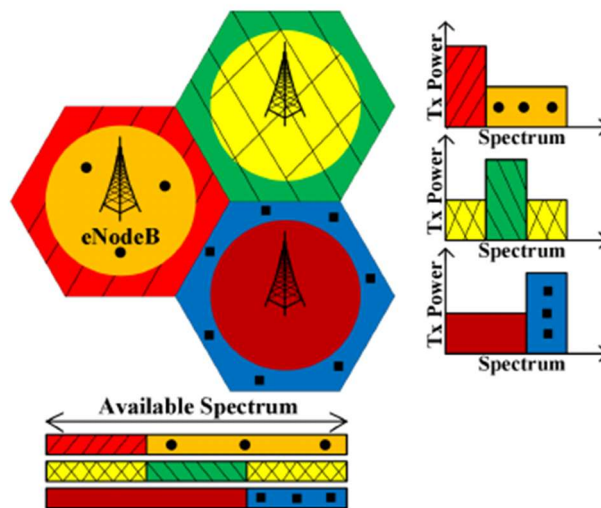
Een daarvan is adaptieve modulatie en codering die, zoals hierboven al genoemd, bij LTE wordt toegepast en bij TETRA niet. Een tweede betreft het frequentiehergebruik, dat hieronder wordt toegelicht.

Bij een cellulair netwerk worden traditioneel frequenties hergebruikt en wel op zodanige wijze dat interferentie bij de gebruiker beperkt blijft. Een voorbeeld van een 7-cel frequentiehergebruik patroon zoals weergegeven in onderstaande figuur. Hierbij is het totale beschikbare spectrum voor het netwerk opgedeeld in 7 stukken (aangegeven met 7 kleuren), waarbij cellen die gebruik maken van dezelfde frequenties zo ver mogelijk uit elkaar liggen. Hierdoor zal een gebruiker die zich in de ene (bijv. gele) cel bevindt zo weinig mogelijk interferentie ondervinden door signalen afkomstig uit de andere (gele) cellen. De afstand tussen cellen die van dezelfde frequenties gebruik maken kan nog verder worden vergroot door het beschikbare spectrum op te delen in een nog groter aantal stukken. Zo wordt bij TETRA gebruik gemaakt van een 21-cel frequentiehergebruik patroon, waarmee de interferentie die een gebruiker ondervindt van andere cellen die dezelfde frequenties gebruiken nog lager is. Het nadeel is echter wel dat hierdoor elke cel maar een kleiner deel van het voor het gehele netwerk ter beschikking staande spectrum kan gebruiken. Dit heeft een beperking van de maximale capaciteit per cel tot gevolg. Tevens is niet goed mogelijk om frequentieruimte die door cellen op een gegeven moment niet wordt gebruikt over te hevelen naar een cel die daar op dat moment wel behoefte aan heeft.



Figuur F.4: Frequentiehergebruik (cellen met zelfde kleur gebruiken dezelfde frequentie).

Bij LTE is daarentegen het frequentiehergebruik gelijk aan 1, wat wil zeggen dat elke cel gebruik kan maken van het voor het gehele netwerk ter beschikking staande spectrum, en doen zich bovengenoemde beperkingen niet voor. Dit resulteert in een beter gebruik van het beschikbare spectrum. Het betekent echter ook dat bij LTE de interferentie niet bij voorbaat (i.e. gepland) is beperkt. LTE gaat er dan ook vanuit dat interferentie (plaatselijk/tijdelijk) kan voorkomen. LTE kan hiertoe de resources zodanig (dynamisch) toewijzen en wijzigen dat gebruikers hiervan minimaal hinder ondervinden. Een voorbeeld van een techniek die hierbij gebruikt kan worden is Soft Frequency Reuse, weergegeven in onderstaande figuur. De manier waarop resources worden toegekend is overigens niet gestandaardiseerd in 3GPP. Fabrikanten kunnen hierop hun innovatieve kracht inzetten en zich zo onderscheiden van andere fabrikanten.



Figuur F.5: Soft Frequency Reuse

G Slicing

G.1 Introduction

The concepts of Software Defined Networking (SDN) and Network Function Virtualization (NFV) have empowered networks with the feature of adaptation. They provide mechanisms for tailoring resources according to specific needs. These needs may come as inputs from operators that strive to optimize or cut costs related to network management, types of services that want to use resources in dynamic ways or other places. SDN and NFV allow for communication networks to be free of what the actual physical infrastructure looks like. Mechanisms for network overlays do exist for some time but they are tightly coupled to the layer below and generally static. Hence, a very good design is needed for the network to support all the services that run on top of it. This implies that once the services change the constraints, or new service with different needs has to be run on that network problems arise.

The SDN Architecture [1] aspires to be consistent, useful and open, tackling the exact problem scenario described above. It achieves that by abstracting the network into resource groups that are managed by a controller based on service requests by clients. By doing this, it basically puts a layer of software between the standard interface to service requests (A-CPI) and a standard interface to the data plane (D-CPI). Hence, the resource groups can be used in a programmable way meaning instead of being designed, networks become programmable themselves.

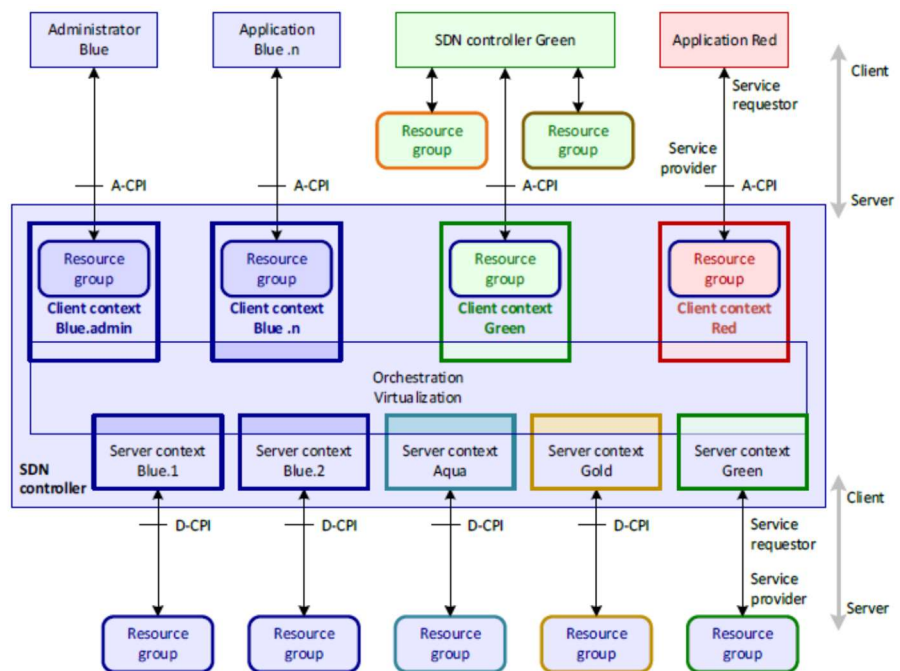


Figure G.1. Core of the SDN Architecture

A specifically interesting feature of this architecture is the possibility of controllers to request services from other controllers, which leads to recursive layers of abstraction and organizes the whole network control in a tree-like structure that can span multiple domains. This makes it possible to apply it from the point where a device requests services from a network to orchestrating multi-domain resource usage.

NFV is another concept where abstraction is used in order to decouple the functionality implemented in software from the underlying hardware resources it runs on. It uses IT virtualization technologies and creates virtual network nodes that can run on COTS hardware. This allows for faster deployment of new services that require new functionalities and much easier management than standard carrier-grade network nodes. In a similar way that applications are currently dynamically configurable in cloud environments, NFV empowers networks with the agility and possibility to be deployed in a similar way. The most recognized work on NFV is done by ETSI and specified in [4].

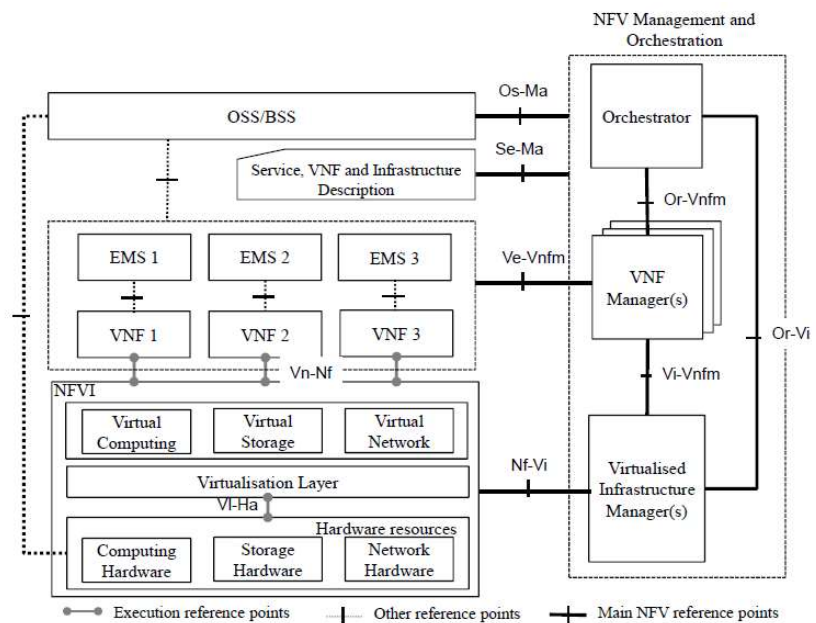


Figure G.2. ETSI NFV Architecture Framework

These abstractions and decoupling of the functionality from hardware resources unavoidably led to the idea of network slicing. It is a mechanism which provides networks with the ability to be split into multiple networks by grouping resources into logical units (slices) without creating network overlays. These multiple networks do have a similarity to the vertical networks from the past.

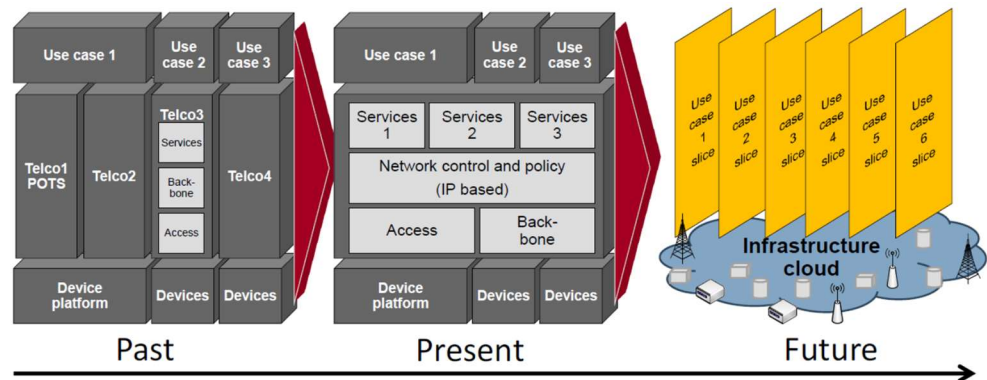


Figure G.3. From silos over monoliths towards slices [2]

As good as the 4G network is for the average smartphone, it needed many improvements to cover use cases like massive Internet of Things, low latency communication, high user mobility etc. These are currently being implemented after solutions were standardized for each type of problem. Since all these use cases are envisioned to be naturally supported by the next generation 5G system, they were listed as requirements during its design. The flexibility network slicing is envisioned

to offer seems like a good solution to one network supporting multiple types of services and even staying open for future ones. As many studies and articles suggest, slicing can bring great value for the 5G network from many different perspectives [3]: cutting costs, capturing new revenues, improving and automating network management, etc.

3GPP is in the process of designing the 5G system with network slicing included as a feature. Its architecture will be specified in 3GPP TS 23.501 and the system procedures in TS 23.502. Although it is still a work in progress, it is depicted below to help the description of the slicing mechanism.

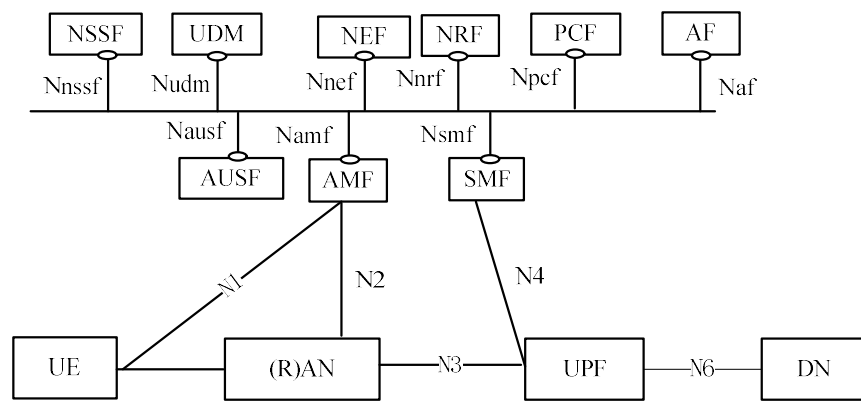


Figure G.4. 5G System Architecture

As can be concluded from the figure, the system is designed as service-based in the control plane so network functions (NF) can communicate between each other directly based on operator policies. Each network function name below is shortly descriptive of its functionalities and more detailed description is available in the listed specifications.

- | | |
|--|-----------------------------------|
| Authentication Server Function (AUSF) | Policy Control function (PCF) |
| Core Access and Mobility Management Function (AMF) | Session Management Function (SMF) |
| Structured Data Storage network function (SDSF) | Unified Data Management (UDM) |
| Unstructured Data Storage network function (UDSF) | Unified Data Repository (UDR) |
| Network Exposure Function (NEF) | User plane Function (UPF) |
| NF Repository Function (NRF) | Application Function (AF) |
| Network Slice Selection Function (NSSF) | User Equipment (UE) |

G.2 A 5G Network Slice

Network slicing is a feature that provides the creation of logically separate end-to-end networks called slices on top of the physical infrastructure. The feature is heavily supported by SDN and NFV concepts and it is an enabler of the so called “Network-as-a-Service” paradigm, as it allows for a clear logical separation and usage of network resources. A network slice in the 5G system includes the core network, an access network and possibly an interworking function for non-3GPP access types. It basically includes all functionalities and resources necessary to support certain set of communication services, thus possibly serving a certain business purpose. However, since some of the network functionalities can be common across multiple slices and there is a benefit to handle them in a common place, not all network functions belong to a single slice. In fact, NFs can be slice specific or common to multiple or all slices. In any case, NFs that are shared between slices can be seen as belonging to each slice.

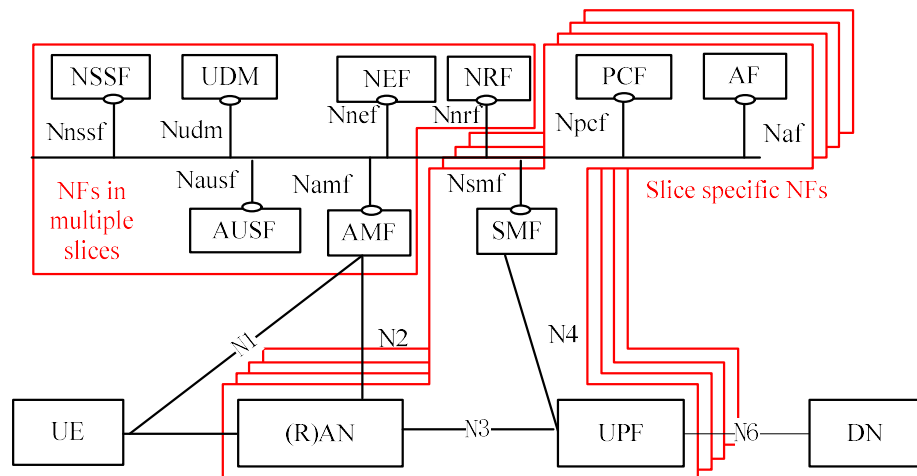


Figure G.5. Sliced 5G system

The AMF is the function providing access functionalities in the core network, which now includes network slicing components. Whenever a UE initially registers, the network decides which slices the UE can access based on UE provided information and subscription data. The information used in this process is Network Slice Selection Assistance Information (NSSAI) consisting of up to eight Single Network Slice Selection Assistance Information (S-NSSAI) each of which identifies a single network slice. This information can be provided by the UE, but it is verified by the AMF and possibly the NSSF. After this decision a UE can request a session via a certain network slice by using the corresponding S-NSSAI. This session can only be established via a single network slice.

This obviously gives the UE a choice on which slice to use out of a certain few, which implicitly gives it the power to choose between sets of network features it needs.

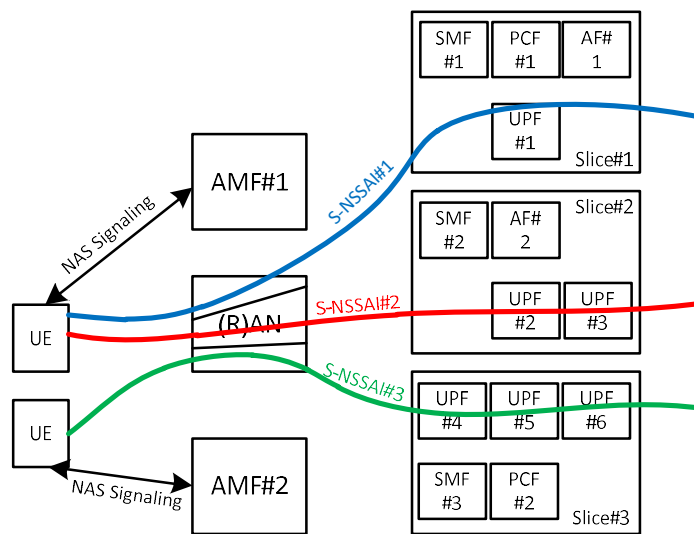


Figure G.6. UEs with sessions via different slices

In the example above, one UE has two sessions via slice #1 and #2 and its NAS signaling is being handled by AMF#1. This also means that AMF#1 is part of both slices. However, since AMF#1 does not know about slice #3, AMF#2 will handle the other UE that needs access to this slice. The architecture view on which AMFs belong to which slices is known in the NSSF. The access network can also support slicing but not necessarily. The 3GPP 5G radio is planned to support it based on the knowledge of S-NSSAIs that will be sent by the UE in the access stratum signaling. Considering the flexibility that an operator now has on making NFs slice specific or common across several slices, different isolated solutions can be provided to different customers depending on specific needs. Aside from functions like SMF, PCF and AF which are considered more slice specific, even the mobility management, which is a common NF across multiple slices, can be handled in a separate AMF instance for different slices.

In order to get a better sense on what a complete 5G network slice will offer it is useful to know that the S-NSSAI is further split into a Slice Service Type (SST) and Slice Differentiator (SD) fields. The SST refers to the expected network behavior in terms of features and services, while the SD is optional complementary information needed to distinguish slices with the same SST. In order to have global interoperability, 3GPP has so far standardized three SST values based on the most anticipated use cases for 5G.

Table G.3. 3GPP Standard SST values and characteristics

Slice/Service type	SST value	Characteristics
eMBB (enhanced Mobile Broadband)	1	Slice suitable for the handling of 5G enhanced Mobile broadband, useful, but not limited to the general consumer space mobile broadband applications including streaming of High Quality Video, Fast large file transfers etc.
URLLC (ultra- reliable low latency communications)	2	Supporting ultra-reliable low latency communications for applications including, industrial automation, (remote) control systems.
MIoT (massive IoT)	3	Allowing the support of a large number and high density of IoT devices efficiently and cost effectively.

As an example, Slice#3 from Figure 6 can have SST value 1 since it has dynamic policy and charging control and no direct AF influence in the network (AF function doesn't exist). Slice#1 can be SST 2 with only one UPF per session to support low latency which the network can select (and re-select) based on different application inputs such as locality, isolation, etc. Slice#2 can have SST value 3 and be optimized for small data and low battery consumption. Furthermore, important to notice is that Slice#3 has a separate AMF handling the access and mobility of UEs which would largely be smartphones. Slice#1 and #2 will be handled by AMF#1 to support other types of UEs like smart-meters, industry devices, etc.

G.3 Management and Service Delivery

From the previous chapter we have seen that a 5G network slice is in fact an end-to-end network that a UE can more or less choose based on its needs. It offers a similar connectivity service as previous generations of 3GPP networks but with much more flexibility. It is also much more open to application influence in the network via the AF or NEF. The management functionality and service delivery are envisioned as depicted in Figure G.7.

The concept of Network Slice Subnet (NSS) is introduced for a more optimal handling of sets of NFs that are common across multiple slices. In the example above three such subnets are combined to form two slices on top of which a communication service is deployed. Interactions between the Network Operator, Communication Service Provider and Customer are usually trust relationships based on business agreements.

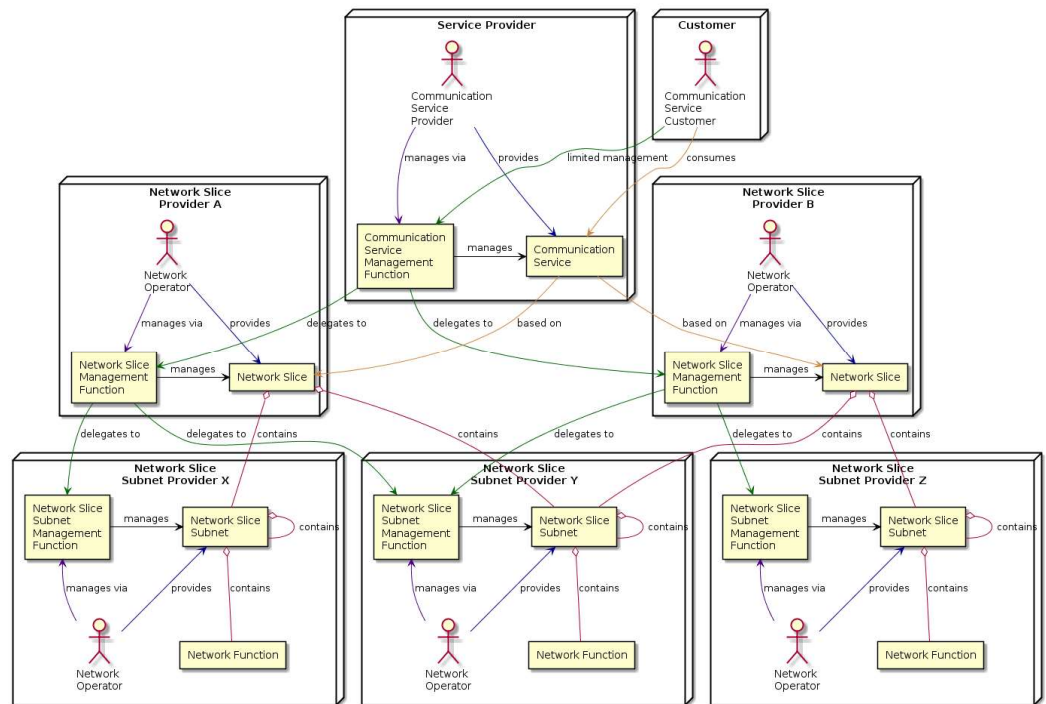


Figure G.7. An example of network slice management model

The lowest layer of this hierarchy (subnets) can use the ETSI NFV architecture (Figure G.2) in order to be executed in a cloud environment. The middle layer defines the complete network slice which contains all 3GPP NFs in order to provide a the communication service with the necessary resources. The highest layer is the Communication Service Provider (CSP) that uses these resources to provide services. Suddenly, the SDN architecture (Figure G.1) seems implemented here, in the sense that lower layers are abstracted to higher layers and controlled/used as resources. This is, however, debatable for the middle layer where it is more applicable to talk about aggregation instead of usage of resources. Anyhow, orchestration between the subnets is needed in order for all NFs to be able to communicate when necessary.

In this way, the CSP management decisions have impact all the way down to the actual network itself, and the level of impact is defined by the relationships mentioned above. However, since we are constrained inside the domain of a network slice, the impact is also contained within it and will not impact any other slice the network operator has. Important to note is that aside from the 3GPP defined NFs, a communication service can also include other NFs which would be outside of the 3GPP network, but possibly inside an operator network within a slice.

G.4 Public Protection and Disaster Relief aspects

Emergency services networks have a dedicated highly resilient infrastructure usually managed by the organizations themselves. These provide a specific narrow set of services they are built for and are expensive and slow to evolve. They can be

seen as a leftover from the past silos environment depicted in Figure 3. Emergency service operators have been looking in options to cut the operating costs of these networks and evolve them so new services can be created or old ones improved. 3GPP designed networks have been one of the very few networks that have reach across a whole country, but they only provided a so called “pipe” (EPS bearers) to the Internet or a specific (central) data network. Hence, one of the reasons behind them not being able to offer a solution can probably be found in the fact that the services would need to be provided in the same “pipes” as all other traffic. Of course, QoS and prioritization mechanisms do exist, but offering more than just different kind of pipe is a cumbersome process for a network operator, especially since most network elements require dedicated hardware.

5G Network slicing is a feature that has the potential to provide the tool for a 3GPP network operator to provide a specific tailored virtual infrastructure with more control on the traffic by applications using the network, as well as the option of 3rd parties managing parts or the whole virtual infrastructure. An example of such usage is Slice#1 from Figure 6, where the influence of the traffic routing by the application is done by AF#1 via PCF#1. It is also possible that the management of such slice (or part of it) can be done by an emergency organization itself according to the model described in the previous chapter. An organization would then have the role of a service provider. Another option is that an emergency organization is merely a customer of the service and only imposes certain constraints in the possible shape of service response times.

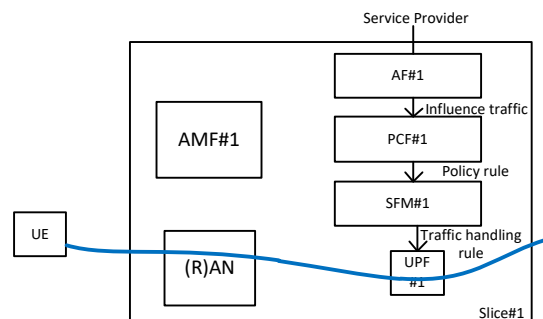


Figure G.8. Application influenced traffic handling in a slice

An important note is that although virtualization helps decouple the hardware resources from the logical architecture, they are still shared between network functions. However, an operator can choose which NFs share a common hardware and therefore distribute points of failure and performance bottlenecks. Furthermore, non-virtualized resources can also be used complementary to the virtualized ones. This is especially beneficial when the delay introduced by processing in a virtualized environment is big enough to impact the service.

Since it is a tool to partition a single network into multiple self-contained fully functional end-to-end networks, network slicing can only be done within a PLMN. This means that a single network slice cannot span across more than one PLMN IDs. However, this constraint can be overcome by using network sharing principles that create Mobile Virtual Network Operators (MVNOs) PLMN IDs. An Emergency Service can then be deployed within a slice of an MVNO, and the implementation of

network slicing implicitly supports the assignment and isolation of resources between the network slices. Although network sharing mechanisms only exist for previous generations of networks and is still to be specified for 5G, the details of the interaction between network slicing and network sharing are expected to provide ways to enable deployments as depicted on the figure below.

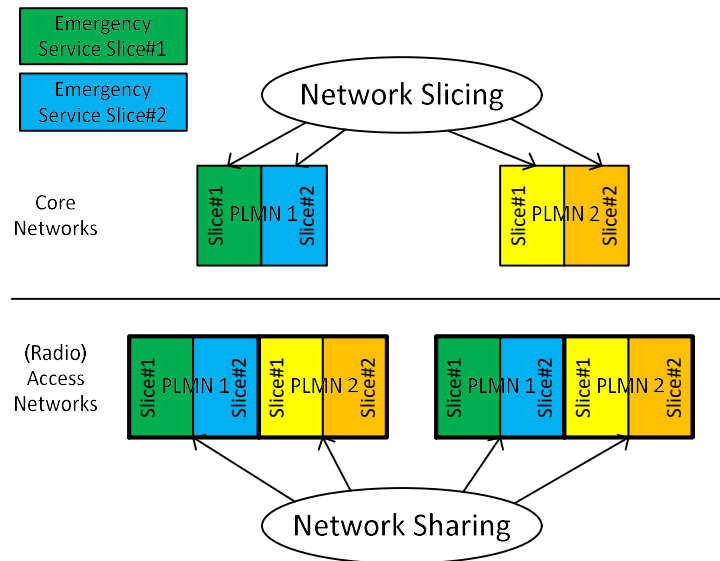


Figure G.9 Sharing of networks with resource partition

G.5 References

- [1] "SDN Architecture, TR-521 Issue 1.1", Open Networking Foundation
- [2] "5G Network Slicing", Deutsche Telekom, IEEE 5G Summit, Berlin
- [3] "Network Slicing: The greatest thing since sliced bread", STL Partners
- [4] "Network Functions Virtualization Architecture Framework", ETSI GS NFV 002

H Overzicht van betrokken en benaderde personen

Naam	Affiliatie	Vorm
Alle de Jong	Ministerie van Defensie	Klankbordgroep
Anno van Dijken	Ambulancezorg Nederland	Consultatie
Cate Walton	UK Home Office	Consultatie
Christian Mouraux	ASTRID	Consultatie
Connie van Gemert	Veiligheidsregio Gelderland Zuid	Validatie
Feiko Vermeulen	Nationale Politie	Consultatie
Guus Zijlstra	NIFV	Klankbordgroep
Hans de Haan	Landelijke Meldkamer Organisatie	Validatie
Herman van Sprakelaar	Nationale Politie	Consultatie
Ilse Landa	Ministerie van VenJ	Studiebegeleiding
Jan Koekoek	Nationale Politie	Validatie
Judy Westerveld	Ambulancezorg Nederland	Klankbordgroep
Jürgen Will	Ministerie Binnenlandse Zaken, Duitsland	Consultatie
Kees Taverne	Ministerie van VenJ	Klankbordgroep
Leon Kee	Nationale Politie	Validatie
Maarten van Waveren	Ministerie van EZ	Validatie
Marcel Jonkman	Veiligheidsregio Gelderland Zuid	Validatie
Matthieu Ettema	Nationale Politie	Consultatie
Michael Street	NATO Communications and Information Agency	Consultatie
Patrick Blankers	Ericsson	Consultatie
Peter Anker	Ministerie van EZ	Validatie
Peter Sciamanda	Nationale Politie	Klankbordgroep
Phillip Dekkers	Ministerie van VenJ	Validatie
Pim Zijdeveld	Ministerie van Defensie	Klankbordgroep
Remco Tippens	Nationale Politie	Validatie
Ricardo Buis	Koninklijke Marechaussee	Validatie
Sabine Geerdes	Ministerie van VenJ	Validatie
Sander Poppenk	Nationale Politie	Consultatie
Simon Biemond	Ericsson	Consultatie
Suzanne Hannema	Ministerie van EZ	Validatie
Timo Bakker	Nokia	Consultatie
Tom Visser	Ministerie van EZ	Validatie