

Rapport

Marktonderzoek PAMR-frequentieband



In opdracht van: Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Datum: 28 augustus 2020
Versie: 1.0

Colofon

Documentnaam Rapport PAMR Onderzoek MinEZK v1.0 Rapport PAMR Onderzoek MinEZK v1.0

Titel Rapport Marktonderzoek Behoeftetepeiling PAMR-frequentieband

Referentienummer 20042

Versie en datum 28 augustus 2020

Samengesteld door Eildert van Dijken, Ken Klaver, Yvette van der Meer en Koos van der Tang

Afdeling Mission Critical

Project 202002-5771

© Strict

Niets uit deze uitgave mag worden vereenvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, (digitale) kopie of andere wijze, zonder toestemming van Strict.

No part of this publication may be reproduced in any form by print, (digital) copy or any other means without permission by Strict.

Contactadres **Strict**

Lange Dreef 11-f, 4131 NJ Vianen

Postbus 12, 4130 EA Vianen

T. 088 55 55 800 + info@strict.nl + www.strict.nl

Afbeelding titelpagina is een 450 MHz antenne opstelpunt, © Utility Connect, met toestemming gebruikt.

Versiebeheer

Datum	Status	Versie	Auteur	Omschrijving
19 juni 2020	Concept	0.9	Strict	Eerste concept ter review
14 juli 2020	Concept	0.99	Strict	Versie na review
21 juli 2020	Concept	0.999	Strict	Versie na tweede review
28 aug 2020	Release	1.0	Strict	Versie voor publicatie

MANAGEMENTSAMENVATTING

Het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) heeft in 2018 besloten om de aan Utility Connect uitgegeven licentie voor 2 x 3 MHz in de 450 MHz band voor Public Access Mobile Radio (PAMR) te verlengen van 2020 tot eind 2024. EZK is ook gestart met de voorbereiding van het beleid voor het frequentiegebruik in de PAMR-band ná de verlengingsperiode. Uitgangspunt hierbij is de frequentieruimte opnieuw beschikbaar te stellen voor professionele mobiele communicatie en voor openbare, landelijke mobiele dienstverlening. Als onderdeel van de voorbereiding van de beleidsvorming heeft EZK behoefte aan inzicht in de concrete belangstelling in de markt voor het gebruik van deze PAMR-band. Dit als verdieping op, en actualisering van, het PAMR-marktonderzoek uit 2017 uitgevoerd door Dialogic en de TU Eindhoven. De conclusies van dat onderzoek waren onder andere dat de business case voor een PAMR netwerk tussen 2017 en 2025 alleen haalbaar is met meer dan honderdduizend tot een miljoen klanten, afhankelijk van de betalingsbereidheid. Daarnaast is geconcludeerd dat er nog maar weinig LTE apparatuur beschikbaar is die de 450 MHz band ondersteunt.

Het voorliggende onderzoek beschrijft welke concrete belangstelling er is in Nederland voor diensten in de 450 MHz PAMR-band, aan zowel de vraagzijde als de aanbodzijde. Voor dit onderzoek is als **aanpak** gekozen voor een 'mixed methods' onderzoeksbenadering waarbij kwalitatieve en kwantitatieve methodes zijn gecombineerd. De dataverzameling bestond uit een combinatie van literatuuronderzoek, kennis en expertise van de markt en interviews. In totaal zijn 33 organisaties geïnterviewd.

We bespreken hieronder (1) hoe andere Europese landen het 450 MHz spectrum hebben bestemd en wat daar de ontwikkelingen zijn, (2) hoe het ecosysteem rond de LTE (4G) technologie in de 450 MHz band (LTE450) zich ontwikkelt, (3) welke concrete vraag Nederlandse eindgebruikers van professionele mobiele communicatie hebben ten aanzien van de PAMR-band en (4) welke interesse aanbieders hebben in het verwerven van frequentieruimte in deze band. Tot slot wordt er antwoord gegeven op de vraag in hoeverre er sprake is van schaarste ten aanzien van de 450 MHz band, oftewel de verhouding tussen vraag en aanbod.

In **Europa** worden de utiliteitssector en de openbare orde en veiligheidssector (OOV) gezien als belangrijkste gebruikersgroepen van het 450 MHz spectrum, hoewel er in sommige landen ook ander, meer divers gebruik is. We zien dat de meeste beweging gerelateerd aan de PAMR-band plaatsvinden in Polen, Duitsland en Ierland. Polen heeft recent besloten om LTE450 uit te rollen voor smart grid toepassingen, naast 14 miljoen slimme meters en een kleine 20.000 gebruikers van spraakcommunicatie. In Duitsland vindt sinds begin 2020 uitgebreid discussie plaats over voor welke sectoren deze frequentieband exclusief ingezet gaat worden: de utiliteiten of OOV. Ierland heeft besloten LTE410 te gaan gebruiken voor de utiliteitssector, een frequentieband die nu ook officieel aan LTE is toegevoegd. Daarnaast zien we dat steeds meer landen binnen Europa de overstap maken naar LTE technologie voor missiekritische diensten voor diverse overheidsdiensten en utiliteitsnetwerken.

Internationaal wordt LTE (4G) technologie gezien als enige relevante keus voor gebruik in de 450 MHz band. Het **ecosysteem** van LTE450 maakt een positieve ontwikkeling door. Er zijn in toenemende mate communicatieapparaten, radiomodules en chipsets beschikbaar voor de LTE450 band. De focus ligt voornamelijk op IoT dienstverlening met LTE-M en NB-IoT modules. Dankzij de eerder genoemde marktontwikkelingen wordt verwacht dat er in de komende jaren een massamarkt ontstaat. Hierdoor zullen meer leveranciers instappen en zal de kostprijs van modules verder dalen. Communicatieapparatuur die gebruik kunnen maken van de 450 MHz band, zoals handheld devices, zal naar verwachting een nichemarkt blijven.

De **vraag naar PAMR diensten in Nederland**, zoals spraak, groeit bijvoorbeeld door meer ambtenaren met BOA status. De vraag naar mobiele datadiensten is ook groeiende, vooral voor breedbandige toepassingen. Veel organisaties zijn gewend aan lage maandelijkse kosten voor de mobiele connectiviteit. Slechts weinig organisaties zijn bereid fors hogere bedragen te betalen voor specifieke dienstverlening op de 450 MHz band. De sectoren die een duidelijke behoefte hebben aan communicatieoplossingen in de PAMR-band zijn de utiliteitssector en de OOV-sector, vanwege de specifieke kenmerken van deze band. Goede propagatie-eigenschappen (ook indoor) en de mogelijkheid om tegen redelijke kosten een hogere beschikbaarheid en betrouwbaarheid te realiseren dan door publieke netwerkkoperators wordt geboden, maken deze band aantrekkelijk voor missiekritische toepassingen met een relatief lage bandbreedtebehoefte.

In de energiesector bestaat de meest concrete en gearticuleerde behoefte aan het spectrum in de 450 MHz band, voornamelijk vanwege de 2,5 miljoen 'slimme' meters die via CDMA-technologie van deze band gebruik maken en de roadmap richting de besturing van distributienetten. Andere partijen in de utiliteitssector (o.a. waterbedrijven) beginnen ook gebruik te maken van diensten van het bestaande CDMA netwerk of overwegen dit.

In de OOV sector heeft men momenteel voldoende alternatieven ten aanzien van professionele mobiele spraakcommunicatie. Aanvullende behoefte aan breedbandtoepassingen bestaat maar kan slecht met de 2 x 3 (drie) MHz in de 450 MHz PAMR-band worden ingevuld, daarvoor is minimaal 2 x 30 (dertig) MHz nodig.

De behoefte van de andere sectoren richting 2030 is meer breedbandig en/of minder kritisch waardoor deze beter en/of goedkoper via MNO's en/of private lokale netwerkoplossingen ingevuld kan worden.

Er is bij enkele **aanbieders interesse** voor de 450 MHz PAMR-band. Aanbieders met een bestaand radionetwerk hebben de meeste kans op een positieve business case. Andere aanbieders hebben grote uitdagingen met de financiering en zien niet direct een positieve business case. De bereidheid voor het betalen van substantiële bedragen voor de 450 MHz licentie is zeer beperkt. Een positieve business case is moeilijk vanwege de initieel vereiste investering en de beperkte marktvrage. Het huidige 2 x 3 MHz spectrum kent capaciteits- en functionele beperkingen en de allocatie van het huidige banddeel is niet gestandaardiseerd. Uitbreiding naar 2 x 5 MHz wordt door alle aanbieders sterk wenselijk geacht in verband met de benodigde capaciteit voor nieuwe gebruikers en een grotere diversiteit aan toepassingen.

Strict concludeert dat er maar zeer beperkt sprake is van **schaarste** ten aanzien van de vraag naar frequentieruimte in de 450 MHz band. Er zijn enkele partijen die aangeven misschien geïnteresseerd te zijn in het verwerven van de frequentieruimte of diensten in deze frequentieband. Voor potentiële aanbieders zal het zeer moeilijk zijn om tot een sluitende business case te komen. De specifieke vraag naar diensten in de 450 MHz band en de bereidheid daar fors meer voor te betalen is beperkt terwijl de vereiste investering voor een landelijk netwerk zeer groot is. De huidige vergunninghouder heeft de meeste kans op een sluitende business case gezien het bestaande radionetwerk en de bestaande klanten met een grote 'installed base' en een op uitbreiding gerichte roadmap.

Strict adviseert om het huidige spectrum te harmoniseren met internationale standaarden, zodat zowel vraag- als aanbodzijde optimaal kunnen profiteren van het groeiende ecosysteem in zowel de banden 31 en 72.

Strict adviseert om het missiekritische karakter van netwerken in de PAMR-band te verstevigen en aan te sturen op gebruik voor algemeen nut. Hiermee wordt voorzien in de langzaam groeiende specifieke behoeften van de utiliteitssector en andere (semi-) overheidsdiensten qua smalbandige en missiekritische mobiele communicatiebehoeften die onvoldoende door publieke netwerken worden ingevuld.

INHOUDSOPGAVE

MANAGEMENTSAMENVATTING	3
INHOUDSOPGAVE	5
1 INLEIDING	7
1.1 Achtergrond	7
1.2 Doelstelling en hoofdvraag	7
1.3 Leeswijzer	7
2 ONDERZOEKSAANPAK	8
2.1 Onderzoeksvragen en scope	8
2.2 Onderzoeksaanpak	11
3 ECOSYSTEEM LTE450 APPARATUUR	14
3.1 Marktonwikkeling	14
3.2 Netwerkleveranciers	16
3.3 Modules en chipsets	16
3.4 Devices	18
4 EUROPESE SITUATIE.....	20
4.1 België	20
4.2 Denemarken	21
4.3 Duitsland	21
4.4 Verenigd Koninkrijk	21
4.5 Finland	22
4.6 Frankrijk	22
4.7 Hongarije	23
4.8 Ierland	23
4.9 Italië	23
4.10 Noorwegen	23
4.11 Polen	23
4.12 Portugal	24
4.13 Oostenrijk	24
4.14 Roemenië	24
4.15 Spanje	24
4.16 Tsjechië	24
4.17 Zweden	24
4.18 Zwitserland	25
5 BEHOEFTE N EINDGEBRUIKERS.....	26
5.1 Beveiliging	26

5.2	Industrie.....	26
5.3	Landbouw	26
5.4	Transport.....	27
5.5	Zorg	27
5.6	Utiliteitsector	28
5.7	OOV sector	29
5.8	Overwegingen	30
5.9	Toekomstverwachting 2030.....	31
6	BELANGSTELLING (POTENTIËLE) AANBIEDERS	33
6.1	Karakteristieken PAMR-band	33
6.2	Huidige vergunninghouder	34
6.3	Mogelijk gebruik en interesse andere partijen	35
6.4	Toekomstverwachting 2030.....	38
7	CONCLUSIES	39
7.1	Beantwoording deelvragen.....	40
7.2	Beantwoording hoofdvraag	42
8	LITERATUURLIJST.....	44

1 INLEIDING

1.1 Achtergrond

Het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (hierna EZK) heeft in 2005 2 x 3 MHz frequentieruimte in de 450 – 470 MHz band ter beschikking gesteld voor de exploitatie van een Public Access Mobile Radio (PAMR) netwerk. Specifiek gaat het om de frequentieband tussen 451,76875 - 454,76875 MHz (uplink) en 461,76875 - 464,76875 MHz (downlink). De oorspronkelijke vergunning liep af in 2020, maar is in 2018 verlengd tot en met 17 november 2024. De dienstverlening van de huidige vergunninghouder Utility Connect is op dit moment voornamelijk gericht op de mobiele dataverbinding van slimme meters door middel van CDMA450 technologie. Deze 2G technologie nadert het einde van de economische en technische levensduur.

EZK is inmiddels gestart met de voorbereiding van het beleid voor het frequentiegebruik in de PAMR-band ná de verlengingsperiode. Uitgangspunt hierbij is de frequentieruimte opnieuw beschikbaar te stellen voor professionele mobiele communicatie en voor openbare, landelijke mobiele dienstverlening. Als onderdeel van de voorbereiding van de beleidsvorming heeft EZK behoefte aan inzicht in de concrete belangstelling in de markt voor het gebruik van de Nederlandse PAMR-band. Dit als verdieping op, en actualisering van, het PAMR-marktonderzoek uit 2017 van Dialogic en de TU Eindhoven.

1.2 Doelstelling en hoofdvraag

Het resultaat van het onderzoek zal EZK inzicht verschaffen in de marktvrage naar de PAMR-band in het 450 – 470 MHz spectrum. Dit marktonderzoek zal vooral uitwijzen welke concrete interesse (potentiële) aanbieders en afnemers/eindgebruikers hebben in de PAMR-band. De hoofdvraag die hierbij geformuleerd is: *“Welke concrete belangstelling is er in de markt voor het gebruik van de Nederlandse PAMR-band in de 450-470 MHz, zowel aan de vraagzijde (gebruikstoepassingen) als de aanbodzijde (aanbieders)? In hoeverre is er sprake van schaarste?”*

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de onderzoekaankpak besproken. De onderzoeksresultaten worden in hoofdstuk 3 tot en met 6 weergegeven. Hoofdstuk 3 gaat dieper in op de beschikbare mobiele communicatieapparatuur, -chipssets en -modules die gebruikt kunnen worden in de PAMR-band. In hoofdstuk 4 wordt beschreven hoe andere Europese landen deze frequentieband hebben bestemd en wat de internationale ontwikkelingen zijn. Hoofdstuk 5 zoomt in op de concrete behoefte van Nederlandse eindgebruikers van professionele mobiele communicatie en in hoeverre die kan worden ingevuld door middel van de PAMR-band. Vervolgens wordt in hoofdstuk 6 gekeken naar de concrete belangstelling van (potentiële) aanbieders in het verwerven van de frequentieruimte. Hierbij worden zowel huidige vergunninghouder, mobiele netwerkoperators als andere potentieel geïnteresseerden meegenomen. Tot slot wordt in hoofdstuk 7 antwoord gegeven op de onderzoeksvragen.

In het document wordt een aantal keren de term *missiekritisch* gebruikt om aan te geven dat een zeer hoge beschikbaarheid vereist is vanwege kritische bedrijfsprocessen. In paragraaf 5.8 wordt dit nader toegelicht.

2 ONDERZOEKSAANPAK

2.1 Onderzoeksvragen en scope

Het Ministerie van EZK heeft een hoofdvraag en aanvullende deelvragen geformuleerd voor dit onderzoek.

2.1.1 Hoofdvraag

De volgende vraag staat centraal in het onderzoek:

Welke concrete belangstelling is er in de markt voor het gebruik van de Nederlandse PAMR-band in de 450-470 MHz, zowel aan de vraagzijde (gebruikstoepassingen) als de aanbodzijde (aanbieders)? In hoeverre is er sprake van schaarste?

2.1.2 Deelvragen

De volgende deelvragen zijn gedefinieerd:

1. Welke mobiele communicatieapparatuur, -chipssets en -modules zijn beschikbaar op de markt en kunnen worden gebruikt in de PAMR-band?
2. Welke andere Europese landen hebben de frequentieband op soortgelijke wijze bestemd, wat zijn daar de maatschappelijke behoeften en wat zijn de ontwikkelingen in het gebruik?
3. Welke concrete vraag hebben Nederlandse eindgebruikers van professionele mobiele communicatie ten aanzien van de PAMR-band (gebruikstoepassingen)?
 - a. Welke sectoren/domeinen hebben een relevante behoefte?
 - b. In hoeverre is de PAMR-band nodig voor de invulling van die behoefte(n)?
 - c. In hoeverre is er overlap in de behoeften van verschillende sectoren/domeinen, bijvoorbeeld als het gaat om kritische communicatie?
 - d. In hoeverre is er behoefte aan openbare communicatie- dienstverlening in de PAMR-band door een (gespecialiseerde) aanbieder?
4. Welke concrete belangstelling hebben (potentiële) aanbieders in het verwerven van frequentieruimte in de PAMR-band? Niet alleen MNO's maar ook andere gespecialiseerde aanbieders.

2.1.3 Scope

De huidige vergunning voor het gebruik van de PAMR-band loopt af op 17 november 2024. De behoefte vanuit de markt rond en voorbij 2024 staat daarom centraal. De levenscyclus van professionele mobiele communicatie ecosystemen beslaat circa 10 jaar. Er wordt daarom een tijdshorizon gehanteerd tot en met 2030. Er wordt daarbij opgemerkt dat het voorspellen van de behoefte aan connectiviteit met steeds meer onzekerheden gepaard gaat naarmate verder in de toekomst wordt gekeken.

Als geografische afbakening geldt dat primair wordt gekeken naar Nederland, met uitzondering van de Europese vergelijking (deelvraag 2). Er zal – met name als het gaat om technische ontwikkelingen, standaardisatie en harmonisatie – uiteraard de Europese en waar nodig de mondiale context worden meegenomen. Voor de beantwoording van deelvraag 2 wordt voortgebouwd op het onderzoek van Dialogic en TU Eindhoven. De landen waarop gefocust wordt zijn:

- België
- Denemarken
- Duitsland
- Engeland
- Finland
- Frankrijk
- Hongarije
- Ierland
- Italië
- Noorwegen
- Polen
- Portugal
- Oostenrijk
- Roemenië
- Spanje
- Tsjechië
- Zweden
- Zwitserland

De sectoren waarop dit onderzoek zich focust zijn:

- Beveiliging
- Industrie
- Landbouw
- Openbare Orde en Veiligheid (OOV)
- Transport
- Utiliteiten
- Zorg

Zoals benoemd in de inleiding geldt dit onderzoek als verdieping op, en actualisering van, het PAMR-marktonderzoek uit 2017 zoals uitgevoerd door Dialogic en de TU Eindhoven. Het PAMR-marktonderzoek uit 2017 zal daarom als basis worden gebruikt. Om tot een besluit over de toekomstige herverdeling van de 450 – 470 MHz band te komen laat het ministerie van EZK nog twee andere onderzoeken parallel uitvoeren:

- Dialogic onderzoekt hoe de continuïteit (werking) van betreffende slimme meters kan worden geborgd;
- Agentschap Telecom onderzoekt welke frequentieruimte in een nieuwe verdeling beschikbaar kan worden gesteld en hoe EZK de gebruiksmogelijkheden van de PAMR-band eventueel kan optimaliseren.

Zie tabel 1 voor een overzicht van de tijdlijn van de verschillende onderzoeken en het beleid.

2005	2017	2018-2019	2020	2020-2022	November 2024
Veiling vergunning voor exploitatie PAMR in de 450 – 470 MHz band	PAMR Markt-onderzoek (Dialogic/ TU Eindhoven)	Verlenging PAMR-vergunning met vier jaar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Onderzoek slimme meters (Dialogic) 2. Onderzoek frequentieruimte (Agentschap Telecom) 3. Onderzoek behoeftepeiling markt (Strict) 	Beleidsvoorbereiding en herverdeling PAMR band	Huidige PAMR-vergunning loopt af

Tabel 1 - Tijdlijn

2.2 Onderzoeksaanpak

Er is gekozen voor een 'mixed methods'- onderzoeksbenadering waarbij kwalitatieve en kwantitatieve methodes zijn gecombineerd. Hierbij zijn de twee methodes complementair aan elkaar. De dataverzameling bestaat uit literatuuronderzoek, kennis over de markt en interviews.

Aan de hand van kennis en expertise van de markt is een eerste opzet gemaakt van welke communicatieapparatuur, -chipsets en -modules beschikbaar zijn op de markt en gebruikt kunnen worden in de PAMR-band (deelvraag 1). Vervolgens is dit verder onderzocht aan de hand van literatuuronderzoek. Zo is er gekeken naar pers- en nieuwsberichten van verschillende communicatieapparatuur-, chipset- en modulefabrikanten. Aanvullend hierop zijn er ook nieuwe inzichten verkregen en bevestigd tijdens de interviews met zowel afnemers als met leveranciers en fabrikanten.

Om antwoord te kunnen geven op de vraag welke andere Europese landen de frequentieband op soortgelijke wijze hebben bestemd, wat daar de maatschappelijke behoeften zijn en wat de ontwikkelingen in het gebruik (deelvraag 2) zijn, is er een Europese vergelijking uitgevoerd. Deze data is voornamelijk gebaseerd op marktkennis van vakinhoudelijke specialisten en rapporten van diverse marktpartijen en overheidsinstellingen. Vakinhoudelijke experts binnen Strict zijn continue op de hoogte van de laatste trends en ontwikkelingen op het gebied van professionele mobiele communicatie door de kennis die ze vergaren tijdens opdrachten en door het bijhouden van publicaties en bijeenkomsten van instanties, zoals 450Alliance, 3GPP, CEPT, ECC, ETSI, UTI, EUTC en Telecompaper. Tevens zijn enkele internationale ontwikkelingen tijdens de interviews met afnemers en aanbieders aan bod gekomen. De informatie is vervolgens per land geanalyseerd en geïnterpreteerd.

De behoefte van zowel (potentiële) aanbieders als eindgebruikers (deelvragen 3 en 4) is tevens in kaart gebracht door middel van marktkennis, interviews en literatuuronderzoek.

Als onafhankelijk ICT adviesbureau adviseert Strict, sinds 2000, hoe organisaties succesvol kunnen inspelen op de continue ontwikkeling van nieuwe digitale technologieën en implementeert Strict informatie- en voornamelijk communicatietechnologie en infrastructuur waarmee de opdrachtgevers hun bedrijfsprocessen en dienstverlening optimaliseren. Strict bedient klanten in diverse sectoren zoals beveiliging, industrie, OOV, transport, utiliteit en zorg en heeft als zodanig een actueel beeld bij de behoefte van Nederlandse eindgebruikers met betrekking tot professionele mobiele communicatie en specifiek de PAMR-band. Tevens heeft Strict veel contacten met de productleveranciers en dienstenaanbieders in deze markt. Hierdoor beschikt Strict over veel inzicht in de behoefte die (potentiële) aanbieders hebben in het verwerven van frequentieruimte in het 450 – 470 MHz spectrum.

Interviews vormden tevens een aanzienlijk onderdeel van de dataverzameling. De voorbereiding van de interviews bestond uit het opstellen van een vragenlijst en het uitvoeren van een pilotinterview. Van alle interviews zijn gespreksverslagen gemaakt welke - indien gewenst - gedeeld zijn met de desbetreffende organisaties en gecontroleerd op juistheid. Om de privacy van de respondenten te waarborgen is met de respondenten afgesproken dat zij in dit rapport niet herleidbaar geciteerd zullen worden, en dat de gespreksverslagen niet worden gedeeld buiten het onderzoeksteam. In totaal zijn er 33 organisaties geïnterviewd, waarvan 18 aan de aanbidderszijde en 15 aan de vraagzijde (zie de volgende tabel).

Aanbiederszijde		Afnemerszijde	
Producten	6 gesprekken	Beveiliging	1 gesprek
Leveranciers	4 gesprekken	Industrie	1 gesprek
Netwerkoperators	5 gesprekken	Landbouw	1 gesprek
Mobiele netwerkoperators	3 gesprekken	OOV	1 gesprek
		Transport	3 gesprekken
		Utiliteit	6 gesprekken
		Zorg	2 gesprekken

Tabel 2 - Overzicht interviews

Wij zijn ons ervan bewust dat er relatief veel interviews hebben plaatsgevonden met organisaties binnen de utiliteitssector. We hebben binnen de andere sectoren meerdere organisaties benaderd maar veel organisaties gaven aan geen interesse te hebben, niet te beschikken over voldoende tijd of gaven helemaal geen respons.

Ter verificatie van de data uit de interviews en de inzichten vanuit de marktkennis van Strict is er literatuuronderzoek uitgevoerd. Zoals eerder genoemd beschikt Strict over marktkennis in diverse sectoren. Voor de landbouwsector is relatief veel literatuuronderzoek gedaan omdat daar relatief weinig praktijkervaring is opgedaan met mobiele communicatieprojecten. Het literatuuronderzoek bestond voornamelijk uit het analyseren van jaarverslagen, brancheverslagen, webinars, whitepapers en websites.

De aanpak is samengevat in onderstaande tabel.

Deelvraag	Literatuuronderzoek	Marktkennis	Interviews
1	<ul style="list-style-type: none"> Persberichten en aankondigen communicatieapparatuur -, chipset- en moduleproducenten 	<ul style="list-style-type: none"> Vakinhoudelijke experts binnen Strict blijven voortdurend op de hoogte van marktontwikkelingen op het gebied van mobiele communicatieapparatuur 	<ul style="list-style-type: none"> 5 interviews met producenten
2	<ul style="list-style-type: none"> Publicaties van o.a. 450Alliance, Telecompaper, Policytracker, 3GPP, CEPT en ECC Persberichten Europese netwerkbedrijven Marktconsultaties en nieuwsberichten Europese overheidsinstellingen 	<ul style="list-style-type: none"> Vakinhoudelijke experts binnen Strict zijn constant op de hoogte van de laatste trends en ontwikkelingen op het gebied van mobiele professionele communicatie 	<ul style="list-style-type: none"> In diverse interviews zijn internationale ontwikkelingen besproken
3	<ul style="list-style-type: none"> Onderzoeksrapporten en trendanalyses sectoren beveiliging, industrie, landbouw, OOV, transport, utiliteit en zorg 	<ul style="list-style-type: none"> Marktkennis van met name de sectoren beveiliging, industrie, OOV, transport, utiliteit en zorg 	<ul style="list-style-type: none"> 14 interviews aan afnemerszijde
4	<ul style="list-style-type: none"> Websites en nieuwsberichten producenten, leveranciers, netwerkoperators en mobiele netwerkoperators 	<ul style="list-style-type: none"> Marktkennis van de professionele mobiele communicatie branche 	<ul style="list-style-type: none"> 18 interviews aan aanbiederszijde

Tabel 3 - Aanpak onderzoek

3 ECOSYSTEEM LTE450 APPARATUUR

Dit hoofdstuk start met een toelichting op de verwachte ontwikkelingen aangaande beschikbare communicatieapparatuur ten behoeve van professionele mobiele communicatiediensten in de PAMR-band. Vervolgens wordt gekeken naar beschikbare mobiele communicatieapparatuur, chipsets en modules die gebruikt kunnen worden in de PAMR-band.

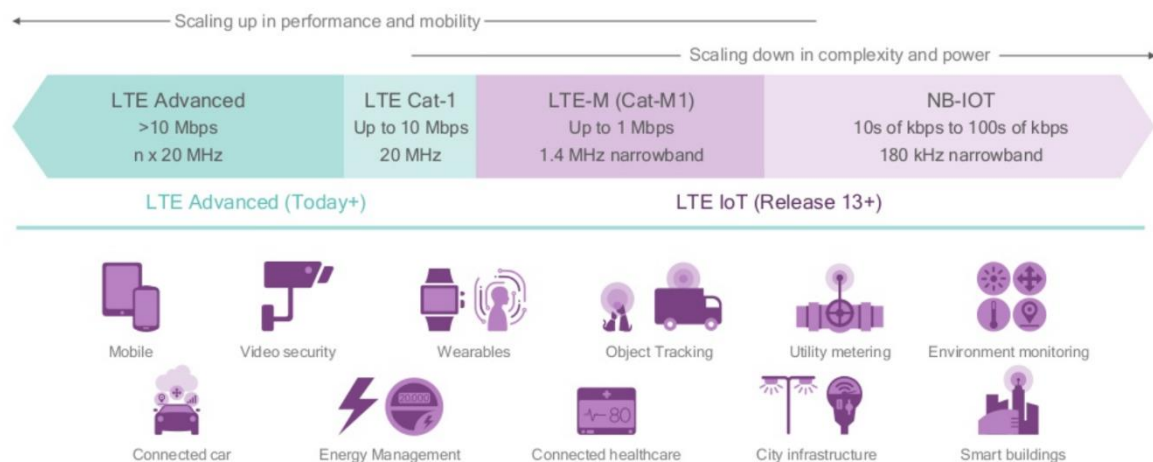
3.1 Marktonwikkeling

Om succesvol een mobiele telecommunicatiedienst te kunnen lanceren, is een ecosysteem nodig van frequentiespectrum, compatibele apparatuur; dienstenleveranciers en afnemers. Niet alleen moet er apparatuur beschikbaar zijn voor de netwerkinfrastructuur, maar moeten er ook devices zijn die van dat netwerk gebruik kunnen maken. Deze devices bevatten radiomodules, die weer gebaseerd zijn op chipsets. Bij netwerkapparatuur gaat het om een beperkt aantal benodigde eenheden, bij devices gaat het om grote aantallen. Met name chipsetleveranciers zijn op zoek naar grote aantallen, minimaal honderdduizenden of zelfs miljoenen. Het netwerk van de huidige vergunninghouder maakt gebruik van CDMA-technologie in de 450 MHz band. Wereldwijd zijn de afgelopen jaren veel publieke en niet publieke CDMA450-netwerken uitgezet en ontmanteld. Dat is ook een logische ontwikkeling, CDMA is gestart als tweede generatie netwerk (2G) en is doorontwikkeld tot derde generatie netwerk. CDMA heeft geen logische opvolger met achterwaartse compatibiliteit ('backward compatibility') in 4G.

Vele 2G en 3G netwerken worden nu uitgefaseerd en vervangen door LTE (4G) en 5G netwerken. Deze moderne netwerken geven consumenten veel hogere datasnelheden. Voor bestaande machine-to-machine (M2M) klanten is overstappen naar nieuwe netwerken veel moeilijker vanwege de kosten en de locatie van de apparatuur. 2G netwerken met veel bestaande M2M klanten zullen daarom waarschijnlijk nog niet op korte termijn worden uitgeschakeld.

Door de afnemende vraag naar CDMA-technologie, verandert ook de focus van leveranciers. Deze ligt nu volledig op LTE (4G) technologie voor de 450 MHz band. Daarbij wordt vooral gekeken naar Internet of Things (IoT) dienstverlening, met behulp van LTE-M en NB-IoT.

In figuur 1 is schematisch weergegeven welke technologie het meest passend is voor bepaalde toepassingen. We gaan in dit rapport verder niet in op de marktpenetratie van deze technologieën binnen de onderzochte sectoren.



Figuur 1 - Overzicht LTE technologieën (bron: Qualcomm)

LTE-M en NB-IoT maken het mogelijk om grote aantallen gebruikers met lage bandbreedte aan te sluiten, waarbij LTE-M ook nog de mogelijkheid biedt voor spraak. LTE-M en NB-IoT zijn nu beide volwassen technologieën met grote ecosystemen, waarbij NB-IoT vooral gericht is op devices met batterijvoeding. De toepassing van beide technologieën vindt tot nu toe vooral in de 800 MHz frequentieband plaats.

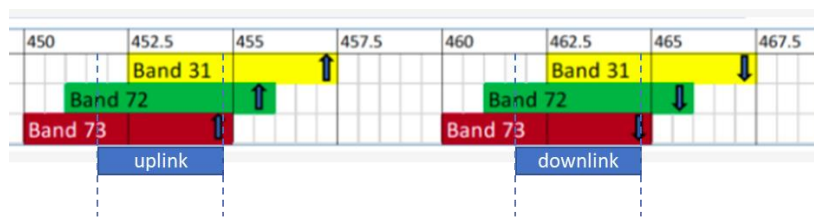
LTE op 450 MHz krijgt nu ook meer aandacht, onder andere omdat Polen besloten heeft om tot 14 miljoen slimme meters uit te rollen, naast andere toepassingen (zie paragraaf 4.11). Hierdoor is het plotseling interessant geworden voor chipsetleveranciers om producten voor deze band te ontwikkelen. Enkele maanden na deze beslissing is bijvoorbeeld de fabrikant Telit met een LTE-M en NB-IoT module op de markt gekomen voor de LTE450 band, de ME310G1-W2.

De relevante, door 3GPP voor LTE gespecificeerde frequentiebanden zijn de afgelopen jaren uitgebreid vanwege frequentiebeperkingen in sommige landen, zie onderstaande tabel.

Band nummer	Frequentie	Uplink (MHz)	Downlink (MHz)	LTE bandbreedtes (MHz)
31	450	452,5 – 457,5	462,5 – 467,5	1,4 – 3 – 5
72	450	451 – 456	461 – 466	1,4 – 3 – 5
87	410	410 – 415	420 – 425	1,4 – 3 – 5
88	410	412 – 417	422 – 427	1,4 – 3 – 5

Tabel 4 - Bandindeling LTE450

De huidige Nederlandse licentie betreft 2 x 3 MHz (uplink 451,76875 – 454,76875 MHz en downlink 461,76875 – 464,76875 MHz), aangegeven met de blauwe blokken in onderstaande figuur. Dit past in band 72, maar ligt deels buiten band 31.



Figuur 2 – Bandindeling LTE450 (bron: 450Alliance)

Nieuwe apparatuur ondersteunt zowel band 31 als 72, bestaande apparatuur ondersteunt band 31. Het biedt voordelen om de huidige licentie te verschuiven zodat deze volledig in het overlappende deel van band 31 en band 72 valt. Zo kan het LTE450 ecosysteem voor beide banden optimaal worden ondersteund.

LTE is een robuuste maar ook complexe technologie die ontwikkeld is voor breedbandtoepassingen op 20 MHz breed spectrum. LTE kan echter ook worden toegepast op 2 x 1,4, 3 of 5 MHz breed spectrum. De overhead t.g.v. signalering van LTE verbindingen blijft globaal constant, waardoor er bij 2 x 1,4 en 2 x 3 MHz spectrum relatief veel overhead in de verbindingen zit. Vanaf toepassing van 5 MHz is de verhouding tussen overhead en data beter in balans. Zowel LTE-M met een carrier van 1,4 MHz als NB-IoT met een carrier van 0,18 MHz zijn geoptimaliseerd voor smallere kanaalbreedtes en daarmee efficiënter dan LTE. Tenslotte heeft LTE-M nog een aantal voordelen ten opzichte van NB-IoT, waaronder de ondersteuning van firmware updates over de mobiele verbinding.

3.2 Netwerkleveranciers

Alle grote netwerkleveranciers leveren LTE450 apparatuur. In Europa zijn Nokia en Ericsson volop actief. Ook ZTE en Huawei kunnen LTE450 systemen leveren. Ericsson en Nokia zijn beiden betrokken bij de Proof of Concept van LTE450 in Polen. Leveranciers bevestigen dat een systeem op deze band door de lage frequentie een groot bereik en ook veel doordringend vermogen heeft.

Toepassingen op uitgestrekte terreinen en moeilijke omgevingen (zoals bijvoorbeeld chemische fabrieken, havens en mijnbouw) zorgt voor vraag uit de markt. Daarnaast ontstaat er steeds meer interesse voor Private Netwerken met eigen frequenties vanwege de behoefte aan controle en beschikbaarheid. Uit onderhavig onderzoek blijkt dat die interesse in de meeste marktsectoren vooral uitgaat naar breedbandige toepassingen, waarvoor de PAMR-band onvoldoende mogelijkheden biedt.

3.3 Modules en chipsets

Een module is iets wat als communicatiemiddel kan worden toegevoegd aan een device (zoals een internetrouter of een slimme meter). Een chipset is de daadwerkelijke actieve component, maar kan niet zelfstandig functioneren. In feite is dit een onderdeel van een module.

In het onderzoek van Dialogic/TU Eindhoven uit 2017 werden de volgende leveranciers genoemd:

- Chipsets: Altair, HiSilicon, GCT, Neul¹, Qualcomm en ZTE.
- Modules: AsiaTelco, Cellient, Hucom, Telit en ZTE.

Onderstaande tabel geeft een geactualiseerd overzicht van de chipsets waar in het Dialogic/TU Eindhoven onderzoek uit 2017 aan wordt gerefereerd.

Fabrikant	Product	LTE Categorie	PAMR-band ondersteuning ²	Opmerking
Altair	FourGee 3800 / 6300	Cat 4	Vanaf 400 MHz	Getest in Ierland for LTE 410-430 MHz
Altair	ALT1250	Cat-M/NB-IoT	B31, B72, B73, B87, B88	Toegepast in Brazilië
GCT	GDM7243ST	Cat 4	Vanaf B31	Getest in Ierland for LTE 410-430 MHz
HiSilicon	Kirin 950			Geen informatie meer over gevonden
Leadcore Technology	LC1881			Geen informatie meer over gevonden
Mediatek	MT2625	NB-IoT	Niet aangegeven	Gelanceerd in 2017
Sanechips	RoseFinch7100	NB-IoT	Niet aangegeven	Gelanceerd in 2017
Sequans	Cassiopeia SQN 3220 / 3242 / 3244	Cat 1/4/6	Vanaf 170 MHz	
Qualcomm	MDM9205	Cat-M, NB-IoT	B31, B71, B72, B73, B85	
ZTE	WiseFone 7510			Geen informatie meer over gevonden

Tabel 5 - Overzicht chipsets LTE450

¹ Neul is reeds in 2014 overgenomen door Huawei en is niet meer als zelfstandig merk actief.

² Vaak worden meer frequentiebanden ondersteund; hier worden alleen de banden rond de PAMR-band genoemd.

De volgende modules zijn genoemd in literatuur of gevonden op het internet:

Fabrikant	Product	LTE Categorie	PAMR-band ondersteuning	Opmerking
Asiatelco	LM66	Cat-M, NB-IoT	B31, B72, B73, B87, B88	Gelanceerd juni 2019
Harvilon	LM105	Cat 4	B3, B7, B20, B31	
Jaton	JM310	Cat 4	B31	
KZ Tech	Cat 5 PCIe Modules	Cat 5	B31	
NTmore	NTLM-100	Cat 3	Onbekend	Koreaanse fabrikant
SIMCom	SIM7070E	Cat-M, NB-IoT	B31, B72	Gelanceerd mei 2020
Telit	ME310G1-W2	Cat-M, NB-IoT	B1, B3, B5, B8, B20, B28, B31, B72	Gelanceerd mei 2020
Unitac	SkyLink V-FL500	Cat 3		NTmore modem
Quectel	BG95-M4	Cat-M, NB-IoT	o.m. B31, B72, B73, B85	Nog in ontwikkeling, verwacht 2020

Tabel 6 - Overzicht modules LTE450

De volgende punten worden hierbij opgemerkt:

- Vooral de Quectel en Telit modules lijken geschikt voor grote aantallen, onder andere omdat hier grote bedrijven achter zitten met vertegenwoordiging in Europa.
- Een aantal andere leveranciers, waaronder Sierra Wireless en uBlox, heeft nog geen product gelanceerd. Sierra Wireless geeft wel aan de markt in de gaten te houden.
- De LTE modules die hogere bandbreedtes aankunnen (Cat 4 en hoger) lijken vooral voor smartphones bedoeld, niet voor IoT toepassingen.
- Andere fabrikanten genoemd door de 450 MHz Alliance, zoals Avenor, Cellient en Aquila, hebben de afgelopen 2 jaar geen producten gelanceerd voor LTE450.
- Recente modules zijn allemaal gericht op IoT toepassingen, met lage datasnelheden en stroomgebruik.
- De 450 MHz band (B31) zal in de komende jaren niet worden toegevoegd aan chipsets voor de consumentenmarkt. Daarmee lijkt het niet grootschalig beschikbaar te komen in smartphones, maar altijd een nichemarkt te blijven.

3.4 Devices

Voor industriële toepassingen zijn sinds enige jaren routers beschikbaar, zoals de VirtualAccess GW2027. Deze DIN rail router ondersteunt indien gewenst naast CDMA450 ook LTE450. Over het algemeen worden dit soort devices gemaakt op bestelling, met een minimale bestelgrootte.

Voor LTE450 zijn ook specifieke handhelds beschikbaar voor spraakcommunicatie, zoals bijvoorbeeld de Huawei EP821. Dit device is al in 2015 gelanceerd; een opvolger lijkt nog beschikbaar. Hoewel wereldwijd de markt voor

MCX devices groeit, blijft de markt voor LTE450 handhelds zeer beperkt. Ontwikkeling van MCX devices vindt voornamelijk plaats in de hogere frequentiebanden (voor mobiele operators) en in de CBRS-band (3,5 GHz).

In juni 2020 is de eerste slimme meter met LTE-M module op de 450 MHz band op de markt gekomen, ontwikkeld door Sanxing Medical & Electric en Intelloport Solutions. Het is de SX631 – S34U18 3 fasen slimme meter.



Figuur 3 – LTE450 Devices – Industriële router, LTE450 handheld en slimme meter

Conclusie: Het ecosysteem van LTE450 is zich duidelijk positief aan het ontwikkelen. De markt lijkt zich vooral te richten op IoT (LTE-M en NB-IoT) chipsets en modules.

4 EUROPESE SITUATIE

In dit hoofdstuk wordt gekeken hoe andere Europese landen de frequentieband op soortgelijke wijze hebben bestemd, welke ontwikkelingen er zijn op het gebied van wet- en regelgeving, wat daar de maatschappelijke behoeften zijn en wat de ontwikkelingen zijn in het gebruik. Het is gebleken dat in Europa de energiesector en de openbare orde en veiligheidssector (OOV)³, worden gezien als de belangrijkste doelgroep van de PAMR-band.

Een overzicht van de huidige situatie in de onderzochte Europese landen is weergegeven in onderstaande tabel. In de volgende paragrafen wordt de situatie per land verder kort toegelicht.

Land	Toelichting
België	Vooralsnog niet
Denemarken	Overgegaan naar LTE450
Duitsland	Discussie over LTE450
Verenigd Koninkrijk	Vooralsnog niet
Finland	LTE450 sinds 2015
Frankrijk	Vooralsnog niet
Hongarije	LTE450 sinds 2016
Ierland	In 2019 een licentie uitgegeven voor LTE410, roll-out gestart
Italië	Vooralsnog niet
Noorwegen	Overgegaan naar LTE450, onderzoek naar LTE410
Polen	Gekozen voor LTE450
Portugal	LTE450 in gebruik sinds 2017 voor besturing electriciteitsnet
Oostenrijk	Nog op CDMA450, LTE450 tests. Oostenrijks LTE450 netwerk gaat live in 2020
Roemenië	Vooralsnog niet
Spanje	LTE450 sinds 2019
Tsjechië	LTE410 sinds 2019
Zweden	LTE450 sinds 2015
Zwitserland	Vooralsnog niet

Tabel 7 - Overzicht landensituatie

4.1 België

België heeft een vergelijkbaar landelijk netwerk voor OOV als C2000 in Nederland, genaamd Astrid, eveneens werkend in de 380 – 400 MHz band. Net als in Nederland is de 410 – 430 MHz band toegekend aan

³ OOV staat internationaal bekend als PPDR (Public Protection and Disaster Relief).

portofoniediensten. De frequenties van 440 MHz tot 470 MHz worden gebruikt voor lokale paging systemen. De 450 MHz frequentieband heeft op dit moment nog geen relevantie voor PAMR.

Vanuit de utiliteitssector of andere marktsectoren is geen behoefte aan een landelijk netwerk in de PAMR-band. Er is vanuit de OOV sector wel behoefte aan breedbandige communicatie (naast de huidige 'national roaming' oplossing Blue Light Mobile). Hier wordt onder andere gekeken naar Nederlandse ontwikkelingen.

4.2 Denemarken

In Denemarken is Net1 actief als mobiele operator op 450 MHz. Sinds 2015 maken zij gebruik van LTE450 technologie. Net1 is ook actief in Noorwegen en Zweden (Teracom). Gezamenlijk hebben zij daar 700.000 klanten, zowel consumenten als bedrijven. Met ongeveer 30 zendmasten en een bereik tot 60 km van de mast heeft 98% van Denemarken dekking. Naast allerlei industriële M2M/IoT-toepassingen wordt de frequentieband ook gebruikt voor internettoegang in afgelegen gebieden.

De licentie van Net1 verloopt in januari 2022. In juni 2020 heeft Net1 een verlenging gekregen tot einde 2037 voor 50.000 Deense Kronen (omgerekend ongeveer 8.000 Euro). De veiling die gepland stond voor 23 juni 2020, is niet doorgegaan, omdat er slechts één geïnteresseerde partij was.

4.3 Duitsland

Duitsland heeft met 450connect een CDMA450 netwerk, dat op dit moment ongeveer 20% geografische dekking biedt. Huidige klanten zijn energiebedrijven, maar men wil LTE450 landelijk gaan aanbieden bij klanten met een behoefte aan missiekritische mobiele netwerkverbindingen. 450connect is een dochter van Alliander en in bedrijfsjuridische zin vergelijkbaar met Utility Connect. Er is kortgeleden een samenwerking van verschillende utiliteitsdiensten gestart om gezamenlijk een LTE450 netwerk te kunnen uitrollen en de licentie van 450 MHz te verlengen. De huidige licentie van 450connect verloopt in 2020. 450connect heeft twee CDMA450 frequenties van 1,25 MHz. Een derde deel van de band (ook 1,25 MHz) is in handen van T-Mobile, die daar de afgelopen jaren geen diensten mee heeft aangeboden.

Volgens de Duitse utiliteitssector is een eigen missiekritisch netwerk noodzakelijk om bij problemen in het netwerk onderstations te kunnen schakelen. Publieke netten hebben voor deze sector niet de benodigde dekking en beschikbaarheid, zeker niet in situaties van stroomstoringen. Op dit moment loopt ook een marktverkenning door de Duitse overheid, en de OOV sector heeft ook interesse in deze frequentieband. Professionele hulpverleners zien grote voordelen in het grote signaalbereik en doordringend vermogen van dit frequentiegebied. Hun behoefte ligt meer op breedbandtoepassingen, niet op LTE-M en NB-IoT.

Zij willen daarbij 2 x 10 MHz in de 450 MHz band, waarvoor op dit moment nog geen standaard bestaat. De afweging is tussen enerzijds de utiliteitssector en anderzijds OOV. Het lijkt niet mogelijk om beide gebruikers te combineren in deze band. De keuze voor LTE als technologie lijkt nagenoeg wel zeker.

4.4 Verenigd Koninkrijk

Het Verenigd Koninkrijk heeft in 2014-2015 een onderzoek gedaan naar 420 – 470 MHz. Er zijn veel verschillende gebruikers in deze band, waaronder radar, defensie, spoorwegen en industrie. Daarnaast zijn in het Verenigd Koninkrijk de zend- en ontvangsfrequenties net andersom toegewezen in vergelijking met andere Europese

landen. Omdat er substantiële wettelijke aanpassingen noodzakelijk zijn om PAMR mogelijk te maken en er grote onzekerheid is over de business case voor nieuwe diensten, is een paar jaar geleden besloten om het bestaande frequentiebeleid niet te wijzigen.

De afgelopen jaren is er voor OOV veel aandacht geweest voor het Emergency Services Network (ESN), waarbij een publieke mobiele operator een missiekritische dienstverlening gaat leveren op 4G. Dit project heeft door diverse oorzaken inmiddels een aantal jaren vertraging.

Western Power Distribution (met ongeveer 8 miljoen klanten) heeft het afgelopen jaar een Proof of Concept uitgevoerd met behulp van LTE in de 410-430 MHz band (LTE410). Dit onderzoek is uitgevoerd samen met de Joint Radio Company en heeft zich vooral gericht op de vervanging van de besturing van het SCADA netwerk en het stroomnet. De resultaten zijn positief, men denkt een kosteneffectief netwerk te kunnen bouwen. Het is nog niet bekend of dit zal leiden tot aanpassingen in het frequentiebeleid.

4.5 Finland

In Finland is een aantal jaren geleden een LTE450 netwerk gelanceerd als opvolger van het CDMA450 netwerk. Het werd met name gebruikt voor missiekritische dienstverlening. Het netwerk is door de operator (Ukkoverkot) verkocht aan een publieke operator (Elisa), met name omdat het in stand houden van landelijke dekking een te moeilijke business case heeft. Ukkoverkot (nu Edzcom) levert nog steeds diensten op bepaalde locaties, zoals havens en luchthavens. Daarvoor hebben ze nog het gebruiksrecht van de frequentie.

Men heeft geleerd dat LTE450 vooral geschikt is voor lage of middelmatige datasnelheden (enkele Mbit/s), waarbij de getransporteerde data een hoge waarde heeft. De concurrentie met mobiele operators voor het leveren van internettoegang is op LTE450 uiteindelijk niet rendabel. Zodra een publieke operator ergens een zendmast heeft geplaatst, kunnen die veel hogere datasnelheden bieden tegen lagere prijzen.

4.6 Frankrijk

Het bovenste deel van de 450 MHz band is deels toegewezen aan meteorologie via satelliet, wat toewijzing aan andere diensten bemoeilijkt. Daarnaast zijn er veel smalbandige portofoniegebruikers, waardoor er geen ruimte is voor PAMR licenties.

De OOV sector maakt nu grotendeels gebruik van een eigen standaard (TETRAPOL), die men de komende jaren wil migreren naar LTE technologie.

Bij publieke en veiligheidsdiensten zijn er veel ontwikkelingen. Door de terroristische aanslagen hebben een aantal publieke partijen (metro, spoorwegen, luchthavens, gemeentelijke organisaties en anderen) een eigen frequentieband toegewezen gekregen in de 700 MHz band.

In Frankrijk worden slimme meters (Linky) uitgerold naar alle 35 miljoen aansluitingen. Deze meters communiceren over Power Line Communication (PLC) naar het elektriciteitsnetwerk. Er is vanuit deze sector geen behoefte aan PAMR diensten te verwachten.

4.7 Hongarije

In Hongarije is op de 450 MHz band MVM Net actief, een netwerkoperator die diensten levert aan allerlei overheidsdiensten. Sinds 2016 hebben zij een missiekritisch LTE450 netwerk. Het netwerk is bedoeld voor slimme meters en besturing van het elektriciteitsnetwerk. Ook lokale overheden, gezondheidszorg, de OOV sector, onderwijs en relevante organisaties worden van diensten voorzien. Smart city applicaties zoals sensoren in parkeerplaatsen is een voorbeeld van de dienstverlening. In Hongarije is een ecosysteem ontstaan van lokale leveranciers van apparatuur.

4.8 Ierland

In Ierland heeft ESB Networks Telecoms (onderdeel van de nationale Electricity Supply Board) in november 2019 een licentie gekregen voor in totaal 2 x 4 MHz spectrum in de 410 MHz band. Deze band is begin 2019 als Band 87 gestandaardiseerd voor LTE. De licenties (bestaande uit 2 x 3 MHz en 2 x 10 licenties van 100 kHz elk) zijn geldig voor 15 jaar en kosten eenmalig € 320.000, met een jaarlijkse fee van € 52.000. Het netwerk wordt nu uitgerold voor de besturing van het elektriciteitsnet in kader van de ontwikkeling richting een smart grid.

ESB heeft meerdere jaren onderzoek verricht naar de behoefte aan een National Radio Access Network. Uiteindelijk heeft men gekozen dit netwerk te gaan bouwen. Het missiekritische netwerk wordt gebouwd vanwege eisen met betrekking tot dekking, cybersecurity en beschikbaarheid van diensten.

4.9 Italië

Er zijn geen ontwikkelingen op het gebied van de 450 MHz band bekend in Italië. De band is nu vooral toegewezen aan smalbandige PMR netwerken voor spraaktoepassingen en private netwerken.

Italië heeft in het verleden al veel slimme meters uitgerold die via Power Line Communication (PLC) en radioverbindingen op 169 MHz werden verbonden. Italië heeft NB-IoT op het oog voor de verbinding van de gasmeters.

4.10 Noorwegen

In Noorwegen is ice.net, onderdeel van Net1, actief met een LTE450 netwerk. Dit netwerk wordt gebruikt om breedband diensten aan vooral consumenten te leveren. Er is wel sterke concurrentie met andere publieke 4G netwerken, die op hogere frequenties met meer bandbreedte hogere datasnelheden kunnen leveren.

Voor de LTE410 band is er door de overheid in mei 2020 een consultatie gehouden, vooral gericht op IoT toepassingen. De uitkomsten zijn op moment van schrijven nog niet bekend.

4.11 Polen

De grootste elektriciteitsfirma in Polen (PGE) heeft het recht gekregen om landelijk de 450 MHz frequentie te gebruiken. Sinds begin 2020 wordt er een Proof of Concept uitgevoerd met Nokia en Ericsson. De doelstelling is om uiteindelijk naast 14 miljoen slimme meters, ook 35.000 onderstations te kunnen bewaken en schakelen en daarnaast radiocommunicatie te verzorgen voor 15.000-20.000 monteurs. Door de duidelijke keuze om deze technologie voor de slimme meters te gaan gebruiken, is het voor chipset- en moduleleveranciers interessant geworden om LTE450 producten te gaan aanbieden.

4.12 Portugal

In Portugal maakt EDP (de grootste elektriciteitsleverancier) sinds 2017 gebruik van LTE450 voor SCADA en smart grid toepassingen. Door een eigen missiekritisch communicatie netwerk te gebruiken kon men beter vertrouwen op de verbindingen voor de besturing. Ten opzichte van de publieke netwerken die men daarvoor toepaste had men 80% minder verstoringen, iets wat voor een EDP belangrijke reden was om een eigen netwerk te kiezen.

4.13 Oostenrijk

Argonet heeft een landelijk 450 MHz netwerk gebaseerd op CDMA-technologie, wat naast slimme meters gebruikt kan worden voor toepassing op het vlak van verkeer, zorg, transport en industrie. Het netwerk is mede geïnspireerd door de Nederlandse situatie. Argonet heeft de ambitie om in 2020 te starten met dienstverlening op basis van LTE en LTE-M in de 450 MHz band. De 15-jarige licentie is in 2014 uitgegeven en loopt tot einde 2029.

4.14 Roemenië

Tot 2013 heeft operator Telemobil een CDMA450 netwerk gehad. Daarna is de licentie niet meer gebruikt. Ancom, de overheidsdienst die frequenties beheert, heeft in 2012 de 450 MHz band aangeboden aan mobiele operators. Zij hadden geen interesse. Ancom heeft in 2015 een nieuwe consultatie gedaan voor de 450 MHz en de 410 MHz banden. PMR en PAMR netwerken mogen voor deze frequentie licenties aanvragen, bijvoorbeeld om te gebruiken voor openbare orde en veiligheid. Er zijn geen recente ontwikkelingen bekend.

4.15 Spanje

Telefonica komt uit Spanje maar heeft in Brazilië een van de eerste LTE450 netwerken wereldwijd gebouwd, iets waarover al in 2012 werd gesproken. Dit betrof spraak en internettoegang in afgelegen gebieden. In 2019 zijn daar additionele investeringen gestart. In Spanje is men naar verluidt ook gestart met LTE450 uitrol, maar er is nog niets gepubliceerd over wanneer diensten beschikbaar komen. De 450 MHz band staat geregistreerd als OOV / PPDR band.

4.16 Tsjechië

Tot juni 2019 heeft O2 in Tsjechië een CDMA450 netwerk gehad. Men wil de licentie opnieuw gaan gebruiken voor LTE450 dienstverlening, maar over de planning is nog niks bekend.

Nokia en de Tsjechische operator Nordic TeleCom hebben een LTE-netwerk gebouwd in de 410-430 MHz-band. Het netwerk is bedoeld voor missiekritische communicatie en diensten voor de OOV sector.

Nordic Telecom heeft in 2020 een RFP gelanceerd, waarin vooral gevraagd wordt naar beschikbare devices voor missiekritische spraak- en videocommunicatie met LTE410 ondersteuning.

4.17 Zweden

Zweden heeft sinds vele jaren 450 MHz netwerken. Het LTE450 netwerk is sinds 2015 in bedrijf. Het staatsbedrijf Teracom heeft in 2019 het netwerk van Net1 overgenomen. Vanaf medio 2020 wordt het netwerk gemoderniseerd en krijgt het 4G/5G functionaliteit. Op dit moment is de 450 MHz band overigens nog niet gestandaardiseerd als

5G band. Het Teracom netwerk wordt gebruikt voor missiekritische diensten voor besturing van elektriciteit- en waterdistributienetwerken, bosbeheer en betalingsdiensten. Klanten zijn zowel overheid als private organisaties met missiekritische behoeften.

4.18 Zwitserland

Zwitserland heeft het 450 MHz spectrum toegewezen aan PMR gebruikers, analoog en digitaal, en aan de spoorwegen. Men heeft in januari 2020 nog aangegeven geen plannen te hebben om aanpassingen te doen.

Op de 410 MHz band zijn TETRAPOL, TETRA en PMR diensten (analoog en digitaal) in gebruik. Er zijn frequenties beschikbaar voor digitale technologie.

De energiesector is bezig met de verdere uitrol van slimme meters, waarbij bestaande PLC en 2G verbindingen nu door 4G IoT oplossingen (NB-IoT en LTE-M) worden vervangen.

Conclusie:

- Er zijn grote verschillen in maatschappelijke ontwikkelingen, geografie en ook in het gebruik van de 450 MHz band binnen Europa. Toepassingen behelzen naast telemetrie/IoT-diensten, waaronder uitlezen van slimme meters, ook breedband internettoegang en portofonie. Op plekken waar CDMA450 aanwezig is of was, wordt volop ingezet op LTE450 netwerken.
- De meeste CDMA450 netwerken zijn kleinschalig van aard, waardoor een verandering van technologie eenvoudiger is dan netwerken met veel (consument) gebruikers.
- In Polen is ervoor gekozen om grootschalig LTE450 te gaan toepassen, waardoor het ecosysteem een positieve boost krijgt.
- In Duitsland is er nog een strijd tussen OOV en de utiliteitssector over het verkrijgen van de 450 MHz licentie.
- Grootschalige toepassing van CDMA450 voor slimme meters zoals in Nederland komt nagenoeg niet voor in andere Europese landen.

5 BEHOEFTE EINDGEBRUIKERS

Dit hoofdstuk brengt de behoefte van eindgebruikers van professionele mobiele communicatie ten aanzien van de PAMR-band in kaart. Daarbij is gekeken naar huidige toepassingen binnen de belangrijkste sectoren, alsmede naar toekomstige ontwikkelingen. We hebben het beeld dat in dit hoofdstuk is geschetst samengesteld op basis van interviews, onze kennis en ervaring in deze markt en literatuuronderzoek. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een conclusie ten aanzien van de specifieke behoefte van de markt aan (oplossingen in) de PAMR-band.

5.1 Beveiliging

De beveiligingssector bestaat voor het grootste deel uit bedrijven die personele diensten aanbieden en beveiligingsproducten en -diensten leveren. Een deel van de sector gebruikt portofonie voor spraakcommunicatie. Deels zijn dit private systemen van derden (objecteigenaren), maar deels worden ook diensten van landelijke operators gebruikt. Gezien de aard van het werk betreft het veelal vaak missiekritische communicatie. De behoefte aan spraakdiensten blijft in de toekomst bestaan. De vraag naar (breedbandige) datadiensten zal naar verwachting de komende 5 – 10 jaar toenemen door het gebruik van bodycams.

Het beeld van de onderzoekers is dat de sector geen behoefte heeft aan eigen spectrum om deze dienstverlening in te vullen. Een dienst van een operator in de 450 – 470 MHz band is alleen interessant indien deze dienstverlening missiekritisch is (hoge beschikbaarheid), voldoende functionaliteit biedt en voordeliger is dan de thans beschikbare alternatieven. Indoordekking is in veel objecten een vereiste.

5.2 Industrie

De sector industrie is zeer breed en strekt zich uit van midden- en kleinbedrijf tot grote chemie- en staalconcerns. Vooral in de grotere bedrijven, en voor speciale toepassingen, bestaat de behoefte aan draadloze communicatie. Voor bedrijfscommunicatie is dat vaak portofonie voor missiekritische spraak. Als trend wordt aangegeven dat er groeiende behoefte is aan hoog-beschikbare communicatiediensten voor IoT-toepassingen en dat 'predictive maintenance' steeds belangrijker aan het worden is. De sector geeft aan dat private LTE en 5G interessant zijn maar dat indoor dekking hierbij nog wel als een uitdaging wordt gezien. We zien dat soms gebruik gemaakt wordt van een eigen netwerk op het eigen terrein (meestal PMR/portofonie), aangevuld met diensten van publieke mobiele operators. Partijen geven aan dat het mogelijk interessant kan zijn als er een landelijke aanbieder zou zijn voor spraak- en datadiensten, mits deze voldoende toegevoegde waarde tegen een gunstig tarief biedt. Verschillende organisaties kijken ook uit naar publieke 4G/5G diensten met hoge beschikbaarheid als opvolger van eigen PMR netwerken, met name wanneer deze aan vervanging toe zijn. De sector geeft aan te beschikken over voldoende alternatieven, waaronder (IoT-)diensten via de publieke operators en voor sommige toepassingen ook (private) LoRa, waardoor er geen specifieke behoefte is aan (eigen) spectrum of dienstverlening door derden in de 450 – 470 MHz band.

5.3 Landbouw

Binnen de landbouwsector ontstaat een groeiende vraag naar datadiensten. Er worden al jaren pilots gedraaid met onder andere precisielandbouw in combinatie met 4G en 5G, bijvoorbeeld voor sensoren, drones, remote detectie en videobeelden. Er wordt in toenemende mate geïnvesteerd in landbouwinnovatie, mede dankzij het

beschikbaar komen van subsidies. Door teruglopende inkomsten moet er steeds efficiënter gewerkt worden. Door dalende kosten van technologie wordt dit voor meer agrariërs bereikbaar.

Investeren in een eigen (lokaal of landelijk) netwerk in de 450 – 470 MHz band is voor de landbouwsector niet aan de orde. De expertise ligt bij marktpartijen in de telecommunicatie en niet in de landbouw. De sector is wel geïnteresseerd in een landelijke dienst voor invulling van hun communicatiebehoefte, mits die functioneel en prijstechnisch gunstiger is dan de thans gebruikte technologieën. Daarbij is dekking wel een uitdaging, omdat veel agrariërs in een buitengebied of op grensgebieden wonen, waar het bereik van huidige publieke netwerken regelmatig te wensen over laat. De PAMR-band lijkt mogelijkheden te bieden om een deel van de behoeften van de sector in te vullen.

5.4 Transport

De transportsector gebruikt op dit moment veelal eigen bedrijfscommunicatiesystemen voor portofonie ten behoeve van missiekritische spraak, onder meer op basis van TETRA. Daarnaast wordt gebruikt gemaakt van diensten van publieke mobiele operators en zijn er systemen in gebruik die op andere gelicenseerde frequentiebanden werken. In de gehele transportsector wordt in steeds meer processen gebruik gemaakt van sensoren en IoT, onder andere voor het monitoren van verkeersstromen en predictive maintenance. We signaleren een trend naar standaardisering (3GPP) en harmonisatie (meer diensten met dezelfde type carrier) van de toegepaste mobiele communicatietechnologie.

Op dit moment kan binnen de gehele sector de behoefte aan professionele mobiele communicatie afgedekt worden via eigen systemen en/of door gebruik te maken van diensten van derden, waaronder publieke mobiele operators. De sector ziet - ook op termijn - geen toegevoegde waarde in een (extra) eigen netwerk in de PAMR-band of een dienst door een derde partij in die band.

5.5 Zorg

In de zorgsector bestaat een aanzienlijke vraag naar spraak- en alarmeringsdiensten (waaronder alarmontvangers, “piepers”). Waar de vraag naar spraakdiensten stabiel is, zien we dat de vraag naar datadiensten toeneemt. Enerzijds betreft dat IoT-achtige diensten. Deze zijn te verdelen in missiekritische diensten voor bijvoorbeeld remote monitoren van patiënten en/of apparatuur, en niet-kritische diensten zoals bijvoorbeeld het traceren van medische (instrumenten, infuuspompen) en niet—medische (rolstoelen, bedden) assets. Ook alarmeringsdiensten kunnen worden beschouwd als een IoT-dienst. Anderzijds groeit de behoefte aan breedbandige mobiele verbindingen met een lage vertragingstijd. Een voorbeeld hiervan zijn experimenten met de tele-ambulance, waarbij medische gegevens en foto’s/scans real-time vanuit de ambulance met het ziekenhuis kunnen worden gedeeld. Maar ook in ziekenhuizen groeit de behoefte aan mobiel breedband: er zijn initiatieven om bijvoorbeeld operatiekamers grotendeels draadloos te maken, zodat er flexibeler met apparatuuropstellingen kan worden omgegaan en er meer bewegingsvrijheid is voor het medisch personeel. Hierdoor is er grote behoefte aan goede indoor dekking en hoge beschikbaarheid van het netwerk. Zowel de spraak- en alarmeringsdiensten als de breedbanddiensten hebben een missiekritisch karakter. Voor de breedband diensten zijn – vanwege de hoge datasnelheid – kleine cellen of grote frequentieruimte noodzakelijk.

De hier geschetste behoeften kunnen onvoldoende worden afgedekt met de PAMR-band, omdat de beschikbare bandbreedte te beperkt is. Voor diepe indoor dekking wordt 450 MHz ongeschikt geacht, tenzij ingekoppeld wordt

op een in pandig antennesysteem (DAS). Hieraan zijn echter hoge kosten verbonden. Voor IoT-achtige diensten ziet men veel meer in diensten van de publieke operators en private LTE en op termijn private 5G.

5.6 Utiliteitsector

In de utiliteitssector zien we dat distributienetten voor elektriciteit, water en gas in toenemende mate worden voorzien van controle- en besturingsmechanismen. Dat betekent dat deze netwerken in toenemende mate connectiviteit nodig hebben om deze op afstand te kunnen bedienen. Dit is een verandering ten opzichte van de huidige situatie waarin alleen sprake is van monitoring en niet van besturing. Besturing van distributienetten, waaronder 'load balancing', is een zeer kritisch proces. Voor schakelacties op lagere hiërarchische niveaus in de distributienetwerken is draadloze infrastructuur kostengunstiger dan bijvoorbeeld glasvezel. Deze draadloze communicatie moet dan wel een zeer hoge beschikbaarheid hebben. Door de kenmerken van de PAMR-band is deze hiervoor zeer geschikt. Daarmee is de utiliteitssector één van de belangrijkste doelgroepen voor missiekritische professionele communicatie.

De connectiviteitsbehoefte is voor alle netbeheerders vrijwel identiek. Betrouwbaarheid en beschikbaarheid van het netwerk worden als primaire behoefte genoemd. Daarnaast spelen veiligheid, latency en betaalbaarheid ook een grote rol. Interessant is dat de grootste netbeheerders Stedin, Alliander en Enexis niet allemaal dezelfde keus hebben gemaakt ten aanzien van de invulling van deze connectiviteitsbehoefte. Stedin en Alliander maakten de keuze voor een eigen netwerk (aangevuld met publiek GPRS). Enexis koos voor een oplossing van een eigen virtueel core netwerk (MVNO) in combinatie met GPRS radio verbindingen van een mobiele operator. Enexis spreekt van een PVNO – een Private Virtual Network Operator, waardoor zij controle hebben over de SIM kaarten en security aspecten. Enexis voorzag ook een migratie naar LTE/4G. In het Dialogic rapport wordt dieper ingegaan op de achtergronden voor de keuze van netbeheerders voor een bepaalde technologie.

Kijkend naar de toekomst, geven de drie netbeheerders aan hun huidige strategie te willen voortzetten. Enexis stapt binnenkort over naar nieuwere 4G IoT diensten op basis van LTE-M (ook Cat-M). Zij willen de technologische ontwikkelingen blijven volgen.

Stedin en Alliander geven aan dat betrouwbaarheid en beschikbaarheid nog steeds het best gegarandeerd wordt door het hebben van een eigen netwerk. Hierbij geven zij aan dat het van belang is dat het huidige CDMA netwerk in de lucht blijft, vanwege de meer dan 2 miljoen uitgerolde slimme meters in de afgelopen 5 jaar⁴. De strategie is om in de toekomst over te gaan naar LTE. Het kostenaspect speelt hierbij ook een grote rol. Assets van netbeheerders hebben een afschrijvingsperiode van 40 – 60 jaar, in groot contrast met connectiviteitsdiensten van mobiele netwerkoperators. De telecomsector heeft ongeveer elke 10 jaar een nieuwe technologie. Netbeheerders die momenteel gebruik maken van de PAMR-band geven aan dat ze het netwerk beschikbaar willen houden voor sectoren en organisaties uit de 'vitale sector' met dezelfde behoeften, zoals de utiliteitssector en de OOV-sector. Zo zou het mogelijk moeten blijven om kritische communicatie te blijven voeren tijdens calamiteiten, mocht bijvoorbeeld C2000 uitvallen.

Binnen de utiliteitssector vallen ook de water- en gasector. We typeren deze sectoren als een opkomende doelgroep voor missiekritische professionele communicatie. Ook Rijkswaterstaat is een potentiële kandidaat. Ook hier staat beschikbaarheid en betrouwbaarheid van netwerk voorop en zijn security en latency belangrijk. Anders

⁴ Zie verder het onderzoek van Dialogic: *Mogelijkheden voor het PAMR spectrum in relatie tot continuïteit van slimme meters* (2020).

dan de energiesector, waar de behoefte sterk gedreven werd vanuit aandacht voor slimme meters en duurzame energie, groeit de behoefte aan spraak- en datadiensten in de water- en gasector en bij Rijkswaterstaat wat meer geleidelijk. Toch zien we ook hier de groeiende behoefte aan connectiviteit:

- Er is steeds meer aandacht voor 'predictive maintenance' en het kunnen monitoren en besturen van bruggen en sluisen;
- Door de uitbreiding van bevoegdheden van wegininspecteurs groeit de behoefte aan missiekritische (spraak)communicatie;
- Met name voor calamiteiten heeft men behoefte aan landelijke dekking met gegarandeerde beschikbaarheid.

We constateren dat er in de water- en gasector en bij Rijkswaterstaat groeiende behoefte is aan connectiviteitsdiensten en dat er steeds meer nieuwe initiatieven ontstaan. Warmteleveranciers zijn vanaf 25 oktober 2020 verplicht om slimme warmtemeters te plaatsen bij nieuwe aansluitingen en niet-slimme meters moeten vóór 2027 zijn vervangen.

Samenvattend stellen we dat de utiliteitssector een sterke behoefte heeft aan een eigen missiekritisch netwerk op een lage frequentieband in verband met propagatie-eigenschappen, zodat ook binnenshuis goede dekking is. Gezien de eisen die de sector stelt aan draadloze communicatie voor invulling van hun behoeften, is de PAMR-band uitermate geschikt. Dat geldt ook voor andere partijen in de utiliteitssector dan alleen de netbeheerders.

5.7 OOV sector

De behoefte aan professionele mobiele communicatie in de OOV sector heeft voor een aanzienlijk gedeelte een missiekritisch karakter. OOV maakt nu gebruik van het C2000 netwerk in de 380 – 400 MHz band. Deze band is internationaal geharmoniseerd voor OOV-toepassingen, hetgeen heeft bijgedragen aan het succes van TETRA voor OOV in Europa door ontwikkeling van een specifiek ecosysteem. C2000 biedt missiekritische spraak, short data (SDS) en statusberichten. Breedbanddata wordt door TETRA niet ondersteund. De OOV sector heeft daar echter wel in toenemende mate behoefte aan. Inmiddels is besloten om een gedeelte van de 700 MHz band (namelijk 2 x 5 MHz + 2 x 3 MHz) toe te wijzen aan OOV in Nederland.

TNO heeft in 2017 onderzoek gedaan⁵ naar de noodzakelijke bandbreedte voor de OOV sector, zoals voor bodycams, hoge-resolutiecamera's en dergelijke. Dit onderzoek heeft uitgewezen dat 2 x 5 MHz niet voldoende is voor de breedband en videoverbindingen die de OOV sector wil gebruiken bij calamiteiten. Hiervoor is eerder 2 x 30 MHz noodzakelijk, zodat ook aan de randen van radiocellen voldoende capaciteit beschikbaar is.

De 450 MHz band en specifiek de 2 x 3 MHz die onderwerp is van dit onderzoek biedt voor OOV breedbandtoepassingen onvoldoende ruimte.

Een alternatief is een hybridemodel waarbij TETRA in de 380 – 400 MHz band samen met 2 x 3 MHz in de 450 MHz band en de spectrumgedeelten in de 700 MHz band, de behoefte van OOV kan invullen. Door de gefragmenteerde frequenties worden de netwerkinvesteringen substantieel hoger. Daarnaast levert dit uitdagingen op in de

⁵ *Facilitering missie-kritisch mobiel breedband voor het OOV-domein*, TNO-2017-R11193

benodigde chipsets, want een specifiek Nederlandse oplossing zal grote problemen geven met betrekking tot het device ecosysteem.

Voor de opvolger van het huidige C2000 systeem en invulling van de breedbandbehoeften loopt een apart onderzoek door Strict / Verdonck, Klooster & Associates in opdracht van het Ministerie van Justitie en Veiligheid. De uitkomsten van dit onderzoek zijn medio 2020 aan de Tweede Kamer toegezegd.

Zoals ook in 2017 door Dialogic / TU Eindhoven is onderzocht, is er vanuit verschillende ondersteunende veiligheidsmedewerkers (zoals bijvoorbeeld Rijkswaterstaat ambtenaren met BOA status) een behoefte die vrijwel gelijk is aan die van de OOV sector. Men wil voor de veiligheid mogelijkheden hebben voor push-to-talk, beschikbaarheid tijdens calamiteiten en groepsgesprekken. Ook is er steeds meer behoefte aan videocommunicatie, door bijvoorbeeld 360 graden camerabeelden beschikbaar te maken op de meldkamer.

5.8 Overwegingen

5.8.1 Beschikbaarheid

De communicatiebehoefte van gebruikersorganisaties heeft een directe relatie met de bedrijfsprocessen waarbinnen die communicatie noodzakelijk is. De toepassing, dus de aard van de communicatie, stelt zekere eisen aan de beschikbaarheid van de communicatieoplossing. Niet alle communicatie is even kritisch, en niet in alle gevallen is het erg als er een onderbreking is. In situaties waarbij het wegvallen van communicatie leidt tot levensbedreigend gevaar, spreken we van *missiekritische* communicatie. Bijvoorbeeld doordat bij hulpdiensten het contact tussen manschappen en commandant of andere eenheden en de meldkamer niet tot stand kan worden gebracht. Daar waar het wegvallen van communicatie leidt tot stagneren van bedrijfsprocessen en daardoor tot financiële schade, spreken we van *bedrijfskritische* communicatie. De grens tussen missiekritisch en bedrijfskritisch is overigens niet scherp te trekken. Gemeenschappelijk kenmerk is wel dat dergelijke communicatievoorzieningen een zeer hoge beschikbaarheid dienen te hebben, omdat uitval kan leiden tot slachtoffers of (im)materiële schade. Een uitval van enkele minuten tot hooguit enkele uren is daarbij nog acceptabel. De beschikbaarheid dient dan tussen de 99,99% en 99,999% te liggen.

Voor een aantal toepassingen van de PAMR-band gelden ook deze hoge beschikbaarheidseisen. Toepassing door OOV, voor indoor spraak- en datacommunicatie, of door energiebedrijven voor de besturing van energiedistributienetwerken, vereisen over het algemeen een dergelijke hoge beschikbaarheid.

Om een dergelijke hoge beschikbaarheid te kunnen realiseren moet er veel redundantie in het netwerk worden gebouwd, onder andere in de core, zendapparatuur, stroomvoorziening en transmissieverbindingen van/naar zendmasten. Daarnaast vinden geplande onderbrekingen (bijvoorbeeld voor onderhoud) alleen plaats met instemming van de gebruikers.

Publieke mobiele netwerken hebben minder uitgebreide redundantievoorzieningen en bieden geen beschikbaarheids garanties. De interne doelstelling voor mobiele netwerk operators ligt bijvoorbeeld op een beschikbaarheid van 99,9% of hoger. In de afgelopen jaren is 99,9% beschikbaarheid voor de Nederlandse mobiele operators een realistisch streven geweest, met ongeplande jaarlijkse verstoringen van totaal ongeveer 8 uur.

Aanpassingen en onderhoud aan mobiele netwerken vinden veelal 's nachts plaats, als de meeste consumentengebruikers er geen hinder van ondervinden. Dit zijn voor de publieke mobiele operators geplande onderbrekingen van de dienstverlening, maar voor de professionele gebruikers vaak niet bekend en dus ongepland. Vooral voor OOV en bewakingsdiensten zijn 's nachts juist de uren dat de verbinding belangrijk is. Het werkelijk beschikbaarheidspercentage van mobiele netwerken voor gebruikers ligt lager door gepland onderhoud en wijzigingen.

5.8.2 *Publiek versus privaat*

Bij veel organisaties met kritische communicatiebehoeften speelt het dilemma van het inzetten van een lokaal (privé) netwerk versus gebruik maken van de dienstverlening van een landelijke operator. Enkele partijen geven aan dat ze de dienstverlening van mobiele operators niet betrouwbaar genoeg vinden. Afnemers geven aan een voorkeur te hebben voor het inkopen van een communicatiedienst, maar uiteindelijk toch kiezen voor een eigen netwerk vanwege de volgende redenen:

- Meer operationele en strategische controle over het netwerk en de in te zetten technologie;
- Sneller oplossen van problemen en directe communicatie met betrokkenen, de prioriteit is direct duidelijk;
- Meer controle over veiligheidsaspecten en beslissingen daaromtrent;
- Hogere beschikbaarheid door missiekritisch ontwerpen en bouwen van het netwerk.

Veel organisaties zijn gewend aan lage maandelijkse kosten voor de mobiele verbinding van de publieke operator. Een gespecialiseerde operator met hoge beschikbaarheid heeft een beperkt aantal potentiële klanten en weinig schaalvoordelen. Deze operator zal veel hogere maandelijkse tarieven moeten vragen en slechts weinig organisaties zijn bereid dit te betalen.

5.9 **Toekomstverwachting 2030**

Aan de vraagzijde zien wij geen grote veranderingen ten opzichte van de trends die Dialogic en TU Eindhoven (2017) benoemen. Zo zien we dat de vraag op het gebied van spraakcommunicatie ook in 2018 – 2020 stabiel is gebleven. We verwachten ook richting 2030 hierin geen verandering. Daarnaast zien we dat de vraag naar IoT-toepassingen in alle onderzochte sectoren nog steeds stijgt en dit ook zeker tot 2030 zal doen. Daarbij is het belangrijk om te realiseren dat hoewel de technische ontwikkelingen op het gebied van IoT snel gaan, de organisaties vaak niet in het zelfde tempo overgaan tot implementatie vanwege praktische, financiële en organisatorische redenen. Een andere door Dialogic en TU Eindhoven genoemde trend die wij nog steeds signaleren is de ontwikkeling naar 'smart grids' in de utiliteitssector. Denk hierbij aan het kunnen monitoren en besturen van lokale en regionale energiedistributienetwerken ten behoeve van load balancing.

Naast de behoefte aan IoT-toepassingen is er een groeiende behoefte aan breedbandige toepassingen, waarvoor de PAMR-band wegens de beperkt beschikbare bandbreedte minder geschikt is. Hiervoor kijken afnemers naar alternatieven zoals publiek 4G, met beschikbaarheidsgaranties, of private netwerken.

Samenvattend verwachten we dat de PAMR-band tot 2030 een interessante band blijft voor met name de utiliteitssector en in toenemende mate relevant wordt voor missiekritische toepassingen. De behoefte van de

andere sectoren is meer breedbandig en/of minder kritisch waardoor deze beter en/of goedkoper via alternatieve oplossingen ingevuld kan worden.

Conclusies:

- De vraag naar mobiele datadiensten, met name breedbandige toepassingen, is binnen alle onderzochte sectoren groeiende.
- Hoewel de concrete behoefte aan diensten op het gebied van spraak- en datatoepassingen per sector verschillend is, heerst er een algemeen beeld binnen de sectoren beveiliging, industrie, landbouw, transport en zorg dat de PAMR-band niet noodzakelijk is voor de invulling van deze behoefte. Organisaties geven aan dat ze al over private netwerken of ander spectrum beschikken, dat ze financieel gezien niet over de nodige middelen beschikken, of dat ze al gebruik maken van diensten van landelijke operators.
- Voor OOV zou de PAMR-band in een hybride constructie enig extra spectrum kunnen bieden, maar zelfstandig onvoldoende bruikbaar zijn voor breedbandige communicatiediensten. Daar zou minimaal 2 x 30 MHz voor nodig zijn.
- Alliander en Stedin hebben veel belang bij spectrum in de 450 – 470 MHz band. Ten eerste vanwege de installed base en tweede vanwege hun visie. Indien deze band niet meer beschikbaar is in 2024, zijn er hoge kosten voor aanpassing van de 2,5 miljoen slimme meters die nu gebruik maken van deze band. In hun visie is, met het oog op de toekomstige besturing van het energiedistributienetwerk, de mobiele telecommunicatieoplossing een vitaal onderdeel van de energieinfrastructuur. Een missiekritisch netwerk, goed beveiligd, niet gekoppeld aan internet, met goede penetratie van gebouwen en in eigen beheer zijn eigenschappen die met weinig alternatieve infrastructuren kunnen worden gerealiseerd. Daarbij zij opgemerkt dat het in eigen beheer hebben van een netwerk maximale controle en inzicht over de gehele verbindingketen biedt.
- Andere partijen binnen de utiliteitssector, zoals water- en gasbedrijven, beginnen ook gebruik te maken van diensten van de huidige vergunninghouder in de PAMR-band.
- Het ligt in lijn der verwachtingen dat de PAMR-band tot minstens 2030 interessant blijft voor de utiliteitssector en dat voor andere sectoren de PAMR-band minder interessant wordt gezien de toename van beschikbare alternatieven tegen relatief lagere kosten.

6 BELANGSTELLING (POTENTIËLE) AANBIEDERS

In het vorige hoofdstuk is de behoefte van eindgebruikers van professionele mobiele communicatie ten aanzien van de PAMR-band in kaart gebracht. Deze eindgebruikers kunnen kiezen uit verschillende aanbieders en modellen om professionele mobiele telecommunicatiediensten af te nemen. In dit hoofdstuk wordt verder ingezoomd op deze aanbieders en specifiek op de concrete belangstelling van (potentiële) aanbieders in het verwerven van frequentieruimte in de PAMR-band.

Er is contact geweest met een diverse groep van mogelijk geïnteresseerde partijen in het kader van dit onderzoek, waaronder de huidige vergunninghouder, netwerkleveranciers, private netwerkoperators en alle drie de mobiele netwerk operators. Aan de hand van de volgende onderwerpen peilden we de interesse bij (potentiële) aanbieders: karakteristieken PAMR-band, mogelijke toepassingen en klanten, visies op verdeling spectrum, alternatieven en de toekomstverwachting. De volgende paragrafen zullen verder op deze onderwerpen ingaan.

6.1 Karakteristieken PAMR-band

De algemene tendens in de markt voor professionele mobiele communicatie is dat de PAMR-band een interessante band is met vele voordelen, zoals goede indoordekking, relatief eenvoudig landelijke dekking en potentieel ook dekking ver voorbij de landsgrenzen. Ook het gegeven dat er relatief weinig zendmasten nodig zijn, wordt gezien als een groot voordeel. Deze band wordt met name geschikt geacht voor spraak- en datadiensten. Tevens is de band erg geschikt voor missiekritische communicatietoepassingen, omdat bijvoorbeeld noodstroomvoorzieningen en andere beschikbaarheid verhogende maatregelen voor slechts relatief weinig zendmasten nodig is. Een publiek netwerk heeft in Nederland ongeveer 5.000 opstelpunten, voor LTE450 zijn waarschijnlijk ongeveer 200 opstelpunten voldoende.

De leveranciers geven wel aan dat de PAMR-band relatief weinig bandbreedte heeft en daardoor minder geschikt is voor breedbandige toepassingen. Voor partijen anders dan de huidige vergunninghouder zal het bouwen van een netwerk hoge investeringskosten met zich meebrengen (afhankelijk van bestaande masten, geplande beschikbaarheidspercentage van het netwerk, dekking en aantal gebruikers). Daarnaast is er veel kennis nodig om het netwerk uit te rollen en operationeel te houden. Tot slot zijn er veel relatief goedkope alternatieven met vergelijkbare dienstverlening, wat het moeilijk kan maken om een positieve business case te realiseren. 5G heeft de belofte van hoge beschikbaarheid, waardoor partijen daar ook naar kijken.

Voordelen PAMR-band	Nadelen PAMR-band
<ul style="list-style-type: none"> • Privaat spectrum • Landelijke dekking • Goede indoor dekking • Relatief weinig zendmasten nodig • Geschikt voor missiekritische dienstverlening • Uitermate geschikt voor spraak en IoT-toepassingen 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoge investeringskosten (afhankelijk van beschikbaarheid, dekking en aantal gebruikers) • Beperkte bandbreedte • Voor eindgebruikers zijn er veel alternatieven • Algemeen: voor een eigen netwerk is er veel kennis nodig voor de uitrol en om het netwerk operationeel te houden

Tabel 8 - Voor- en nadelen PAMR-band

6.2 Huidige vergunninghouder

De huidige vergunninghouder van de PAMR-band is Utility Connect, een joint venture van Stedin en Alliander. Utility Connect beheert het netwerk voor 2,5 miljoen slimme meters. Slimme meters vormen een onderdeel van de energietransitie waarover op Europees en nationaal niveau diverse afspraken zijn gemaakt. Zo dient 80% van de Nederlandse huishoudens op 31 december 2020 te beschikken over slimme meters. Utility Connect bedient met haar dienstverlening de utiliteitssector. Zoals hierboven is genoemd, wordt het spectrum hoofdzakelijk gebruikt voor het uitlezen van slimme meters. Daarnaast wordt het spectrum gebruikt voor openbare verlichting, sensoren, schakelaars, metingen op onderstations, etc. Ook besturing van waterleidingen wordt nu toegevoegd.

Het netwerk van Utility Connect is een draadloos netwerk in de 450 – 470 MHz band dat momenteel gebruik maakt van de CDMA standaard voor mobiele communicatie. Utility Connect geeft aan dat deze frequentieband optimale dekking en datacapaciteit biedt voor de slimme meter en smart grid toepassingen. Het netwerk is niet aan het internet gekoppeld, waardoor de beveiliging van het netwerk een uitstekende uitgangspositie heeft.

Initieel lag de behoefte aan uitlezing van de slimme meters op 1 maal per 2 maanden, met enkele uitzonderingen. Ondertussen wordt in de meeste meters elk kwartier meetwaarden opgeslagen, deze worden vervolgens elke nacht opgehaald. Het netwerk wordt ook gebruikt om firmware updates uit te voeren op de slimme meters, wat ook substantiële hoeveelheden data vergt. Daarnaast wordt het netwerk bijvoorbeeld ook gebruikt bij storingsmeldingen, om snel de omvang van storingen in een bepaald gebied te bepalen: als slimme meters



reageren, is daar in ieder geval nog stroomvoorzorging. Daarmee is de totale hoeveelheid data die het netwerk dagelijks verwerkt veel hoger dan ooit als eis was neergelegd. Via publieke netwerken had deze substantiële toename van verkeer waarschijnlijk tot hogere kosten geleid.

Utility Connect ziet dat LTE een belangrijke basis wordt de komende jaren. Daarom zijn het afgelopen jaar ook testen uitgevoerd door op vier locaties ook LTE-M toe te voegen, in samenwerking met de huidige leverancier (ZTE). Utility Connect probeert ook door deelname aan de 450 MHz Alliance een actieve bijdrage te leveren aan de verdere ontwikkeling van het ecosysteem.

In het rapport *Mogelijkheden voor het PAMR-spectrum in relatie tot continuïteit van slimme meters* van Dialogic (2020) is een raming gegeven van de **kosten** van vervanging. We merken daarbij op dat ook de **doorlooptijd** van een vervangingstraject aanzienlijk zal zijn: een vervangingstraject zal bestaan uit een voorbereidingsfase waarin technologiekeuze plaatsvindt en een Europese aanbesteding zal worden doorlopen. De doorlooptijd hiervan wordt geraamd op minimaal 2 jaar. Vervolgens zal de uitrol plaatsvinden, die minstens 3 jaar zal duren: door beperkte beschikbaarheid van gecertificeerde monteurs kunnen ca. 800.000 aanpassingen aan slimme meters per jaar worden doorgevoerd.

De totale doorlooptijd voor vervanging zal daardoor minimaal 5 tot 6 jaar zijn. Dat wil zeggen dat als de licentie november 2024 abrupt zou eindigen, er minimaal 1 jaar geleden (in 2019) gestart had moeten zijn met het vervangingstraject. Dat kan alleen als er gekozen zou worden voor een bestaand netwerk. Indien er gekozen wordt voor een nieuw te bouwen netwerk (waardoor het meerdere jaren duurt voordat meters kunnen worden aangesloten), is het reëler om te spreken over minimaal 6 tot 8 jaar doorlooptijd.

6.2.1 Toekomst

De huidige vergunninghouder is in beperkte mate op zoek naar nieuwe klanten en wil doorgroeien naar LTE-M terwijl de bestaande dienstverlening zo lang mogelijk in stand wordt gehouden, zodat de kosten voor de nutsvoorziening zo laag mogelijk blijven. Uit de interviews blijkt dat het huidige CDMA netwerk technisch zeker tot 2035 in stand kan worden gehouden, zodat ook nieuwe slimme meters nog minimaal 15 jaar kunnen worden gebruikt.

Het heeft de voorkeur van Utility Connect om de licentie uit te breiden tot een wereldwijd gestandaardiseerde 2 x 5 MHz. Met die bandbreedte is het mogelijk om CDMA dienstverlening in de lucht te houden en daarnaast LTE-M met een relevante bandbreedte toe te voegen aan het portfolio. Hierdoor kan niet alleen een geleidelijke overgang van huidige naar nieuwe dienstverlening worden gerealiseerd; het geeft ook de ruimte om meer nieuwe klanten toe te voegen en smart grid toepassingen verder uit te bouwen. Besturing van (delen van) het elektriciteitsdistributienetwerk vindt in Nederland nog maar beperkt draadloos plaats, maar verwacht wordt dat dit zal toenemen met de ontwikkeling naar smart grids. Om dit mogelijk te maken is een echt missiekritisch netwerk met hoge beschikbaarheid noodzakelijk. De veiligheid van het huidige netwerk (zoals het ontbreken van een koppeling met het internet) is hier een goed uitgangspunt, maar uiteraard spelen meer aspecten een rol bij het realiseren van een missiekritische infrastructuur, zoals de leveranciers- en technologiekeuze, fysieke en logische beveiliging en redundantiemaatregelen in de infrastructuur.

6.3 Mogelijk gebruik en interesse andere partijen

Naast de belangstelling van de huidige vergunninghouder in het spectrum is onderzocht welke andere partijen geïnteresseerd zouden kunnen zijn. We hebben daarbij gekeken naar de volgende groepen: producenten, leveranciers, netwerkoperators, systeemintegratoren, mobiele netwerk operators en gespecialiseerde aanbieders. De meesten geven aan dat de sectoren die het beste bediend zouden kunnen worden met de PAMR frequentieband voornamelijk de utiliteitssector en de OOV sector zijn.

Er zijn enkele partijen, naast de huidige vergunninghouder, die hebben aangegeven wellicht in de toekomst geïnteresseerd te zijn in het verwerven van de licentie van de 450 MHz frequentieband. Ook een mobiele operator noemt de mogelijkheid van extra dekking op moeilijk bereikbare plaatsen. Als use case worden slimme meters, M2M en ander IoT toepassingen genoemd.

Zoals ook blijkt uit het rapport van Dialogic en TU Eindhoven uit 2017 en de interviews, concurreert de PAMR-band dan ook met vele alternatieven (directe communicatie, eigen lokale netwerken en generieke netwerken). Sommige partijen maken gebruik van LoRa, anderen van Private LTE of publieke LTE-M verbindingen.

Er zijn netwerkleveranciers die aangeven dat het beheren van een netwerk niet bij hun core business past en dat zij niet willen concurreren met hun eigen klanten (mobiele netwerk operators) en vanuit die overwegingen geen behoefte hebben aan het verwerven van de licentie.

Om meer inzicht te krijgen in de benodigde investeringen en het aantal klanten volgt hieronder een globale berekening van een business case.

6.3.1 Business Case potentiële aanbieders

Voor een landelijk dekkend netwerk met behulp van LTE450 technologie, wordt geschat dat ongeveer 200 zendmasten noodzakelijk zijn. Hiermee is ook goede indoordekking mogelijk. Denemarken is iets groter dan Nederland en heeft ongeveer 30 zendmasten, Zweden heeft 350 zendmasten voor landelijke dekking, terwijl het ruim 11x groter is dan Nederland. Deze netwerken zijn niet ontworpen voor het bieden van indoordekking maar kennen vooral stationaire (niet-mobiele) gebruikers, veelal gebruikmakend van een buitenantenne. Het huidige CDMA450 netwerk heeft ongeveer 150 zendmasten en heeft ongeveer 75% geografische dekking. Bij deze berekening is daarom uitgegaan van 200 zendmasten.

De kosten per zendmast zijn geschat op € 250.000,- bij een nieuw opstelpunt, of € 50.000,- bij een bestaand opstelpunt. Naast een radionetwerk is ook een centraal core netwerk noodzakelijk en een operationeel centrum. Er wordt geschat dat er ongeveer € 10 miljoen initiële investeringen nodig zijn voor een core netwerk, netwerk operations center en projectkosten. Om het echt missiekritisch en geografisch redundant op te bouwen, is mogelijk het dubbele noodzakelijk (dus € 20 miljoen).

De totale investeringskosten (CAPEX) voor bouw van een nieuw netwerk (200 opstelpunten x € 250.000,- + € 20 miljoen voor een redundant core netwerk) worden daarmee geschat op € 70 miljoen. Voor een bestaand netwerk zijn deze kosten geschat op € 30 miljoen. Daarnaast zijn er substantiële jaarlijkse operationele kosten, onder andere voor huur van de sites, energiegebruik en transmissie. Ook software licenties en onderhoud, datacenter kosten en personeelskosten komen jaarlijks terug. Totaal wordt dit geschat op jaarlijks € 5 tot € 7 miljoen.

De bouw van het netwerk zal minimaal 1,5 tot 2 jaar duren, waarna klanten nog moeten worden aangesloten. De eerste jaren zullen de opbrengsten daardoor minimaal zijn. Voordat er echt omzet kan worden gerealiseerd, zijn de kosten al ongeveer € 80 – € 90 miljoen. Bij een bestaand netwerk zullen de kosten toch nog enkele tientallen miljoenen euro zijn.

Er zullen weinig organisaties zijn die zulke bedragen investeren, tenzij er voldoende zekerheid is dat dit dankzij klanten weer wordt terugverdiend. Indien de markt beperkt blijft tot missiekritische gebruikers in het OOV segment en misschien ook utiliteitssector, wordt geschat dat daarvoor in Nederland misschien 100.000 gebruikers voor te vinden zijn.

De kosten voor afschrijving en operationele kosten bedragen jaarlijks € 10 tot € 15 miljoen. Als er inderdaad 100.000 klanten zijn, zouden met een abonnement van € 10,- per maand er jaarlijks € 12 miljoen worden opgebracht. Voor een dienstverlening van missiekritische spraak en smalbandige data (op basis van LTE-M) is dit zeker een aantrekkelijk bedrag. Maar als het aantal klanten blijft steken op 25.000, is het benodigde bedrag per maand minimaal € 40,-.

Deze bedragen zijn enigszins te vergelijken met de bedragen vermeld in het Dialogic / TU Eindhoven onderzoek uit 2017. In dat onderzoek is uitgegaan van verschillende bronnen, waaronder een rapport uit 2004 van Verdonck, Klooster & Associates. Voor een PAMR netwerk met 250 zendmasten met een CAPEX van € 291,200,- per zendmast (inclusief core, netwerkapparatuur en organisatie) is er totaal € 72,8 miljoen nodig. Voor de OPEX wordt uitgegaan van 15%, wat totaal € 10,9 miljoen per jaar zou kosten. De inschatting van CAPEX en OPEX komen daarmee grotendeels overeen.

Voor grote aantallen gebruikers, zoals bijvoorbeeld 2 miljoen slimme meters in het netwerk, zijn de kosten minder dan € 1,- per maand.

De grote uitdagingen voor een potentiële investeerder zijn:

- de hoge initiële kosten;
- de lange aanloop- en terugverdiëntijd (ROI);
- en de onzekerheid rondom de aantallen gebruikers. Overheidssectoren hebben zeer lange beslis cycli, waarbij soms 5 jaar nodig is voordat substantiële aantallen gebruikers kunnen worden aangesloten. De operationele kosten blijven al die tijd doorlopen.

Commitment van klanten en misschien ook gezamenlijk investeren, bijvoorbeeld door een Publiek-Private Samenwerking (PPS), zou realisatie van een *dedicated* missiekritisch netwerk voor private organisaties mogelijk maken.

Een uitdaging voor private bedrijven die netwerkdiensten bieden, is de lange beslis cyclus van overheidsdiensten en grote organisaties. Tussen het bouwen van het netwerk en het aansluiten van klanten kunnen enige jaren verstrijken, een periode die veel financiële impact heeft.

Duidelijk is dat vanwege de omvang van de investeringen dit voor een kleine organisatie uit het Midden- en Klein Bedrijf (MKB) zonder substantiële financiële slagkracht een nagenoeg onmogelijke opgave is. Eigenlijk is het enige realistische scenario dat een bestaande partij met een huidig landelijk netwerk en de bereidheid tot grote investeringen een PAMR LTE450 netwerk kan uitrollen. Door een lange investeringshorizon (10 jaar en langer) te hanteren is een positieve business case te maken.

6.3.2 *Randvoorwaarden licentie potentiële aanbieders*

Een aantal randvoorwaarden is besproken met potentiële aanbieders, zoals de bandbreedte, licentietermijn en de wijze van beschikbaar stellen.

Bandbreedte

Potentiële aanbieders geven aan dat 2 x 5 MHz de voorkeur heeft voor een nieuw netwerk. Dat geeft verschillende opties ten aanzien van de te gebruiken techniek. Daarnaast zou daarmee ook een overgangsscenario voor de huidige CDMA gebruikers eenvoudiger te realiseren zijn. De nieuwe aanbieder zou dan in de eerste jaren minder bandbreedte kunnen gebruiken terwijl het netwerk wordt uitgebouwd. Dat geeft de huidige CDMA gebruikers wat meer tijd voor ombouw. Aanbieders geven aan dat 2 x 3 MHz of 2 x 1,4 MHz voor hen veel minder interessant is, omdat dit te weinig is voor een serieus dienstenportfolio gezien de netto bandbreedte en de beschikbare breedbandige alternatieven.

Daarnaast is er dan geen flexibiliteit voor uitbreiding van capaciteit door bijvoorbeeld een additioneel kanaal op dezelfde mast. Het zal dan sneller noodzakelijk zijn om het aantal masten uit te breiden. Dit geeft in de toekomst veel hogere kosten.

Licentietermijn

Aanbieders geven als randvoorwaarde aan dat een licentie voor een bepaalde minimale vergunningsduur dient te worden afgegeven, minimaal 10 – 20 jaar. Dit wordt noodzakelijk geacht vanwege de lange afschrijvingstermijnen

op de investeringen. Daarnaast zijn er marktpartijen die pleiten voor duidelijke dekkingseisen (zoals bij de eerdere frequentieveilingen ook is gebeurd, bijvoorbeeld zoveel procent geografische dekking na 2 en na 4 jaar). Dit om te voorkomen dat operators of andere partijen frequenties kopen uit strategische overwegingen, zonder daadwerkelijk plannen te hebben om diensten aan te aanbieden.

Wijze van beschikbaar stellen

Sinds de bestemming van de huidige 450 – 470 MHz band voor PAMR in 2005 is één vergunning verleend; deze was geldig tot en met 17 november 2020. Deze vergunning is in 2018 verlengd tot 17 november 2024. Het Ministerie van EZK zal gezien het naderende aflopen van de genoemde PAMR-vergunning, een beslissing nemen over de toekomst van de bestemming. Het uitgangspunt van het ministerie is de frequentieruimte opnieuw beschikbaar te stellen voor professionele mobiele communicatie en voor openbare, landelijke mobiele dienstverlening. Er is een mogelijkheid dat er opnieuw een veiling gaat plaatsvinden. Marktpartijen geven daarbij aan dat ze het veilingmodel niet als optimaal model zien. Aan de kant van de huidige gebruiker klinkt het hoofdargument dat substantiële investeringsmiddelen niet automatisch inhouden dat het gebruiksnuut van die partij ook het hoogst is en dat maatschappelijke belangen zwaarder meegewogen zouden moeten worden. Aan de kant van potentiële aanbieders klinkt het dat zij graag zien dat de opbrengst van de veiling terugvloeit naar de industrie. Enkeligen hebben aangegeven dat men misschien de business case positief kan krijgen voor de investeringen in een mobiel netwerk. Deze partijen geven tegelijkertijd aan dat als er substantiële kosten voor de licentie vooraf worden gevraagd, zij geen interesse hebben. Liever ziet men een model waar bijvoorbeeld jaarlijks € 100.000,- moet worden betaald voor het gebruik van het spectrum.

6.4 Toekomstverwachting 2030

Aanbieders zien zeker een trend van meer interesse in missiekritische verbindingen. De meeste groei verwacht men op het aanbieden van breedbandige verbindingen, iets waarvoor LTE450 minder geschikt is. Op het vlak van lagere datasnelheden zijn er zeker mogelijkheden, zoals SCADA toepassingen en besturing van distributienetwerken. De grote uitdaging is om klanten bereid te vinden diensten af te nemen. Organisaties zoals energiebedrijven, OOV diensten en defensie hebben lange tijd nodig voor beslissingen. Hierdoor kan het enkele jaren duren voordat diensten worden afgenomen.

Door de komst van 5G en virtuele 'slicing' wordt het volgens mobiele netwerk operators ook mogelijk om missiekritische diensten aan te bieden op publieke netwerken. In verschillende sectoren is veel interesse naar de ontwikkeling van deze diensten. Het gebruik van 5G technologie leidt op zichzelf echter niet tot een publiek netwerk dat missiekritische diensten kan bieden, daarvoor is meer nodig, toch lijkt dit bij velen wel de verwachting te zijn. Zodoende heeft beschikbaar komen van nieuwe, als missiekritische aangeduide, diensten op publieke netwerken een negatieve invloed op de marktpotentie (onderscheidend vermogen) van PAMR diensten.

Conclusie:

- Er is beperkte interesse bij verschillende aanbieders voor de 450 MHz PAMR-band.
- De bereidheid voor het betalen van grote bedragen voor de 450 MHz licentie is zeer beperkt, de business case is al moeilijk en de initiële investeringen zijn erg hoog.
- Er zijn forse investeringen gemoeid met de bouw van een landelijk netwerk. Aanbieders met een bestaand landelijk netwerk hebben de meeste kans op een positieve business case.
- In de toekomst wordt het met 5G middels virtuele 'slicing' waarschijnlijk mogelijk om deels vergelijkbare diensten te bieden als alternatief voor een dedicated fysiek netwerk in de PAMR-band.
- De huidige vergunninghouder heeft het meeste belang bij dit spectrum, aangezien zij naast bestaande infrastructuur reeds veel gebruikers hebben en een op groei gerichte visie en roadmap hebben waarbij de mobiele communicatieoplossing als vitaal onderdeel van hun energiedistributienetwerk gezien wordt.

7 CONCLUSIES

In dit hoofdstuk worden de deelvragen en de hoofdvraag die centraal staan in dit onderzoek beantwoord.

7.1 Beantwoording deelvragen

1. Welke mobiele communicatieapparatuur, -chipssets en -modules zijn beschikbaar op de markt en kunnen worden gebruikt in de PAMR-band?

In 2017 constateerden Dialogic en TU Eindhoven dat er in de industrie consensus heerste over convergentie naar LTE op de langere termijn, maar dat er toentertijd nog weinig apparatuur op de markt beschikbaar was. We signaleren momenteel dat het ecosysteem van LTE450 zich duidelijk positief aan het ontwikkelen is. Er zijn op beperkte schaal apparatuur, modules en chipssets beschikbaar voor de LTE450 band. De focus ligt nu vooral op IoT dienstverlening met LTE-M en NB-IoT modules. Dankzij de marktontwikkelingen in onder andere Polen wordt verwacht dat er een massamarkt ontstaat. Hierdoor zullen meer leveranciers instappen en zal de kostprijs verder dalen. Apparatuur voor handheld devices met spraakfuncties (met LTE450 Cat 4 modems) zal naar verwachting een nichemarkt blijven.

2. Welke andere Europese landen hebben de frequentieband op soortgelijke wijze bestemd, wat zijn daar de maatschappelijke behoeften en wat zijn de ontwikkelingen in het gebruik?

In een aantal landen, zoals Denemarken en Noorwegen, is LTE450 ingezet voor (consumenten) internettoegang in afgelegen gebieden. Deze markt is door de komst van snellere 4G verbindingen aan het afnemen. Binnen Europa worden naar de toekomst de utiliteitssector en de OOV-sector gezien als belangrijkste gebruikersgroepen van het 450 MHz spectrum, hoewel er in sommige landen ook ander, meer divers gebruik is. We zien dat de meeste beweging gerelateerd aan de PAMR-band plaatsvindt in Polen, Duitsland en Ierland. Polen heeft recent besloten om LTE450 uit te rollen voor smart grid, 14 miljoen slimme meters en spraakcommunicatie. In Duitsland vindt al enige jaren uitgebreid discussie plaats over voor welke sector deze frequentieband op basis van LTE technologie (exclusief) ingezet gaat worden: de utiliteitssector en/of OOV. Tot slot heeft Ierland besloten LTE410 te gaan gebruiken voor de utiliteitssector, een frequentieband die nu ook officieel aan LTE is toegevoegd. Daarnaast zien we dat steeds meer landen binnen Europa de overstap maken naar LTE technologie in de 'lage' frequentiebanden tussen 400 en 470 MHz.

3. Welke concrete vraag hebben Nederlandse eindgebruikers van professionele mobiele communicatie ten aanzien van de PAMR-band (gebruikstoepassingen)?

De volgende deelvragen zijn daarbij gesteld:

- a. Welke sectoren/domeinen hebben een relevante behoefte?

De OOV (deels) en de utiliteitssector hebben een relevante behoefte, vooral voor kritische communicatie. Ook andere sectoren, zoals industrie, transport en zorg, hebben behoefte, voornamelijk aan IoT-connectiviteit.

- b. In hoeverre is de PAMR-band nodig voor de invulling van die behoefte(n)?

Voor niet kritische communicatie (zoals slimme meters) heeft de PAMR-band goede eigenschappen, maar is niet noodzakelijk vanwege andere beschikbare alternatieven (GPRS/4G). Daarnaast wordt er veel verwacht van 5G, waardoor goede dekking en kritische diensten ook mogelijk zijn. Voor kritische communicatie kan de PAMR-band een goede oplossing bieden voor dekking in combinatie met een hoge beschikbaarheid. Voor 2,5 miljoen bestaande slimme meters is de het huidige CDMA netwerk noodzakelijk voor de connectiviteit; zij ondersteunen geen andere communicatietechnologie.

- c. In hoeverre is er overlap in de behoeften van verschillende sectoren/domeinen, bijvoorbeeld als het gaat om kritische communicatie?

Er zijn vergelijkbare communicatiebehoeften (kritisch en niet-kritisch), zoals smalbandige statusberichten, besturing en andere IoT-achtige diensten. Een combinatie van OOV en utiliteitsdiensten op hetzelfde netwerk wordt als niet realistisch gezien. Er worden dan problemen verwacht qua bandbreedte en prioriteit, vooral bij calamiteiten. Daarnaast is de behoefte van OOV veelal breedband, als toevoeging aan het huidig portfolio van spraak en smalbandige berichten.

- d. In hoeverre is er behoefte aan openbare communicatie-dienstverlening in de PAMR-band door een (gespecialiseerde) aanbieder?

De meeste respondenten hebben geen expliciete vraag ten aanzien van de PAMR-band, maar wensen communicatieoplossingen in de vorm van diensten die passen bij de behoefte. Deze oplossingen kunnen veelal prima worden ingevuld met bestaande diensten, zoals die van de publieke mobiele operators, of met reeds in gebruik zijnde private systemen. Voor veel organisaties voegt de 450 MHz band niet veel nieuwe mogelijkheden toe, zeker niet als die gepaard gaan met relatief hoge kosten. Uitzonderingen daarop zijn de OOV en utiliteitssectoren en dan met name de energiesector, voor wie de gunstige eigenschappen van de PAMR-band belangrijke voordelen bieden.

4. Welke concrete belangstelling hebben (potentiële) aanbieders in het verwerven van frequentieruimte in de PAMR-band? Niet alleen MNO's maar ook andere gespecialiseerde aanbieders.

Er is interesse bij verschillende aanbieders voor de 450 MHz PAMR-band. Er zijn wel forse investeringen nodig voor de bouw van een landelijk netwerk. Aanbieders met een bestaand landelijk netwerk hebben de meeste kans op een positieve business case.

De bereidheid voor het betalen van grote initiële investering voor een 450 MHz licentie is zeer beperkt, de business case wordt als moeilijk gezien. Liever start men een samenwerking met de beoogde (overheids-)klanten, zodat ook het risico en de hoogte van de investeringen lager komen te liggen.

Aanbieders geven allen aan een voorkeur te hebben voor uitbreiding naar 2 x 5 MHz om voldoende ruimte te hebben om op zinvolle wijze nieuwe diensten aan te bieden. Strict acht het zinvol om de internationale standaard hierin te volgen, zodat nieuwe of bestaande aanbieders de grootste kans hebben op succesvolle dienstverlening. De extra frequentieruimte geeft flexibiliteit in overgangsscenario's (CDMA en LTE-M naast elkaar) en ruimte voor

enige groei in gebruikersaantallen. Ook wordt zo een grotere diversiteit aan toepassingen mogelijk, waaronder smart grid voor de energiesector.

Het zal daardoor bijvoorbeeld minder snel nodig zijn om nieuwe masten te plaatsen, waar hoge kosten mee gemoeid zijn. Overigens zal voor een uitbreiding naar 2 x 5 MHz een groot aantal PMR-gebruikers moeten wijken naar een andere plek in de 450-470 MHz band.

7.2 Beantwoording hoofdvraag

Welke concrete belangstelling is er in de markt voor het gebruik van de Nederlandse PAMR-band in de 450-470 MHz, zowel aan de vraagzijde (gebruikstoepassingen) als de aanbodzijde (aanbieders)? In hoeverre is er sprake van schaarste?

In het Dialogic / TU Rapport (2017) wordt geconcludeerd dat de Nederlandse markt voor professionele mobiele spraakcommunicatie op basis van PAMR redelijk verzadigd is. Een business case voor het aanbieden van PAMR-datadiensten in Nederland is, naar verwachting, tussen 2017 en 2025 alleen haalbaar wanneer de aanbieder een bepaald volume kan behalen (ordegrootte honderdduizend tot een miljoen of meer, primair afhankelijk van de betalingsbereidheid van afnemers).

In het huidig onderzoek (uitgevoerd in de eerste helft van 2020) blijkt dat er maar weinig gearticuleerde vraag is en dat de meeste diensten door publieke netwerken worden geleverd. Alleen de utiliteitssector en OOV hebben duidelijke behoeften, waarbij de laatste vooral behoefte heeft aan breedbanddiensten. Dit is in de PAMR-band met 2 x 3 MHz niet goed mogelijk, ook niet indien deze zou worden uitgebreid tot 2 x 5 MHz.

De beschikbaarheid van publieke netwerken is de afgelopen jaren niet substantieel verbeterd, al heeft 5G de belofte van hogere beschikbaarheid. Het ecosysteem van LTE450 is wel positief aan het veranderen, met aankondigingen van nieuwe chipsets en devices in de afgelopen maanden.

Uit zowel het onderzoek van Dialogic 2017 als het voorliggend onderzoek blijkt dat het kostbaar en complex is om een nieuw netwerk te bouwen voor de PAMR-band. Alleen de huidige aanbieder, en mogelijk één andere partij, is in staat om diensten op de PAMR-band met een positieve business case uit te voeren. Naar ons oordeel is er in slechts zeer beperkte mate sprake van schaarste.

Aan de vraagzijde zijn slimme meters een duidelijk voorbeeld van door de markt gewenste toepassing. Door de grote aantallen zorgt dit voor een ecosysteem met voldoende schaalgrootte en de mogelijkheid om een landelijk netwerk rendabel te exploiteren en smart grid toepassingen mogelijk te maken. Men wil de dienstverlening uitbreiden naar besturing in distributienetten in de utiliteitssector (SCADA en andere toepassingen), als ontwikkeling naar een smart grid. Er wordt steeds meer energie lokaal opgewekt in zonneparken en windmolens, waardoor besturing steeds belangrijker wordt. Daarvoor wordt een missiekritisch netwerk als enige optie gezien, waar de 450 MHz band uitstekend voor geschikt is. Andere toepassingen vanuit de OOV sector zijn nog niet voldoende gearticuleerd of vragen meer datasnelheid dan geleverd kan worden op de 450 MHz band.

Verschillende aanbieders willen connectiviteit voor slimme meters leveren, maar dan bij voorkeur op basis van bestaande publieke netwerken, bijvoorbeeld middels LTE-M of NB-IoT op de 800 MHz band. De huidige mobiele netwerken worden in dit onderzoek als niet voldoende missiekritisch gewaardeerd voor besturing van bijvoorbeeld utiliteitsnetwerken, door het ontbreken van bijvoorbeeld redundantiemaatregelen, noodstroomvoorzieningen en

service-afspraken. Met de komst van 5G-netwerken zal de situatie rond beschikbaarheid en service-afspraken naar verwachting verbeteren.

Naar aanleiding van dit onderzoek concluderen we dat er voldoende alternatieven op de markt zijn voor verschillende mobiele datadiensten. Hierdoor is er slechts zeer beperkt sprake van schaarste en is er maar beperkt vraag naar de 450 MHz frequentieband.

De business case is voor verschillende partijen nog niet duidelijk of kent veel risico. Dit zal de komende jaren naar verwachting niet eenvoudiger worden. De vraag neemt wel enigszins toe, maar publieke operators begeven zich ook steeds meer op dit marktsegment.

8 LITERATUURLIJST

450Alliance (2015). *ANCOM consults on 410/450 MHz bands*. [450alliance.org]

450Alliance (2020). *Ecosystem and devices in the 400 MHz spectrum*. [450alliance.org]

450Alliance (2019). *Global deployments in 450 and 410 MHz and role of 450 Alliance*. [450alliance.org]

450Alliance (2014). *LTE450 Global Seminar*. Amsterdam. [450alliance.org]

450Alliance (2020). *450 MHz Semi-Annual Alliance Conference*. [450alliance.org]

450Alliance (2019). *PGE Systemy to select suppliers for LTE 450 energy network in summer*. [450alliance.org]

Argonet (z.d.). *Technologie: Evolution Für M2M*. [**Error! Hyperlink reference not valid.**]

Austrian Regulatory Authority for Broadcasting and Telecommunications (RTR) (2018). *Spectrum 450 MHz band*. [rtr.at]

Bipt (z.d.). *Frequency plan*. [bipt.be]

Bundesagentur (2020). *450 MHz*. [bundesnetzagentur.de]

Comms Update (2019). *O2 Czech Republic activates 5G in Koline; plans to shutter CDMA services from June*. [commsupdate.com]

COMREG (2019). *Results of the 400 MHz band spectrum award*. [comreg.ie]

Dialogic, TU Eindhoven (2017). *Marktonderzoek professionele mobiele communicatie in de 450-470 MHz PAMR-band*.

Dialogic (2020). *Mogelijkheden voor het PAMR spectrum in relatie tot continuïteit van slimme meters*.

EEC (2015). *Report 240. Compatibility studies regarding Broadband PPDR and other radio applications in 410-430 MHz and 450-470 MHz and adjacent bands*. . [www.ecodocdb.dk]

EEC (2019). *Report 292. Current Use, Future Opportunities and Guidance to Administrations for the 400 MHz PMR/PAMR frequencies*. [www.ecodocdb.dk]

EFIS (z.d.). *Frequency bands*. [efis.dk]

Energieia (2016). *Alliander koopt Duits datanet*. [energieia.nl]

ESB Networks (2019). *Innovation Strategy Close-Out Report*. [[esbnetworks.ie](https://www.esbnetworks.ie)]

ETSI, TCCA (2020). *Mission Critical Services (MCX) ETSI Plugte*. [[tcca.info](https://www.tcca.info)]

Europees Parlement en de Raad van de Europese Unie (2009). *Richtlijn 2009 / 72 / EG van het Europees Parlement en de Raad*.

Grand View Research (2020). *5G Infrastructure Market Size, Share & Trends Analysis Report By Communication Infrastructure (Solution, Services), By Spectrum (Sub-6 GHz, mmWave), By Network Architecture, By Application, And Segment Forecasts, 2020 – 2027*. [[grandviewresearch.com](https://www.grandviewresearch.com)]

Joint Research Center (JRC) (2018). *Enabling Future Smart Grid Capability*. JRC Annual Seminar, London. [[jrc.co.uk](https://www.jrc.co.uk)]

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (2018). *Consultatieversie Beleidsvoornemen Toekomst PAMR-vergunning in de 450 – 470 MHz frequentieband*.

MVMNet (2016). *LTE450 Network*. [[halberdbastion.com](https://www.halberdbastion.com)]

National Authority for Management and Regulation in Communications (ANCOM) (2012). *ANCOM Proposes the One-Year Extension of the Licence for the Use of Radio Frequencies Held by Telemobil in the 450 MHz Band*. [[ancom.ro](https://www.ancom.ro)]

Nordic Telecom Systems a.s. (2020). *Rugged LTE 410 – 430 MHz Terminal for PPDR*. [[nordictelecom.cz](https://www.nordictelecom.cz)]

Ofcom (z.d.) *Range of 0 Hz – 8.215 THz*. [[static.ofcom.org.uk](https://www.static.ofcom.org.uk)]

PMRexpo (2019). *Mission Critical Broadband for Electricity Utilities*, Cologne, Germany.

Policy Department for Structural and Cohesion Policies Directorate-General for Internal Policies (2019). *Research for AGRI Committee - Impacts of the digital economy on the food chain and the CAP*. [[europarl.europa.eu](https://www.europarl.europa.eu)]

Policytracker (z.d.) *Consultation on new draft auction rules for the allocation of rights to use frequencies in the 450, 800, 900, 1800 MHz and 2.1 GHz and 2.6 GHz band*. [[policytracker.com](https://www.policytracker.com)]

Policytracker (2020). *450 MHz: pricing*. [[policytracker.com](https://www.policytracker.com)]

Policytracker (2020). *Sole bidder Net1 renews 450 MHz license*. [[policytracker.com](https://www.policytracker.com)]

Qualcomm (2011). *What's next for CDMA?*

Telecomlead (2017). *Ukkoverkot selects Nokia to modernize LTE network in Finland*. [[telecomlead.com](https://www.telecomlead.com)]

Telecompaper (2016). *Alliander acquires Inquam for 450 MHz network*. [[telecompaper.com](https://www.telecompaper.com)]

Telecompaper (2018). *Defensie laat oog vallen op spectrum in de 450 MHz band.* [telecompaper.com]

Telecompaper (2013). *Hungary launches tender for unused block in 450 MHz.* [telecompaper.com]

Telecompaper (2014). *MVM Net wins Hungary's 450 MHz band tender.* [telecompaper.com]

Telecompaper (2017). *Net1 Denmark offers two months' half-price unlimited service.* [telecompaper.com]

Telecompaper (2018). *Net1 provides Nacka Energi with M2M electricity supply monitoring service.* [telecompaper.com]

Telecompaper (2018). *Net1 Sweden plans M2M expansion after beating Telia in 450 MHz licence auction.* [telecompaper.com]

Telecompaper (2018). *Orange Poland, Ericsson present LTE 450 MHz potential for energy sector.* [telecompaper.com]

Telecompaper (2013). *Romania establishes future usage of 450 MHz band.* [telecompaper.com]

Telecompaper (2018). *UKE officially withdraws 450 MHz tender.* [telecompaper.com]

Telecompaper (2017). *Ukko says its 450 MHz grid could be used for emergencies.* [telecompaper.com]

Tele Sintese (2012). *TELEFÔNICA CAMINHA PARA PARCERIA NA CONSTRUÇÃO DE REDE LTE 450 MHZ.* [[telesintese.com](http://www.telesintese.com.br/telefonica-caminha-para-parceria-na-construcao-de-rede-lte-450-mhz/telesintese.com). [<http://www.telesintese.com.br/telefonica-caminha-para-parceria-na-construcao-de-rede-lte-450-mhz/telesintese.com>]]

TERA Com (z.d.). *TERACOM STÄRKER SITT MOBILA KOMMUNIKATIONSNÄT GENOM AVTAL MED ERICSSON.* [teracom.se]

TNO (2017). *Facilitering missie-kritisch mobiel breedband voor het OOV-domein, TNO-2017-R11193.*

VKA (2004). *Marktonderzoek PMR/PAMR. Ontwikkeling van de markt voor commerciële professionele mobiele radiotoepassingen in Nederland.*