
ONDERZOEK TECHNISCHE VOORWAARDEN 800, 900 EN 1800 MHZ-VERDELING(EN)

Versie: 30 september 2010

Rapportnummer: SAS 2010-06

De Nederlandse Staat is auteursrechthebbende van dit rapport.

Dr. Ir. R. Schiphorst
Prof. Dr. Ir. C.H. Slump

UNIVERSITEIT TWENTE.

MANAGEMENTSAMENVATTING

In dit rapport wordt een antwoord gegeven op de vraag onder welke voorwaarden vergunningshouders op een zo technisch efficiënt mogelijke manier verschillende mobiele communicatietechnologieën kunnen toepassen binnen de aan hun vergunde frequentieruimte in de 800, 900, en 1800 MHz band.

Om deze vraag te kunnen beantwoorden, is deze opgedeeld in een aantal deelvragen. Allereerst is onderzocht welke communicatiestandaarden in deze band gebruikt kunnen worden. Uit een inventarisatie is gebleken dat er vier standaarden relevant zijn: GSM, UMTS, LTE en WiMAX. Hierbij zijn er op dit moment al GSM netwerken uitgerold in de 900 en 1800 MHz frequentieband. Het is aannemelijk dat in de toekomst deze standaard wordt vervangen door de nieuwere standaarden UMTS, LTE of WiMAX.

Na de technologie-inventarisatie is op basis van aanbevelingen en rapporten van de Europese CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations) een overzicht gegeven van relevante technische voorwaarden. Deze voorwaarden zorgen er voor dat de interferentie tussen systemen in naastliggende kavels tot een acceptabel niveau wordt teruggebracht. Hierbij wordt als grens gesteld dat deze interferentie maximaal mag leiden tot 5% capaciteitsverlies van een base station. De capaciteit is in kbit per seconde. Ook zijn er vergelijkbare voorwaarden gegeven voor systemen in aangrenzende frequentiebanden en voor communicatienetwerken in het buitenland, die dezelfde frequenties benutten.

Op basis van deze CEPT rapporten, heeft de universiteit een oordeel gegeven hoe deze frequentiebanden in Nederland het meest efficiënt ingezet kunnen worden bij een technologieneutraal karakter. Met een zo technisch efficiënt mogelijk manier wordt bedoeld dat er zo min mogelijk spectrum verloren gaat bij de uitgifte. Hoe technisch efficiënt een operator zijn verworven spectrum inzet, valt hier dus niet onder. In de 800, 900 en 1800 MHz frequentieband is er in totaal 280 MHz aan frequentieruimte beschikbaar, waarvan 130 MHz beneden de 1 GHz.

Voor de 800 MHz band is er een BEM (Block Edge Mask) opgesteld door de Europese CEPT om technologieneutrale uitgifte mogelijk te maken. Er is een BEM gespecificeerd voor zowel een FDD en TDD indeling. Hierbij kan het kanaalraster 5 MHz of 1 MHz zijn. Vanuit het oogpunt van een technisch efficiënte veiling, is het raadzaam om te kiezen voor een FDD indeling. Daarbij is het handig om te kiezen voor een kanaalraster van 5 MHz, omdat UMTS systemen een kanaalbandbreedte van 5 MHz gebruiken. In dit geval kan er 60 MHz (2 x 30) frequentieruimte effectief worden gebruikt.

Voor de 900 MHz en 1800 MHz is er (nog) geen technologieneutrale BEM gespecificeerd. Vanwege de technologieneutrale uitgifte van deze banden, is het wel aan te bevelen om aanvullend onderzoek te verrichten naar een dergelijke BEM. Wel zijn er in de literatuur voorwaarden beschreven hoe nieuwe systemen (3G/4G) zonder interferentie naast bestaande GSM netwerken kunnen functioneren. Tussen een GSM netwerk en een 3G/4G netwerk is een guard band van 200 kHz (1 GSM kanaal) vereist om interferentie tussen beide systemen te voorkomen. Ook in deze band is het wenselijk om te kiezen voor een kanaalraster van 5 MHz of een veelvoud hiervan. Bij aangrenzende frequentiebanden worden extra eisen aan nieuwe systemen gesteld, om met name storing met GSM-Rail en luchtvaartnavigatie-communicatiesystemen tot een acceptabel niveau te brengen. In de 900 MHz band is er in totaal 70 MHz (2 x 35) effectief beschikbaar. Voor de 1800 MHz band is dit 150 MHz (2 x 75).

Ten slotte is er ook onderzoek verricht naar de vergunningsvrije DECT guard band. Op dit moment wordt deze frequentieband al gebruikt door vergunningsvrije toepassingen zoals GSM pico-cellen. Om deze reden is het lastig om deze band onderdeel te laten zijn van de veiling. Als de guard band wordt uitgebreid naar 2 x 5 MHz is het ook mogelijk om UMTS pico-cellen te gebruiken in deze guard band. Hierbij gaat weinig frequentieruimte verloren, omdat deze extra 5 MHz sowieso niet gebruikt kan worden door (macro) UMTS systemen.

MANAGEMENT SUMMARY

In this report the following question has been addressed: Which technical conditions are required that allow licensees to use different mobile communication standards in the frequency band 800, 900 and 1800 MHz. These technical conditions should be technical efficient and technology neutral.

To address this research question, it has been split into several sub questions. First, the university investigated which communication standards can be used in these bands. It turned out that four standards are relevant: GSM, UMTS, LTE and WiMAX. Currently, GSM networks are rolled out in the 900 and 1800 MHz band, but in the near future it is expected that these will be replaced by newer standards like UMTS, LTE or WiMAX.

After the technology survey, an overview has been given of relevant technical conditions using recommendations and reports of the European CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations). These conditions make sure that interference between systems in adjacent frequency channels are reduced to an acceptable level. An acceptable level means that interference can reduce the capacity of a base station up to 5%. Capacity loss is defined in kbits per second. Similar conditions have been given for systems in adjacent frequency bands and for communications networks in border regions, which use the same frequencies.

The university has used the CEPT documents to give a judgment how these frequency bands in the Netherlands can be used in a technical efficient and technology neutral way. Technical efficient means in this case to maximize the amount of spectrum that can be auctioned. How a licensee uses his spectrum is not part of this definition. In the 800, 900 and 1800 MHz frequency bands there is in total 280 MHz available of which 130 MHz below the 1 GHz.

For the 800 MHz band, the European CEPT has defined a BEM (Block-Edge Mask) to allow a technology neutral issue of the available spectrum. The CEPT has defined both a BEM for FDD and TDD arrangement. The channel raster can be in this case 5 or 1 MHz. From a technical efficient point of view, it is wise to choose for an FDD arrangement. In this case it is also recommended to choose a 5 MHz channel raster, as UMTS systems use a 5 MHz channel bandwidth. In this scenario 60 MHz (2 x 30) of spectrum can be effectively used.

For the 900 MHz and 1800 MHz band, no technology neutral BEM has been specified (yet). In the light of technology neutral issue of these bands, it is recommended to conduct additional research to such a BEM. In literature however, conditions have been defined to allow new systems (3G/4G) adjacent to GSM networks without interference. Between a GSM network and a 3G/4G network, a guard band of 200 kHz (1 GSM channel) is required to prevent interference between both systems. Also in this band it is recommended to choose a channel raster of 5 MHz (or multiple). Moreover, additional technical conditions have been defined for these new systems to reduced interference with adjacent frequency band. This is especially the case for reducing interference to GSM-Rail and aviation communication systems. In the 900-MHz band there is 70 MHz (2 x 35) effective available. For the 1800 MHz band there is 150 MHz (2 x 75) available.

Finally also research has been conducted to the license-free DECT guard-band. At this moment, the DECT guard-band is used by license-free applications like GSM pico-cells. So, for this reason it is advised that this band will not be part of the auction. If the guard band is extended to 2 x 5 MHz, it will possible to use UMTS pico-cells too. In this way not much frequency space is lost either, as the extra 5 MHz can't be used by (macro) UMTS systems.

INHOUDSOPGAVE

Managementsamenvatting.....	i
Management summary.....	iii
Lijst met afkortingen.....	vii
1. Inleiding.....	1
1.1 Achtergrond.....	1
1.2 Werkwijze.....	2
1.3 Opbouw van het rapport.....	2
2. Relevante mobiele communicatiestandaarden.....	3
2.1 Inleiding.....	3
2.2 Overzicht.....	3
2.3 Relevante standaarden voor 800, 900 & 1800 MHz.....	4
2.4 FDD en TDD spectrum.....	7
3. Technische voorwaarden.....	9
3.1 Inleiding.....	9
3.1.1 Storing.....	9
3.1.2 Block Edge Mask.....	10
3.2 Interferentie tussen de systemen (in-band).....	11
3.2.1 800 MHz frequentieband.....	11
3.2.2 900 MHz frequentieband.....	11
3.2.3 1800 MHz frequentieband.....	13
3.3 Interferentie met aangrenzende frequentiebanden (out-of-band).....	13
3.3.1 800 MHz frequentieband.....	13
3.3.2 900 MHz frequentieband.....	14
3.3.3 1800 MHz frequentieband.....	17
3.4 Interferentie op de grens (buurlanden).....	19
4. Aanbevolen kavelindeling voor technologieneutrale uitgifte.....	21
4.1 Inleiding.....	21
4.2 Efficiënte technologieneutrale kavelindelingen.....	21
4.2.1 800 MHz frequentieband.....	21
4.2.2 900 MHz frequentieband.....	22
4.2.3 1800 MHz frequentieband.....	22
4.3 Beperking aan de maximaal te verkrijgen frequentieruimte per deelnemer.....	22
4.4 De DECT-guard band.....	23
5. Conclusies en aanbevelingen.....	25
6. Literatuurlijst.....	27

Appendix A: BEM 800 MHz	29
A.1 Base stations	29
A.2 Mobiele terminals	30

LIJST MET AFKORTINGEN

1G – 1^e generatie mobiele communicatiestandaarden
2G – 2^e generatie mobiele communicatiestandaarden
3G – 3^e generatie mobiele communicatiestandaarden
3GPP – 3rd Generation Partnership Project
3GPP2 – 3rd Generation Partnership Project 2
4G – 4^e generatie mobiele communicatiestandaarden
ACIR – Adjacent Channel Interference power Ratio
ACL – Adjacent Channel Leakage power Ratio
ACS – Adjacent Channel Selectivity
BEM – Block Edge Mask
CDMA – Code Division Multiple Access
CEPT – European Conference of Postal and Telecommunications Administrations
dBm – vermogen in decibel ten opzichte van 1 milliwatt (mW)
dBi – dB isotropic, antenneversterking ten opzichte van een ideale rondstralende (isotropische) antenne
DCA – Dynamic Channel Allocation
DECT – Digital Enhanced Cordless Telecommunications
DME – Distance Measuring Equipment
DVB-T – Digital Video Broadcasting - Terrestrial
ECC – Electronic Communications Committee
EDGE – Enhanced Data Rates for GSM Evolution
EIRP - Equivalent Isotropically Radiated Power
EV-DO - Evolution-Data Optimized
FDD – Frequency-Division Duplexing
GPRS – General Packet Radio Service
GSM – Global System for Mobile Communications
GSM-R – GSM-Rail
HSDPA – High-Speed Downlink Packet Access
HSPA – High-Speed Packet Access
HSPA+ – Evolved HSPA
HSUPA – High-Speed Uplink Packet Access
IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers
IP – Internet Protocol
L-DACS – L-band Digital Aeronautical Communication System
LTE – Long Term Evolution
METSAT – METeorological SATellite
MHz - MegaHerz
MIDS – Multifunctional Information Distribution System
OFDM - Orthogonal Frequency-Division Multiplexing
OFDMA – Orthogonal Frequency-Division Multiplexing multiple Access
PAMR – Public Access Mobile Radio
PDC – Personal Digital Cellular
PMR - Private Mobile Radio
SC-FDMA – Single Carrier Frequency-Division Multiple Access
SRD - Short Range Devices
TDD – Time-Division Duplexing
TDMA – Time-Division Multiple Access
UHF – Ultra High Frequency
UMTS – Universal Mobile Telecommunications System
UTRA – UMTS Terrestrial Radio Acces
WAPECS – Wireless Access Policy for Electronic Communication Services
WiMAX – Worldwide Interoperability for Microwave Access

1. INLEIDING

1.1 ACHTERGROND

Sinds de introductie van de GSM technologie in Europa heeft mobiele communicatie een grote vlucht genomen. Naast GSM zijn ook andere communicatienetwerken zoals UMTS sterk in opkomst. Frequentieruimte is schaars en daarom heeft de Europese Commissie besloten om nieuwe technologieën toe te laten in de huidige GSM frequentiebanden [1]. Deze beschikking verplicht Europese landen om UMTS systemen toe te laten in deze banden. Daarnaast kan een Europees land ook andere aardse mobiele communicatiesystemen toelaten. In dat geval moet een land waarborgen dat deze systemen kunnen bestaan naast de bestaande GSM netwerken en systemen in aangrenzende banden.

In Nederland worden momenteel de 900 en 1800 MHz frequentieband gebruikt door GSM systemen. De huidige vergunningen laten nog geen andere systemen toe, maar vergunningshouders kunnen al wel een technologie-neutrale vergunning aanvragen [2]. Daarnaast wil het Ministerie van Economische Zaken deze frequentiebanden opnieuw uitgeven door middel van een gezamenlijke veiling na afloop van de vergunningsperiode in 2013. Bovendien wil het Ministerie ook de 800 MHz frequentieband uitgeven voor mobiele communicatie. Deze 800 MHz band wordt ook wel de Digitaal Dividend band genoemd en betreft specifiek het deel 790 – 860 MHz (het bovenste deel van de UHF band). Deze frequenties worden op dit moment gebruikt voor omroep, maar op Europees niveau is besloten om de komende jaren deze band te bestemmen voor mobiele communicatietoepassingen. In het consultatiedocument “Digitaal Dividend in de UHF frequentieband (470 - 862 MHz)” [3] wordt hier nader op ingegaan.

De veilingen van deze drie banden zullen een technologie-neutraal karakter hebben op een zo technisch efficiënt mogelijke manier. Met technologie-neutraal wordt bedoeld dat de vergunning niet is gekoppeld aan een technologie. Het staat de vergunninghouder vrij om voor een technologie te kiezen, mits deze voldoet aan een aantal technische voorwaarden. Met een zo technisch efficiënt mogelijk manier wordt bedoeld dat er zo min mogelijk spectrum verloren gaat bij de uitgifte. In bepaalde gevallen moet er bijvoorbeeld een guard band gebruikt worden om storing tussen twee systemen te voorkomen. Een guard band is een deel van het spectrum wat niet wordt benut of waar allerlei restricties voor gelden, zodat deze maar beperkt kan worden gebruikt. Het inzetten van guard band is dus technisch minder efficiënt. Hoe technisch efficiënt een operator het verworven spectrum inzet, valt dus niet onder deze definitie.

In dit document staat de volgende hoofdvraag centraal:

Onder welke voorwaarden kunnen vergunninghouders op een zo technisch efficiënt mogelijke manier verschillende mobiele communicatietechnologieën toepassen binnen de aan hun vergunde frequentieruimte in de 800, 900, en 1800 MHz band?

Deze onderzoeksvraag kan onderverdeeld worden in de volgende deelvragen. Hierbij wordt tussen haakjes aangegeven in welk hoofdstuk deze vraag zal worden beantwoord:

1. Welke systemen voor mobiele communicatie zullen in de komende 5 tot 10 jaar naar verwachting gebruikt gaan worden in de 800, 900, en 1800 MHz banden (inclusief huidige technologieën). En wat zijn de belangrijkste (technische) eigenschappen van, en verschillen tussen, die systemen. *(Hoofdstuk 2)*
2. Welke technische voorwaarden of beperkingen zijn gezien het antwoord op de vraag 1 noodzakelijk om interferentie te voorkomen. Daarbij dient in het bijzonder rekening te worden gehouden met:
(Hoofdstuk 3)
 - a. Interferentie tussen verschillende systemen onderling in de 800, 900, en 1800 MHz banden.
 - b. Interferentie tussen verschillende systemen in de 800, 900, en 1800 MHz banden, en systemen in andere (aangrenzende) frequentiebanden.

- c. Interferentie tussen verschillende systemen in de 800, 900, en 1800 MHz banden en systemen in diezelfde of andere (aangrenzende) frequentiebanden in grensgebieden.
3. Gezien de antwoorden op de vragen 1 & 2; welke kavelindeling(en) zijn bij technologieneutrale uitgifte het meest technisch efficiënt voor de 800, 900, en 1800 MHz banden en in hoeverre dient rekening gehouden te worden met een FDD/TDD indeling? (Hoofdstuk 4)
4. Welke invloed hebben de volgende scenario's op de beantwoording van vraag 3: (Hoofdstuk 4)
 - a. Het stellen van een algemene beperking aan de maximaal te verkrijgen hoeveelheid frequentieruimte in de 800 en 900 MHz banden per deelnemer aan de verdeling.
 - b. Indien de vrijgestelde DECT-guard band (1877.5 MHz tot 1880 MHz en 1782.5 MHz tot 1785 MHz).
 - i. Vergunningsvrij blijft;
 - ii. Uitgebreid wordt; (Indien voor deze optie wordt gekozen, is er dan gezien de antwoorden op de vragen 1 t/m 4, evident beschikbare frequentieruimte in de 1800 MHz band beschikbaar?)
 - iii. Uitgegeven wordt in de veiling als onderdeel van de 1800 MHz;

1.2 WERKWIJZE

Allereerst heeft de universiteit een inventarisatie gemaakt van communicatietechnologieën welke nu en in de toekomst gebruikt kunnen worden in de 800, 900 en 1800 MHz band. Hierbij is het TNO rapport "Frequentietechnisch onderzoek 2,6 GHz band" [4] als start gebruikt. Deze gegevens zijn aangevuld door middel van relevante wetenschappelijk publicaties. Na de technologie-inventarisatie is op basis van aanbevelingen en rapporten van de Europese CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations) een overzicht gegeven van relevante technische voorwaarden. Op basis hiervan heeft de universiteit een oordeel gegeven hoe deze frequentiebanden in de Nederlandse situatie het meest efficiënt ingezet kunnen worden bij een technologieneutraal karakter.

De relevante CEPT publicaties zijn opgenomen aan het eind van dit document. Een aantal van deze rapporten zijn helaas op het moment van schrijven nog niet definitief (draft). Dit betekent dat de voorwaarden in deze publicaties nog kunnen veranderen of dat er zelfs nog informatie ontbreekt. Uit het publicatieoverzicht blijkt dat dit het geval is voor de technische voorwaarden van nieuwe systemen zoals WiMAX of LTE. Ook de invloed van andere systemen in de GSM 900-MHZ band op aangrenzende frequentiebanden is nog punt van onderzoek. Dit geldt met name voor de interferentie op GSM-Rail systemen en luchtvaarttoepassingen die aan de bovenkant van de 900 MHz band grenzen.

1.3 OPBOUW VAN HET RAPPORT

In Hoofdstuk 2 is de technologie-inventarisatie gepresenteerd. Dit wordt gevolgd in Hoofdstuk 3 door relevante technische voorwaarden. Met deze gegevens kan in Hoofdstuk 4 antwoord gegeven worden op de vraag wat de meest technisch efficiënte kavelindeling is. Ten slotte worden de belangrijkste conclusies gepresenteerd in Hoofdstuk 5.

2. RELEVANTE MOBIELE COMMUNICATIESTANDAARDEN

2.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt besproken welke mobiele communicatiesystemen gebruikt kunnen worden in de 800, 900 en 1800 frequentieband. Een antwoord wordt gegeven op de volgende vraag:

- Welke systemen voor mobiele communicatie zullen in de komende 5 tot 10 jaar naar verwachting gebruikt gaan worden in de 800, 900, en 1800 MHz banden (inclusief huidige technologieën). En wat zijn de belangrijkste (technische) eigenschappen van, en verschillen tussen, die systemen.

2.2 OVERZICHT

Deze inventarisatie is tot stand gekomen op basis van zo recent mogelijke (wetenschappelijke) publicaties. Daarnaast is het TNO-rapport 34302 "Frequentietechnisch onderzoek 2,6 GHz band" [4] gebruikt als startpunt.

Globaal kunnen mobiele communicatiestandaarden verdeeld worden in 1^e (1G), 2^e (2G), 3^e (3G) en 4^e (4G) generatie communicatiestandaarden. De verschillen en betekenis van iedere generatie wordt hieronder kort uitgelegd.

De 1G standaarden zijn de analoge mobiele telefoniestandaarden, welke al een aantal jaren in Nederland niet meer in gebruik zijn. De 1G standaarden zijn opgevolgd door de 2G standaarden. Deze generatie is digitaal in tegenstelling tot 1G. In Europa, maar ook in veel landen daarbuiten, is GSM (Global System for Mobile Communications) de 2G communicatiestandaard. Andere standaarden zijn bijvoorbeeld cdmaOne (IS-95) in de Verenigde Staten en PDC (Personal Digital Cellular) in Japan. Vanwege het succes van de 2G mobiele netwerken is het 3rd Generation Partnership Project (3GPP) en het 3rd Generation Partnership Project 2 (3GPP2) opgericht. Doel van deze wereldwijde overkoepelende organisaties is, om de toekomstige generatie communicatiestandaarden te harmoniseren¹. Een belangrijk verschil tussen 2G en 3G standaarden is dat 3G standaarden ook geschikt zijn voor dataverkeer zoals mobiel internet.

De 3GPP familie heeft de GSM standaard als uitgangspunt genomen voor de ontwikkeling van nieuwe communicatiestandaarden. Dit heeft in de 3G standaarden geleid tot de UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) standaard. Deze standaard is zowel geschikt voor FDD (Frequency-Division Duplexing) en TDD (Time-Division Duplexing) frequentiebanden. Daarentegen heeft de 3GPP2 familie de Amerikaanse cdmaOne standaard als uitgangspunt genomen. In dit project heet de 3G communicatiestandaard CDMA2000 1xEV-DO (Evolution-Data Optimized) (IS-856) en is geschikt voor FDD frequentiebanden. Hierbij staat CDMA2000 voor Code Division Multiple Access 2000.

Om de kloof tussen 2G en 3G (mobiel internet) te dichten, zijn er ook nog 2G transitional (2.5G, 2.75G) standaarden ontwikkeld waarmee een bestaand 2G netwerk kan worden gemoderniseerd en geschikt kan worden gemaakt voor data verkeer (mobiel internet). Voorbeelden hiervan zijn GPRS (General Packet Radio Service), EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) en CDMA2000 1xRTT (IS-2000).

Op dit moment worden er ook al 4^e generatie communicatiestandaarden ontwikkeld. Een belangrijk verschil tussen 3G en 4G is dat 4G een all-IP netwerk is. M.a.w. ook spraak wordt via het internet protocol getransporteerd binnen het netwerk. In 3G en oudere standaarden zijn namelijk spraak en dataverkeer van elkaar gescheiden. Daarnaast bieden 4G standaarden hogere datasnelheden t.o.v. 3G. Op dit moment worden

¹ Deze verschillende projecten worden internationaal afgestemd in het IMT-2000 project van de ITU (International Telecommunication Union)

binnen twee families 4G standaarden ontwikkeld: 3GPP en IEEE WiMAX (WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)). Daarnaast wordt de 3GPP2 familie niet verder doorontwikkeld tot een 4G standaard.

De 4G standaard van het 3GPP project heet LTE Advanced (Long Term Evolution Advanced). Deze standaard is op dit moment nog niet af. Daarnaast is er dus een tweede familie, WiMAX. Deze familie heeft een achtergrond in de draadloze computernetwerken (IEEE 802.11x standaarden) en hierdoor is deze standaard al vanaf het begin een 'all-IP' netwerk. De 4G standaard binnen de WiMAX familie heet IEEE 802.16m. Ook deze standaard is ook nog niet af. In feite zijn alle 4G standaarden nog in ontwikkeling.

Wel wordt er al gewerkt aan 3G transitional (3.5G, 3.9G) standaarden. Binnen de 3GPP familie heten deze 3G transitional (3.5G): HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access), HSUPA (High-Speed Uplink Packet Access), HSPA+ (Evolved HSPA) en LTE. LTE wordt gezien als opvolger van de UMTS standaard, maar is geen pure 4^e generatie communicatiestandaard. Afhankelijk van het succes van LTE, wordt deze standaard doorontwikkeld tot een 4G standaard: LTE Advanced.

Ook is er binnen de WiMAX/IEEE familie een standaard die aangemerkt kan worden als 3.5G. Deze heet Mobile WiMAX (IEEE 802.16e-2005). Buiten de WiMAX en 3GPP familie zijn er nog aantal andere 3.5G standaarden. Allereerst zijn er nog binnen de 3GPP2 familie EV-DO Rev. A en Rev. B. De belangrijkste partij in het 3GPP2 consortium, Qualcomm, heeft in 2008 gekozen voor LTE als 4^e generatie technologie en daardoor lijkt de toekomst van het 3GPP2 project zeer onzeker. Ten slotte zijn er ook nog Flash-OFDM en de IEEE 802.20 standaard die aangemerkt kunnen worden als 3.5G standaard.

2.3 RELEVANTE STANDAARDEN VOOR 800, 900 & 1800 MHz

Momenteel zijn 2G, 2.5G, 3G en 3.5G netwerken uitgerold, maar het is aannemelijk dat over 5 à 10 jaar de 2G en 2.5G netwerken uitgefaseerd zullen zijn in Nederland. Ook lijkt de kans klein dat 3GPP2 standaarden in de toekomst zullen worden uitgerold in Nederland.

Hieronder wordt specifiek per standaard aangegeven of deze wordt meegenomen in het onderzoek.

Standaard		In selectie	Beoordeling
GSM	2G	Ja	Op dit moment uitgerold in Nederland.
cdmaOne	2G	Nee	Wordt niet gebruikt in Nederland.
PDC	2G	Nee	Wordt niet gebruikt in Nederland.
GPRS	2.5G	Ja	Op dit moment uitgerold in Nederland.
EDGE	2.75G	Nee	Wordt niet gebruikt in Nederland.
CDMA2000 1xRTT (IS-2000)	2.75G	Nee	Wordt niet gebruikt in Nederland.
UMTS	3G	Ja	Op dit moment uitgerold in Nederland.
CDMA2000 1xEV-DO (IS-856)	3G	Nee	Wordt niet gebruikt in Nederland en het is waarschijnlijk dat dit in de toekomst zo blijft.
UMTS HSDPA	3.5G	Ja	Op dit moment uitgerold in Nederland.
UMTS HSUPA	3.5G	Ja	Op dit moment uitgerold in Nederland.

UMTS HSPA+	3.5G	Ja	Bestaande UMTS netwerken worden waarschijnlijk geschikt gemaakt voor deze standaard.
WiMAX (IEEE 802.16e-2005)	3.5G	Ja	Op dit moment niet gespecificeerd voor frequentiebanden lager dan 2 GHz. De Europese ECC ² ziet deze technologie wel als kandidaat voor de 800, 900 en 1800 MHz banden.
CDMA2000 1xEV-DO (IS-856) Rev. A	3.5G	Nee	De CDMA2000 standaarden worden niet gebruikt in Nederland. Daarnaast worden deze standaarden niet verder ontwikkeld.
CDMA2000 1xEV-DO (IS-856) Rev. B	3.5G	Nee	De CDMA2000 standaarden worden niet gebruikt in Nederland. Daarnaast worden deze standaarden niet verder ontwikkeld.
Flash-OFDM	3.5G	Nee	Flash-OFDM wordt niet verder ontwikkeld en is ook in weinig landen uitgerold.
IEEE 802.20	3.5G	Nee	De ontwikkeling van deze standaard duurt erg lang en lijkt vooralsnog geen standaard die gebruikt gaat worden in de 800, 900 en 1800 MHz banden.
LTE	3.9G	Ja	Wordt gezien als natuurlijke opvolger van de UMTS standaard
WiMAX (IEEE 802.16m)	4G	Ja	Op dit moment niet gespecificeerd voor frequentiebanden lager dan 2 GHz. De Europese ECC ziet deze technologie wel als kandidaat voor de 800, 900 en 1800 MHz banden.
LTE Advanced	4G	Ja	Deze technologie volgt naar verwachting LTE in de toekomst op.

TABEL 1 RELEVANTE STANDAARDEN

Uit bovenstaande tabel volgt dat deze standaarden nader worden onderzocht:

1. GSM (inclusief GPRS)
2. UMTS (inclusief HSDPA, HSUPA en HSPA+)
3. LTE (inclusief LTE advanced)
4. WiMAX (IEEE 802.16e-2005 en IEEE 802.16m)

Transitional standaarden zijn een doorontwikkeling (evolutie) van de hoofdstandaard. De verschillen zijn daardoor klein, met name in de fysieke laag. In de literatuur over interferentie tussen systemen, wordt daarom de hoofdstandaard en transitional standaarden gezien als één geheel.

In onderstaande tabel zijn de belangrijkste technische parameters weergegeven van de standaarden die nader worden onderzocht. Deze parameters zijn duplex, kanaalbandbreedte, kanaaltoegang en frequentieband. Kavelindelingen zijn ontworpen voor specifieke duplex technologieën, zoals TDD (grijs in onderstaande tabel) en FDD. Daarnaast bepaalt de kanaalbandbreedte de minimale grootte van een kavel. De gebruikte kanaaltoegang-techniek is een indicatie hoe groot de te verwachten interferentie is tussen twee verschillende systemen. Ten slotte wordt in de laatste kolom aangegeven voor welke frequentiebanden het systeem geschikt is. De gebruikte afkortingen worden onder deze tabel uitgelegd.

² Electronic Communications Committee.

Standaard	Duplex	Kanaalbandbreedte	Kanaaltoegang	Frequentieband
GSM	FDD	200 kHz	TDMA	900/1800
UMTS: UTRA-FDD	FDD	5 MHz	DS-CDMA	800/900/1800
UMTS: UTRA-TDD HCR	TDD	n*5 MHz (n = 1, 2, 3 ...)	TD-CDMA	800
UMTS: UTRA-TDD 1.28 Mcps	TDD ³	1.6 MHz	TD-CDMA	800
LTE	FDD	1.25 tot 20 MHz	Downlink: OFDMA Uplink: SC-FDMA	800/900/1800
LTE	TDD	1.25 tot 20 MHz	Downlink: OFDMA Uplink: SC-FDMA	800
WiMAX	FDD ⁴	1.25 tot 20 MHz	OFDMA	800/900/1800
WiMAX	TDD	1.25 tot 20 MHz	OFDMA	800

TABEL 2 TECHNISCHE PARAMETERS VAN DE RELEVANTE STANDAARDEN

TDD: Time Division Duplex. In een TDD systeem wordt voor de verbinding van gebruiker naar het netwerk en terug dezelfde frequentie gebruikt. De uplink en downlink zijn in de tijd van elkaar gescheiden

FDD: Frequency Division Duplex (FDD). In een FDD systeem worden voor de verbinding van gebruiker naar het netwerk en terug aparte frequenties gebruikt. De uplink en downlink zijn dus in frequentie van elkaar gescheiden.

TDMA: Bij Time-Division Multiple Access (TDMA) wordt aan een groep gebruikers gezamenlijk één radiokanaal toegewezen. Iedere individuele gebruiker krijgt periodiek een deel van de tijd tot zijn beschikking.

CDMA: Code Division Multiple Access is een techniek die met name in mobiele communicatiesystemen wordt gebruikt om meerdere gebruikers tegelijkertijd op dezelfde frequentie (en tijd) te laten werken. Gebruikers worden van elkaar gescheiden door middel van codes.

DS-CDMA: Direct-Sequence Code Division Multiple Access is vorm van de CDMA technologie, waarmee het te moduleren signaal wordt vermenigvuldigd met een codewoord.

TD-CDMA: Time Division- Code Division Multiple Access is een mengvorm tussen TDMA en CDMA en biedt betere prestaties.

OFDMA: Orthogonal Frequency-Division Multiple Access is een techniek in mobiele communicatiesystemen om meerdere gebruikers tegelijkertijd in hetzelfde frequentiekanaal te laten werken. OFDMA is gebaseerd op de OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) modulatietechniek.

SC-FDMA: Single Carrier Frequency-Division Multiple Access is een verbeterde versie van OFDMA. Hiermee kan vooral het vermogensgebruik in mobiele telefoons worden teruggedrongen.

Iedere standaard heeft meerdere zogenaamde air-interfaces gedefinieerd, zodat de technologie zowel in TDD als FDD spectrum gebruikt kan worden. Een uitzondering hierop is de GSM standaard, welke alleen geschikt is voor FDD spectrum. In de volgende sectie wordt nader in gegaan op het verschil tussen TDD en FDD spectrum. Het verschil is belangrijk, omdat dit mede bepaalt welke standaarden relevant zijn.

³ Ontwikkeld en gebruikt in China.

⁴ Op dit moment zijn voor mobiel gebruik er **alleen** TDD profielen gedefinieerd.

2.4 FDD EN TDD SPECTRUM

De kavelindeling voor 900 en 1800 MHz frequentieband zijn op Europees niveau gespecificeerd als FDD spectrum. Voor de 800 MHz is er ook een Europese voorkeur voor een FDD indeling, maar landen mogen hiervan afwijken. De CEPT heeft voor deze frequentieband technologie-neutrale eisen gespecificeerd voor zowel FDD en TDD systemen.

Een FDD systeem gebruikt aparte frequentiekanalen voor de twee-weg communicatie (downlink & uplink). Een TDD systeem benut slechts één frequentiekanaal. Downlink en uplink zijn in dit geval gescheiden in tijd. Vanwege deze grote technische verschillen kan er ernstige interferentie optreden tussen beide systemen als deze naast elkaar in frequentie worden geplaatst. In het CEPT concept rapport 019 [5] wordt een guard band aanbevolen van 5 MHz bij ieder overgang van FDD naar TDD of van TDD naar FDD spectrum⁵. Deze guard banden kunnen beperkt ingezet worden voor bijvoorbeeld pico-cel toepassingen. (Pico-cellen zijn laag-vermogen base stations.) Deze guard band geldt ook tussen twee onafhankelijke TDD systemen. In het concept rapport 019 wordt niet verder onderbouwd, waarom er een guard band 5 MHz moet zijn. Het is aannemelijk dat deze waarde is gekozen vanwege de kanaalbandbreedte van 5 MHz in 3G systemen. Het is aan te bevelen om hier nader onderzoek naar te verrichten, omdat in een aantal gevallen deze guard band waarschijnlijk kleiner kan worden gekozen.

Een operator zou er toch voor kunnen kiezen om een TDD systeem in te zetten in de 900 en 1800 MHz frequentieband (FDD kavelindeling), maar dit is dus niet technisch efficiënt⁶. Op Europees niveau en in relevante literatuur wordt er ook vanuit gegaan dat alleen FDD systemen worden ingezet in deze frequentiebanden. Zie [4] voor meer achtergrondinformatie. Dit betekent dat in de Nederlandse situatie alleen de FDD variant van systemen relevant zijn in de 900 en 1800 MHz frequentieband. (Dit zijn de witte rijen in Tabel 2.) De 800 MHz frequentieband is wel voor FDD en TDD systemen gespecificeerd. Echter, de CEPT heeft voor deze band reeds technologie-neutrale eisen gespecificeerd. Daarom is het voor deze frequentieband sowieso niet meer relevant welke standaarden zullen worden in gezet.

⁵ Bij kanaalbandbreedtes die een veelvoud zijn van 5 MHz, zoals bij UMTS.

⁶ In het ontwerp van een mobiele telefoon wordt uitgegaan van FDD systemen in deze banden. Een TDD systeem (vooral in de FDD uplink band) kan daardoor ernstige gevolgen hebben, omdat er in het ontwerp dus geen rekening mee is gehouden. Het is aan te bevelen om dit punt nader te onderzoeken.

3. TECHNISCHE VOORWAARDEN

3.1 INLEIDING

In het vorige hoofdstuk is besproken welke standaarden relevant zijn in de 800, 900 en 1800 MHz band. In dit hoofdstuk worden de technische voorwaarden besproken om interferentie tussen deze systemen te voorkomen. De volgende vragen zullen worden beantwoord:

- Welke technische voorwaarden of beperkingen zijn gezien het antwoord op de vraag 1 (Hoofdstuk 2) noodzakelijk om interferentie te voorkomen. Daarbij dient in het bijzonder rekening te worden gehouden met:
 - a. Interferentie tussen verschillende systemen onderling in de 800, 900, en 1800 MHz banden.
 - b. Interferentie tussen verschillende systemen in de 800, 900, en 1800 MHz banden, en systemen in andere (aangrenzende) frequentiebanden.
 - c. Interferentie tussen verschillende systemen in de 800, 900, en 1800 MHz banden en systemen in diezelfde of andere (aangrenzende) frequentiebanden in grensgebieden.

In sectie 3.2 t/m 3.5 wordt een antwoord gegeven op de subvragen a t/m c, maar eerst wordt algemene achtergrondinformatie gegeven, hoe storing tussen systemen kan worden voorkomen.

3.1.1 STORING

Interferentie tussen communicatienetwerken in dezelfde frequentieband kan nooit helemaal worden voorkomen. Met “niet storen” wordt daarom bedoeld tot een acceptabel interferentieniveau. De meeste interferentie ondervindt een communicatiesysteem van naburige communicatienetwerken. Dat wil zeggen, een netwerk dat in hetzelfde geografisch gebied actief is en een frequentiekanaal hoger of lager gebruikt ('adjacent channel').

Storing kan via twee manieren optreden:

1. Zendfilters zijn nooit perfect en dit betekent dat een deel van het zendmogen ook uitgezonden wordt in naburige kanalen. Dit wordt weergegeven met de ACLR (Adjacent Channel Leakage power Ratio), de ratio (in dB's) tussen vermogen in het gewenste kanaal en de naburige kanalen.
2. Ook de ontvangstfilters zijn niet perfect. Sterke naburige kanalen kunnen niet meer worden weg gefilterd en komen via het RF front-end terecht in het gewenste kanaal. Dit wordt weergegeven met de term ACS (Adjacent Channel Selectivity), wat het verschil in verzwakking aangeeft in dB's tussen het gewenste kanaal en een naburig kanaal.

In literatuur worden deze twee termen vaak samengevoegd tot één term, de ACIR (Adjacent Channel Interference power Ratio):

$$ACIR = \frac{1}{\frac{1}{ACLR} + \frac{1}{ACS}}$$

Mobiele communicatiestandaarden stellen eisen aan de ACLR en ACS waaraan een mobiele terminal of base station moet voldoen. Met deze gegevens kan door middel van simulaties nagegaan worden of er interferentie tussen systemen plaatsvindt. Interferentie is nooit helemaal te voorkomen, tenzij er rigide voorwaarden worden gesteld, welke ten koste gaat van het efficiënt inzetten van frequentieruimte. In de communicatiestandaarden en in internationale overlegorganen, zoals de CEPT wordt een capaciteitsverlies tot 5% toegestaan door interferentie van naburige systemen. Dit is het capaciteitsverlies (in kbit/s) van een base station. Op basis hiervan heeft de Electronic Communications Committee (ECC) binnen de CEPT een aantal rapporten opgesteld die deze technische voorwaarden beschrijven voor de verschillende systemen.

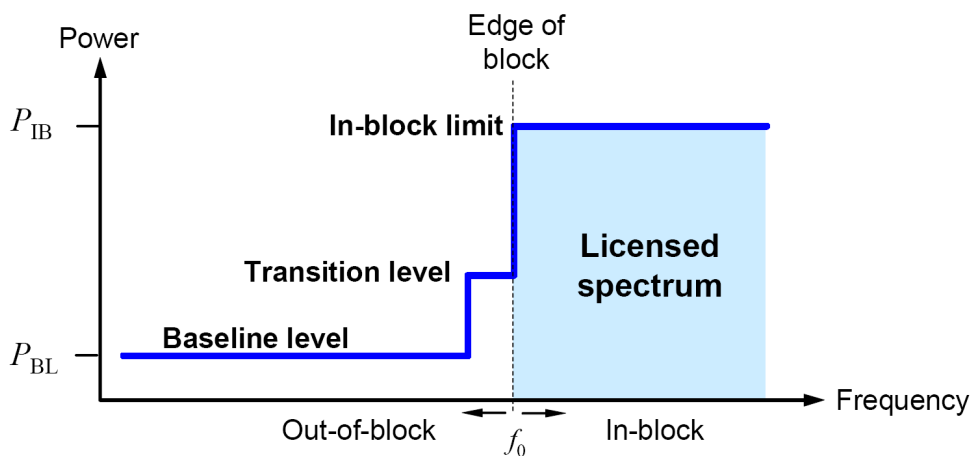
Deze documenten zijn:

- ECC Report 82: Compatibility study for UMTS operating within the GSM 900 and GSM 1800 frequency band [6]
- CEPT Draft report 40: Compatibility study for LTE and WiMAX operating within the bands 880-915 MHz / 925-960 MHz and 1710-1785 MHz / 1805-1880 MHz (900/1800 MHz bands) [7]
- CEPT Draft report 019: Draft Report from CEPT to the European Commission in response to the Mandate to develop least restrictive technical conditions for frequency bands addressed in the context of WAPECS [5]

Bovenstaande documenten beschrijven hoe de verschillende systemen kunnen samenwerken in de 900 en 1800 MHz band. Voor de 800 MHz band zijn technologie-neutrale eisen opgesteld, welke zijn beschreven in Appendix A.

3.1.2 BLOCK EDGE MASK

In frequentiebanden, zoals de 2.6 GHz, wordt een zogenaamde BEM (Block Edge Mask) gedefinieerd [5], [8] om technologie-neutrale uitgifte te faciliteren. Dit is een spectrum masker waaraan zowel de in-band als out-of-band emissies van een base station (of mobiele terminal) moeten voldoen. In onderstaand figuur wordt een dergelijke BEM grafisch weergegeven. De operator kan vervolgens zelf de technologie kiezen⁷. Naast de in-band limiet (in-block limit) en out-of-band limiet (baseline level), worden ook eisen gesteld aan een overgangsgebied (transition level). Dit gebied bevindt zich aan de rand van de toegewezen frequentieruimte, waarbij het zendvermogen is beperkt. Dergelijke overgangsgebieden worden ook wel guard bands genoemd.



FIGUUR 1 PRINCIPE VAN EEN BLOCK EDGE MASK (BEM) [8]

Op dit moment zijn er nog geen BEM's gespecificeerd voor de 900 en 1800 MHz frequentiebanden. De belangrijkste reden is vanwege de GSM technologie, die momenteel gebruikt wordt in deze banden. De technische eigenschappen van GSM verschillen veel van de 3G/4G standaarden, waardoor bijvoorbeeld een BEM van 2.6 GHz niet eenvoudig kan worden overgenomen. Op dit moment wordt wel binnen de ECC Project

⁷Vanwege grote interferentie tussen TDD en FDD systemen, zijn frequentiebanden gespecificeerd voor FDD óf TDD gebruik. Desondanks kan een operator er voor kiezen om een TDD systeem in te zetten in FDD spectrum. Echter, dit is vanwege de voorgeschreven BEM inefficiënt en om deze reden niet waarschijnlijk. Hetzelfde geldt voor het gebruik van een FDD systeem in een TDD frequentieband.

Team 1 (PT 1) onderzoek verricht naar een dergelijke BEM [9]. Vanwege de technologie neutrale uitgifte van deze banden, is het aan te bevelen om hier aanvullend onderzoek naar te verrichten.

De BEM voor de 800 MHz band is in het CEPT rapport nr. 30 [10] al wel gespecificeerd. De uitkomsten van dit rapport worden in Appendix A beschreven.

3.2 INTERFERENTIE TUSSEN DE SYSTEMEN (IN-BAND)

3.2.1 800 MHz FREQUENTIEBAND

In het CEPT rapport nr. 30 [10] zijn de BEM voor zowel de base stations en terminal stations beschreven. De voorkeursfrequentie indeling bestaat uit FDD spectrum, maar het staat landen vrij om deze band te benutten voor TDD spectrum. Daarom worden specificaties gegeven voor zowel FDD en TDD systemen. Het is aannemelijk dat in deze band voornamelijk 3G en 4G systemen worden uitgerold. Een GSM systeem kan namelijk niet eenvoudig worden gebruikt in deze band, omdat de duplex gap anders is vergeleken met de huidige frequentiebanden voor GSM.

MOGELIJKE 800 MHz KAVELINDELINGEN

De CEPT heeft twee indelingen gemaakt voor de 800 MHz frequentieband. De eerste indeling is voor FDD systemen met 2 x 30 MHz en een duplex gap van 11 MHz. De gespecificeerde blokken zijn veelvoud van 5 MHz. De FDD downlink begint op 791 MHz en de FDD uplink bij 832 MHz. Dit is in onderstaande figuur weergegeven.

790-791	791-796	796-801	801-806	806-811	811-816	816-821	821 – 832	832-837	837-842	842-847	847-852	852-857	857-862
Guard band	Downlink						Duplex gap	Uplink					
1MHz	30 MHz (6 blocks of 5 MHz)						11 MHz	30 MHz (6 blocks of 5 MHz)					

FIGUUR 2 FDD VOORKEURSFREQUENTIE-INDELING VOOR DE 800 MHz BAND

Daarnaast heeft de CEPT een frequentie-indeling gemaakt voor TDD systemen, zie onderstaand figuur. Landen kunnen deze indeling gebruiken of een tussenvorm van beide frequentie-indelingen (FDD/TDD).

790-797	797-802	802-807	807-812	812-817	817-822	822-827	827-832	832-837	837-842	842-847	847-852	852-857	857-862
Guard band	Unpaired												
7 MHz	65 MHz (13 blocks of 5 MHz)												

FIGUUR 3 TDD FREQUENTIE-INDELING VOOR DE 800 MHz BAND

Voor de TDD indeling is er een grotere guard band gespecificeerd aan de onderkant van deze band. Deze extra guard band beschermt de ontvangst van naastliggende digitale ether TV uitzendingen. De grootste stoorbron is hierbij de terminal station (mobiele telefoon) en daarom kan de guard band voor de FDD indeling veel kleiner zijn.

BEM

De technologie neutrale in-band eisen worden beschreven in Appendix A.

3.2.2 900 MHz FREQUENTIEBAND

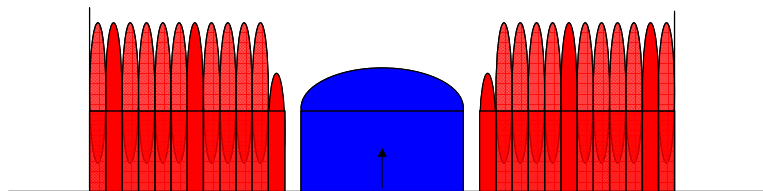
Op dit moment worden in de 900 en 1800 MHz frequentieband GSM netwerken gebruikt. In deze paragraaf wordt beschreven hoe andere systemen ook in deze frequentieruimte gebruikt kunnen worden. De voorwaarden aan bestaande GSM netwerken worden niet verder uitgewerkt, omdat deze al onderdeel zijn van de huidige regelgeving.

UMTS, LTE of WiMAX netwerken kunnen in de 900 of 1800 MHz frequentieband worden gebruikt indien aan onderstaande voorwaarden wordt voldaan [6] , [7]:

1. In ongecoördineerde modus⁸ tussen het UMTS, LTE of WiMAX netwerk en een GSM netwerk is de aanbevolen frequentiescheiding tussen de rand van het UMTS/LTE/WiMAX kanaal en de dichtstbijzijnde GSM kanaalrand 200 kHz of meer. Voor een 5 MHz UMTS/LTE/WiMAX systeem betekent dit bijvoorbeeld dat een minimale afstand tussen de UMTS/LTE/WiMAX draaggolf en de dichtstbijzijnde GSM draaggolf van 2.8 MHz of meer wordt aanbevolen. Voor een 10 MHz UMTS/LTE/WiMAX systeem is dit 5.3 MHz.
2. In het geval van een gecoördineerde modus tussen het UMTS, LTE of WiMAX netwerk en een GSM netwerk is er een aanbevolen frequentiescheiding van 0 kHz.
3. Tussen LTE/WiMAX netwerken en UMTS netwerken is er een aanbevolen frequentiescheiding van 0 kHz. Deze aanbeveling geldt tevens voor twee aangrenzende UMTS, LTE of WiMAX netwerken. Daarnaast is er nog aanvullend onderzoek nodig om de aanbevolen frequentiescheiding tussen een LTE en een WiMAX netwerk te bepalen. Voor de downlink geldt een aanbevolen frequentiescheiding voor 0 kHz, maar voor de uplink is nog aanvullend onderzoek door de CEPT nodig. De verwachting is echter dat de kanaalscheiding ook voor de uplink 0 kHz zal gelden.

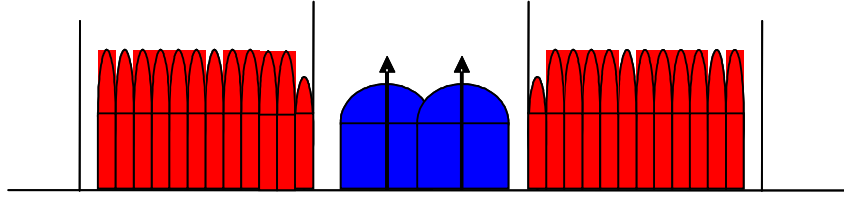
Indien er meer interferentie wordt toegestaan van het GSM netwerk op het UMTS/LTE/WiMAX netwerk kan de minimale afstand in ongecoördineerde modus worden gereduceerd. Dit is alleen mogelijk als er op nationaal niveau afspraken worden gemaakt. Wetenschappelijke publicaties ([11], [12] en [13]) hebben echter laten zien dat voor UMTS netwerken deze minimale afstand zonder problemen kan worden verkleind. Waarschijnlijk geldt dit ook voor LTE en WiMAX netwerken.

Om interferentie te vermijden of te minimaliseren tussen operators, is het aan te bevelen aan een operator die zowel GSM als UMTS wil gebruiken in dezelfde band om de zogenaamde "sandwich" frequentie-indeling te gebruiken. Dit is hieronder grafisch weergegeven. De "sandwich" indeling betekent dat alle UMTS netwerken gegroepeerd zijn in één frequentieblok, zodat er zo min mogelijk UMTS/GSM overgangen zijn. Het is aannemelijk dat deze aanbeveling ook geldt voor LTE/WiMAX netwerken in combinatie met GSM netwerken.



FIGUUR 4 AANBEVOLEN FREQUENTIE-INDELING VOOR EEN OPERATOR MET 1 UMTS DRAAGGOLF [6] (BLAUW IS EEN UMTS KANAAL, ROOD ZIJN GSM KANALEN)

⁸ Ongecoördineerde modus betekent twee onafhankelijke netwerken. De tijdsloten in deze netwerken zijn dus bijvoorbeeld niet gesynchroniseerd. Ook zijn de zendmasten onafhankelijk van elkaar gebouwd, zonder rekening te houden met interferentie op het andere netwerk.



FIGUUR 5 AANBEVOLEN FREQUENTIE-INDELING VOOR EEN OPERATOR MET 2 OF MEER UMTS DRAAGGOLVEN [6] (BLAUW ZIJN UMTS KANALEN, ROOD ZIJN GSM KANALEN)

3.2.3 1800 MHz FREQUENTIEBAND

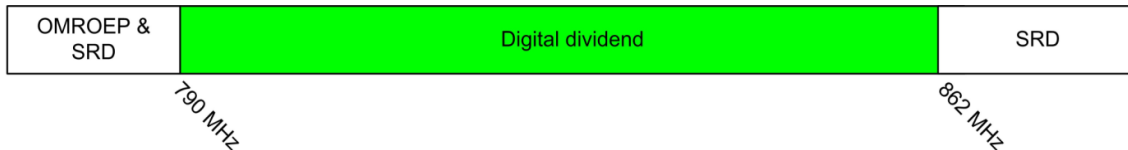
De voorwaarden die zijn genoemd in de vorige sectie gelden ook voor de 1800 MHz frequentieband.

3.3 INTERFERENTIE MET AANGRENZENDE FREQUENTIEBANDEN (OUT-OF-BAND)

De communicatiesystemen in de 800, 900 en 1800 MHz band kunnen ook systemen in aangrenzende frequentiebanden storen. In deze sectie wordt hier verder op ingegaan.

3.3.1 800 MHz FREQUENTIEBAND

Op dit moment wordt de 800 MHz frequentieband gebruikt voor omroepdoeleinden. De Europese commissie heeft echter de 790 tot 862 MHz frequentieband (Digitaal Dividend) aangewezen als nieuwe frequentieband voor mobiele communicatie. Hieronder zijn de aangrenzende frequentiebanden weergegeven.



FIGUUR 6 AANGRENZENDE FREQUENTIEBANDEN VAN DE 800 MHz BAND

Aan de onderkant van de 800 MHz frequentieband grenst een omroepband. Tevens is deze band geschikt voor Short Range Devices (SRD) welke ook aan de bovenkant grenzen aan de Digitaal Dividend band. Dit zijn toepassingen die op korte afstand communiceren. Onder SRD vallen uiteenlopende toepassingen, zoals: afstandsbedieningen, draadloze koptelefoons, babyfoons, sociale alarmeringsystemen, antidiefstalpoortjes, modelbesturing en elektronische identificatie. Zie ook de brochure "vergunningvrije radiotoepassingen" [14].

In CEPT rapport nr. 30 [10] worden aanbevelingen gedaan om interferentie op de aangrenzende banden tot een acceptabel niveau te reduceren. In dit document wordt geen onderscheid gemaakt in technische randvoorwaarden tussen de onderkant en bovenkant van de 800 MHz band. Daarnaast worden er drie scenario's uitgewerkt. In het eerste scenario, scenario A, zijn er digitale TV uitzendingen (DVB-T) in UHF band V (582 – 862 MHz) welke beschermd moeten worden. In Scenario C zijn er geen digitale TV uitzendingen in deze band. En Scenario B is een tussenvorm, waarbij de digitale TV uitzendingen minder worden beschermd. In alle scenario's worden het maximale vermogen in EIRP (Equivalent Isotropically Radiated Power) gespecificeerd zowel in-block (eigen frequentiekanaal) en out-of-block (naburige frequentiekanaal). In onderstaande tabel worden de voorwaarden voor ieder scenario weergegeven.

Scenario	Stoorbron	Frequentiebereik van out-of-block emissies	Base station voorwaarde in-block EIRP, P (dBm/10 MHz)	Maximale gemiddelde out-of-block EIRP (dBm/8 MHz)
A	FDD downlink	Voor beschermde digitale TV frequenties (DVB-T)	$P \geq 59$ $36 \leq P < 59$ $P \leq 36$	0 $P - 59$ -23
B	FDD downlink	Voor digitale TV frequenties (DVB-T) die deels worden beschermd.	$P \geq 59$ $36 \leq P < 59$ $P \leq 36$	10 $P - 49$ -13
C	FDD downlink	Voor onbeschermde digitale TV frequenties	Geen voorwaarden	22

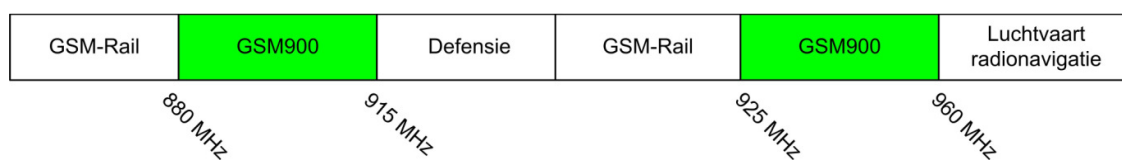
TABEL 3 IN-BLOCK EN OUT-OF-BLOCK EMISSIE VOORWAARDEN IN DE 800 MHZ BAND

Deze voorwaarden gelden voor base stations. Voor terminal stations wordt daarnaast een guard band van minimaal 7 MHz aanbevolen. Deze guard band dient er voor om storing van terminal stations op digitale TV ontvangst te voorkomen. Dit is de reden dat in de TDD kavelindeling een guard band van 7 MHz wordt gebruikt en voor de FDD kavelindeling 1 MHz. (Zie sectie 3.2.)

Omdat SRD systemen lokaal en met laagvermogen worden gebruikt, zijn er voor deze systemen geen aanvullende eisen gesteld. Vanwege het grote verschil in frequentie is er geen storing te verwachten tussen de Digitaal Dividend band en een GSM-R systeem (zie ook de volgende sectie). Vanwege deze reden is dit punt ook niet nader onderzocht in relevante literatuur.

3.3.2 900 MHZ FREQUENTIEBAND

Op dit moment wordt de 900 MHz frequentieband nog gebruikt voor GSM netwerken. Hieronder zijn de aangrenzende frequentiebanden weergegeven.



FIGUUR 7 AANGRENZENDE FREQUENTIEBANDEN VAN DE 900 MHZ BAND

In onderstaande rapporten van de ECC zijn de randvoorwaarden onderzocht, zodat de aangrenzende banden tot een acceptabel niveau interferentie ondervinden van systemen in de 900 MHz frequentieband.

- ECC Report 96: Compatibility between UMTS 900/1800 and systems operating in adjacent bands [15]
- CEPT Draft report 41: Compatibility between LTE and WiMAX operating within the bands 880-915 MHz / 925-960 MHz and 1710-1785 MHz / 1805-1880 MHz (900/1800 MHz bands) and systems operating in adjacent bands [16]
- CEPT Draft report 019: Draft Report from CEPT to the European Commission in response to the Mandate to develop least restrictive technical conditions for frequency bands addressed in the context of WAPECS [5]

- CEPT Draft report 42: Compatibility between UMTS and existing and planned aeronautical systems above 960 MHz [17]

Met name de randvoorwaarden met luchtvaarttoepassingen zijn nog niet afgerond (CEPT Draft report 42). Dit komt, omdat er nieuwe systemen worden ontwikkeld voor deze band, waarvan de technische parameters nog niet volledig bekend zijn.

In onderstaande tabel worden de gebruikte communicatiestandaarden weergegeven. GSM-R (GSM-Rail) is een variant van de GSM standaard die specifiek is toegesneden voor het gebruik bij spoorwegen. De 915 - 921 MHz frequentieband wordt op dit moment gebruikt door Defensie, waarbij geen specifieke communicatiestandaard kan worden genoemd. Ten slotte grenst er aan de bovenkant van de 900 MHz band een systeem voor luchtvaart radionavigatie. De gebruikte standaarden zijn DME (Distance Measuring Equipment) / TACAN (TACTical Air Navigator) / L-DACS (L-band Digital Aeronautical Communication System) voor de burgerluchtvaart en MIDS (Multifunctional Information Distribution System) door Defensie.

Frequentie (MHz)	Systeem	Opmerking
876 - 880	GSM-R (up link)	GSM voor spoorwegen
880 - 915	GSM (up link) UMTS/LTE/WiMAX (up link)	Mobiele communicatie (technologie neutraal). Momenteel vergunningen verleend voor GSM netwerken.
915 - 921	Defensie	
921 - 925	GSM-R (down link)	GSM voor spoorwegen
925 - 960	GSM (down link) UMTS/LTE/WiMAX (down link)	Mobiele communicatie (technologie neutraal). Momenteel vergunningen verleend voor GSM netwerken.
960 - 1164	DME/TACAN/L-DACS MIDS (defensie communicatiesystemen)	Luchtvaart radionavigatie

TABEL 4 AANGRENZENDE SYSTEMEN VAN DE 900 MHZ BAND

Hieronder worden de technische voorwaarden aan UMTS/LTE/WiMAX systemen beschreven om interferentie aan de aangrenzende systemen te beperken. Deze maatregelen zijn overgenomen uit het ECC rapport 96 [15], het CEPT Draft rapport 41 [16] en het CEPT Draft rapport 42 [17].

GSM-R

Om interferentie met GSM-R te beperken gelden de volgende voorwaarden:

1. Er is geen additionele guard band nodig tussen UMTS/LTE/WiMAX netwerken in de 900 MHz band en GSM-R. Een minimale afstand van 200 kHz tussen de kanaalranden van beide netwerken is voldoende. Voor een 5 MHz UMTS/LTE of WiMAX netwerk komt dit overeen met een minimale afstand 2.8 MHz tussen beide draaggolven.
2. In sommige kritische situaties (zoals antennes op hoge posities, of hoogvermogen UMTS/LTE/WiMAX base stations in landelijke gebieden) is coördinatie nodig tussen het GSM-R netwerk en het UMTS/LTE/WiMAX

netwerk. Dit geldt tot 4 km afstand van het GSM-R netwerk. Ook het verhogen van de minimale veldsterkte van het GSM-R netwerk aan de rand van een cel, kan het effect van de interferentie verminderen.

Daarnaast kan power control in de up-link van het GSM-R netwerk er voor zorgen dat interferentie in het naastliggende 10 MHz 900MHz-frequentieblok kan worden gereduceerd. Dit is echter alleen toepasbaar voor GSM-R gebruik bij lage snelheden. Daarbuiten nemen de drop-outs (verbroken verbindingen) significant toe. Een tweede oplossing is om een grotere frequentiescheiding aan te brengen door het GSM-R netwerk te migreren naar de extended GSM-R band⁹. Deze frequentieband grenst ook aan de 900 MHz band en daarom zijn dezelfde problemen te verwachten.

Voor het 5-MHz-frequentieblok grenzend aan de GSM-R frequentieband is, zijn in individuele gevallen extra maatregelen te verwachten, om interferentie op het GSM-R netwerk te reduceren. Hierbij moet gedacht worden aan betere zendfilters om out-of-band emissies te verminderen. Ook kan coördinatie (co-locatie) een oplossing bieden. Tussen mobiele terminals van UMTS/LTE/WiMAX netwerken en de mobiele terminals van het aangrenzende GSM-R netwerk is geen interferentie te verwachten.

Ten slotte wordt in het "Working document towards a Draft ECC report XXX: Practical mechanism to improve the compatibility between GSM-R and public networks and guidance on practical coordination" [18] gewerkt aan praktische coördinatiemaatregelen tussen de GSM-R band en de 900 MHz band.

Uit bovenstaande voorwaarden en aanbevelingen kan voor de Nederlandse situatie worden geconcludeerd dat er voor UMTS/LTE/WiMAX netwerken geen extra voorwaarden nodig. In individuele gevallen is er kans op interferentie, maar dit kan door middel van coördinatie worden opgelost.

Defensie 915 – 921 MHz

Voor deze band is geen informatie beschikbaar over het gebruik. Hierdoor kan er ook geen analyse plaats vinden.

DME/TACAN

DME systemen worden gebruikt om de afstand te bepalen tussen vliegtuig en grondstation. De militaire variant van een DME systeem heet TACAN. In de Nederlandse situatie zijn beide systemen toegewezen aan de 960 – 1164 MHz frequentieband (ARNS allocatie). Voor DME/TACAN netwerken boven de 972 MHz is geen interferentie van UMTS/LTE/WiMAX netwerken in de 900 MHz band te verwachten. Onder de 972 MHz is een kleine storing te verwachten in de orde van 3 à 4 dB.

Momenteel worden alle DME systemen in Nederland boven de 972 MHz gebruikt en is er dus geen interferentie te verwachten. TACAN systemen zijn wel actief beneden de 972 MHz en zullen in dit geval beperkte interferentie ondervinden van UMTS/LTE/WiMAX netwerken.

L-DACS

L-DACS systemen worden ingezet voor communicatie met vliegtuigen. Vanwege toegenomen vliegverkeer zal dit (nieuwe) systeem ook frequenties onder de 972 MHz gebruiken. Hieronder worden de implicaties voor dit nieuwe systeem weergegeven. Op dit moment wordt er nog hard geschreven aan de CEPT Draft rapporten 41 & 42 die de technische voorwaarden beschrijven tussen de 900 MHz communicatieband en deze luchtvaartband Hieronder worden daarom de voorlopige resultaten genoemd.

⁹ De extended GSM-R band is PMR/PAMR frequentieband: uplink 973 – 976 MHz, downlink 915 - 921 MHz

1. L-DACS vliegtuigzenders veroorzaken geen interferentie op een outdoor UMTS/LTE/WiMAX mobiele terminals wanneer de afstand groter dan 500 m is.
2. L-DACS grondstations kunnen ongevoeliger worden door UMTS/LTE/WiMAX mobiele terminals, wanneer deze terminals zich binnen een straal van 2.4 km bevinden.
3. L-DACS vliegtuigontvangers kunnen bij lage hoogtes¹⁰ in een gemengd stedelijk gebied (mixed-urban), interferentie ontvangen van UMTS/LTE/WiMAX base stations in de orde van 3 tot 4 dB. Er wordt niet verder ingegaan op de gevolgen van deze dB-waarden. Het is aannemelijk dat deze ordegrrootte van (extra) interferentie leidt tot een acceptabel prestatieverlies van het L-DACS systeem.
4. UMTS/LTE/WiMAX base stations kunnen ook interferentie veroorzaken op L-DACS grondstations, wanneer deze grondstations in de laagste band (960 – 972 MHz) actief zijn en bovendien de TDD optie gebruiken (L-DACS 2). Deze interferentie is 17 tot 25 dB (afhankelijk van de afstand tussen beide systemen). Indien voor L-DACS 1 (FDD optie) wordt gekozen, kan deze storing worden voorkomen.

Uit bovenstaande (voorlopige) resultaten kan voor de Nederlandse situatie worden geconcludeerd, dat indien het L-DACS 1 systeem (FDD) wordt gekozen, de interferentie door middel van coördinatie kan worden opgelost. Voor de TDD variant (L-DACS 2) lijkt de interferentie zo groot dat de effecten niet eenvoudig door middel van coördinatie kunnen worden opgelost.

MIDS

Het MIDS systeem is een militair datalink-systeem en wordt veel gebruikt voor ondersteuning van luchtoperaties. Het systeem wordt ook wel Link-16 genoemd. Om MIDS systemen te beschermen wordt een extra marge van 17 dB aanbevolen voor de out-of-band emissies van een UMTS/LTE/WiMAX [18] base station in het frequentiegebied tussen 1000 en 1206 MHz. Hierbij wordt interferentie toegelaten op de onderste 11 MIDS kanalen (beneden de 1 GHz). Het is de verwachting dat de kanalen boven de 1 GHz ook in de toekomst voldoende capaciteit zullen bieden. De genoemde marge geldt ten opzichte van de 3GPP specificaties. Momenteel zijn er al UMTS base stations die deze specificatie kunnen halen.

Daarnaast wordt er in bovenstaande documenten een antenneversterking van 15 dBi aangenomen voor een UMTS/LTE/WiMAX base station. Ook wordt in dezelfde documenten aangegeven dat in de praktijk een waarde van 12 dBi wordt gezien als meer realistisch. Dit betekent dat de interferentieniveaus in de praktijk 3 dB lager zullen liggen.

3.3.3 1800 MHz FREQUENTIEBAND

In onderstaande tabel worden de communicatiesystemen weergegeven die grenzen aan de 1800-MHz band.

Meteosat	GSM1800	Mobiele comm. (I-burst) en SRD (microfonen)	Onderwerp van studie	GSM1800	DECT-telefonie (Vergunningsvrij)
	1710 MHz	1785 MHz		1805 MHz	1880 MHz

FIGUUR 8 AANGRENZENDE FREQUENTIEBANDEN VAN DE 1800 MHz BAND

In onderstaande rapporten van de ECC worden de randvoorwaarden onderzocht, zodat de aangrenzende banden tot een acceptabel niveau interferentie ondervinden van systemen in 1800 MHz frequentieband.

- ECC Report 96: Compatibility between UMTS 900/1800 and systems operating in adjacent bands [15]

¹⁰ De exacte hoogte wordt in deze documenten niet gespecificeerd.

- CEPT Draft report 41: Compatibility between LTE and WiMAX operating within the bands 880-915 MHz / 925-960 MHz and 1710-1785 MHz / 1805-1880 MHz (900/1800 MHz bands) and systems operating in adjacent bands [16]

In onderstaande tabel en figuur worden de gebruikte communicatiestandaarden weergegeven. METSAT is een systeem voor weersatellieten die communiceren met een grondstation volgens ITU-R Recommendation SA.1158. Daarnaast worden ook laagvermogen draadloze microfoons gebruikt in de frequentieband 1785 - 1800 MHz. In deze band zijn ook I-burst systemen actief: breedband mobiele communicatiesystemen. Tevens grenst ook de DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) frequentieband voor digitale draadloze telefonie aan de 1800 MHz band. Ook is er nog een deel van het spectrum onbenut (Onderwerp van studie). Ten slotte wordt momenteel een deel van de 1800 MHz gebruikt voor laag vermogen mobiele communicatietoepassingen. Deze band heet de DECT-guard band en loopt van 1877.5 MHz tot 1880 MHz en van 1782.5 MHz tot 1785 MHz.

Frequentie (MHz)	Systeem	Opmerking
1700 - 1710	METSAT Vaste telemetrie	<ul style="list-style-type: none"> • Weersatellieten • Defensie
1710 - 1782.5	GSM (up link) UMTS/LTE/WiMAX (up link)	Mobiele communicatie (technologie neutraal). Momenteel vergunningen verleend voor GSM netwerken.
1782.5 - 1785	GSM-picocellen (up link)	DECT guard-band: vergunningsvrij & technologieneutraal.
1785 - 1800	Radiomicrofoons Vast & mobiel (I-burst)	Mobiele communicatie (technologie neutraal). Tot op heden is alleen de techniek I-burst toegepast door vergunninghouders.
1800 - 1805	Uitgangspunten voor vergunningverlening vormen onderwerp van studie	Draadloos breedband, flexibel gebruik
1805 - 1877.5	GSM (down link) UMTS/LTE/WiMAX (down link)	Mobiele communicatie (technologie neutraal). Momenteel vergunningen verleend voor GSM netwerken.
1877.5 - 1880	GSM-picocellen (down link)	DECT guard-band: vergunningsvrij & technologieneutraal.
1880 - 1900	DECT	Vergunningsvrij

In de volgende paragraaf worden de technische voorwaarden aan UMTS/LTE/WiMAX systemen beschreven om interferentie aan deze aangrenzende systemen te beperken. Deze maatregelen zijn overgenomen uit het ECC rapport 96 [15] en het CEPT Draft report 41 [16].

METSAT

METSAT is een communicatiesysteem voor weersatellieten. Voorlopige analyses laten zien dat er geen interferentie is te verwachten tussen UMTS/LTE/WiMAX systemen en METSAT systemen.

Draadloze microfoons

Ook laten voorlopige analyses zien dat er geen storing is te verwachten tussen UMTS/LTE/WiMAX systemen en draadloze microfoons. Dit is het geval zolang het maximale zendvermogen van deze microfoons voldoen aan de aanbevelingen in het ERC rapport 63 en de aanbeveling ERC/REC 70-03E. Voor handheld microfoons is deze waarde 13 dBm (20 mW) en 17 dBm (50 mW) voor microfoons gedragen op het lichaam (body worn). In deze analyses is er vanuit gegaan dat de 700 kHz guard band tussen beide systemen blijft bestaan. In [19] wordt deze analyse bevestigd voor de Nederlandse situatie.

I-burst

In Nederland worden er vergunningen voor mobiele communicatie verleend in de frequentieband 1785 – 1800 MHz. Het zijn technologie-neutrale vergunningen, maar door de vergunninghouders wordt momenteel alleen de techniek I-burst toegepast. Vergunninghouders zijn vrij om andere technieken toe te passen, zolang de netwerken in naastgelegen frequentiebanden geen interferentie ondervinden. In de literatuur wordt niet onderzocht in hoeverre er storing is te verwachten tussen I-burst netwerken en mobiele communicatienetwerken in de 1800 MHz band.

DECT

DECT is een systeem voor draadloze digitale telefonie. Ook voor dit systeem is er geen interferentie te verwachten tussen UMTS/LTE/WiMAX systemen en DECT systemen. Meer informatie over dit onderwerp is ook te vinden in Hoofdstuk 4.

3.4 INTERFERENTIE OP DE GRENS (BUURLANDEN)

800 MHz FREQUENTIEBAND

Het is mogelijk dat er in de grensgebieden interferentie optreedt. Allereerst kan er storing plaatsvinden tussen twee communicatiesystemen. In de 800 MHz band kunnen zowel FDD als TDD systemen (in de duplex gap) worden gebruikt. De grensoverschrijdende storing is nog onderwerp van verder onderzoek. Hieronder worden de resultaten uit het CEPT rapport nr. 30 [10] weergegeven:

Stoorbron	FDD down link (ontvangt interferentie)	FDD up link (ontvangt interferentie)	TDD up- en down link (ontvangt interferentie)
FDD down link	verdere studie nodig	duplex gap	verdere studie nodig
FDD up link	duplex gap	verdere studie nodig	verdere studie nodig
TDD up- en down link	verdere studie nodig	verdere studie nodig	verdere studie nodig

TABEL 5: RANDVOORWAARDEN TUSSEN GEOGRAFISCH AANGRENZENDE COMMUNICATIESYSTEMEN IN DE 800 MHz BAND

Daarnaast worden er in het CEPT rapport nog aanbevelingen gedaan voor de overgangssituatie, waarbij in het geografische gebied "A" digitale TV uitzendingen zijn en in het aanliggende gebied "B" dezelfde frequentie

wordt benut voor communicatiesystemen. Deze scenario's zijn niet van toepassing op de Nederlandse situatie en daarom niet opgenomen in dit rapport.

Indien in beide buurlanden communicatiesystemen worden gebruikt in deze band, is het aannemelijk dat de voorwaarden voor de 900 MHz kunnen worden gebruikt in deze band. Immers in beide banden worden dezelfde systemen ingezet. Deze voorwaarden worden hieronder beschreven.

900 MHz GRENSGEBIEDEN

In de ECC aanbeveling: ECC Recommendation (02)08 [20] en ECC Recommendation (05)08 [21] worden voorwaarden gesteld aan communicatiesystemen in de 900 en 1800 MHz in grensgebieden. Deze voorwaarden zijn opgesteld voor een drietal scenario's: 1) tussen twee aangrenzende GSM netwerken, 2) een GSM netwerk en een UMTS netwerk, 3) twee UMTS netwerken. In de technologie neutrale uitgifte wordt uitgegaan van scenario 3), omdat de frequentiekavels waarschijnlijk een veelvoud zullen zijn van 5 MHz.

Voor de zogenaamde "preferential frequencies" geldt dat de (voorspelde) veldsterkte niet groter mag zijn dan 59 dB μ V/m/5MHz op een hoogte van 3 meter op de landsgrens en 31 dB μ V/m/5MHz op een afstand van 6 km in het aangrenzende buurland (ook 3 meter hoog). Voor de "non-preferential frequencies" geldt een waarde van 31 dB μ V/m/5MHz op de grens van beide landen. Veldsterktes voor zowel preferential frequencies en non-preferential frequencies kunnen hoger zijn, maar hiervoor is coördinatie met het buurland vereist. Naar alle waarschijnlijkheid kunnen deze resultaten ook worden overgenomen voor de LTE en WiMAX standaarden.

1800 MHz GRENSGEBIEDEN

In de ECC aanbeveling: ECC Recommendation (02)08 [20] en ECC Recommendation (05)08 [21] worden voorwaarden gesteld aan communicatiesystemen in de 900 en 1800 MHz in grensgebieden. Net zoals bij de 900 MHz frequentieband wordt uitgegaan van een technologie neutrale uitgifte, waarbij de kavels een veelvoud zijn van 5 MHz.

Voor de zogenaamde "preferential frequencies" geldt dat de (voorspelde) veldsterkte niet groter mag zijn dan 65 dB μ V/m/5MHz op een hoogte van 3 meter op de landsgrens en 37 dB μ V/m/5MHz op een afstand van 6 km in het aangrenzende buurland (ook 3 meter hoog). Voor de "non-preferential frequencies" geldt een waarde van 37 dB μ V/m/5MHz op de grens van beide landen. Veldsterktes voor zowel preferential frequencies en non-preferential frequencies kunnen hoger zijn, maar hiervoor is coördinatie met het buurland vereist. Naar alle waarschijnlijkheid kunnen deze resultaten ook worden overgenomen voor de LTE en WiMAX standaarden.

4. AANBEVOLEN KAVELINDELING VOOR TECHNOLOGIENEUTRALE UITGIFTE

4.1 INLEIDING

In de 800, 900 en 1800 MHz frequentieband is er in totaal 280 MHz aan frequentieruimte beschikbaar, waarvan 130 MHz beneden de 1 GHz. Dit is als volgt opgebouwd:

- 800 MHz: 2 x 30 MHz FDD spectrumindeling of 65 MHz TDD spectrumindeling
- 900 MHz 2 x 35 MHz FDD spectrumindeling
- 1800 MHz 2 x 75 MHz FDD spectrumindeling

In de voorgaande hoofdstukken zijn besproken welke systemen gebruikt kunnen worden in deze banden. Tevens zijn de technische randvoorwaarden beschreven, zodat deze systemen naast elkaar in dezelfde band kunnen functioneren. In dit hoofdstuk worden deze resultaten gebruikt om antwoord te geven op de volgende vragen:

- Welke kavelindeling(en) zijn bij technologieneutrale uitgifte het meest technisch efficiënt voor de 800, 900, en 1800 MHz banden en in hoeverre dient rekening gehouden te worden met een FDD/TDD indeling?
- Welke invloed hebben de volgende scenario's op de beantwoording van de vorige vraag:
 - a. Het stellen van een algemene beperking aan de maximaal te verkrijgen hoeveelheid frequentieruimte in de 800 en 900 MHz banden per deelnemer aan de verdeling.
 - b. Indien de vrijgestelde DECT-guard band (1877.5 MHz tot 1880 MHz en 1782.5 MHz tot 1785 MHz).
 - i. Vergunningsvrij blijft;
 - ii. Uitgebreid wordt; (Indien voor deze optie wordt gekozen, is er dan gezien de antwoorden op de vragen 1 t/m 4, evident beschikbare frequentieruimte in de 1800 MHz band beschikbaar?)
 - iii. Uitgegeven wordt in de veiling als onderdeel van de 1800 MHz;

4.2 EFFICIËNTE TECHNOLOGIENEUTRALE KAVELINDELINGEN

Met efficiënte technologieneutrale kavelindeling wordt bedoeld dat er zo min mogelijk spectrum verloren gaat bij de uitgifte. Hieronder worden de technische voorwaarden per frequentieband uitgewerkt.

4.2.1 800 MHz FREQUENTIEBAND

In deze band zijn drie kavelindelingen mogelijk, een indeling voor FDD systemen, voor TDD systemen of een mengvorm. In de FDD kavelindeling is totaal 60 MHz beschikbaar (2 x 30 MHz) en in de TDD kavelindeling 65 MHz. In het rapport van Analysys Mason Limited met titel "Economic and Social Limitations to Alternative Uses of 'Digital Dividend' Spectrum" [22] wordt bevestigd dat deze 800 MHz band ook volledig kan worden gebruikt in Nederland vanaf 2012. Vanaf dat moment worden namelijk deze frequenties niet meer gebruikt voor omroep-toepassingen in Nederland en haar buurlanden. Wel wordt momenteel TV kanaal 63 gebruikt voor draadloze microfoons. Voor de uitgifte van de 800 MHz band, dient hiervoor een passende oplossing te worden gevonden, maar dit is geen onderdeel van dit rapport.

De CEPT heeft een voorkeur uitgesproken voor de FDD kanaalindeling en een 5-MHz-kanaalraster, zie ook Sectie 3.2.1. Belangrijke nadelen van het gebruik van TDD systemen in deze band is het verlies aan capaciteit. In het CEPT rapport 019 [5] wordt namelijk een guard band aanbevolen van 5 MHz bij ieder overgang van FDD

naar TDD of van TDD naar FDD spectrum¹¹. Deze guard banden kunnen beperkt ingezet worden voor bijvoorbeeld pico-cel toepassingen. Pico-cellen zijn kleine laag-vermogen base stations. Deze guard band geldt ook tussen twee onafhankelijke TDD systemen. Als gevolg hiervan is het effectieve gebruik bij de TDD indeling minder dan voor een FDD indeling. Bijvoorbeeld indien de 800 MHz band wordt verdeeld aan 3 operators, kan bij de FDD kavelindeling de volledige 60 MHz worden benut, in het TDD geval is dit vanwege de guard bands ongeveer 50 MHz.

Vanuit het oogpunt van een technisch efficiënte veiling, is het daarom raadzaam om te kiezen voor een FDD indeling. Daarbij is het handig om te kiezen voor een kanaalraster van 5 MHz. De reden hiervoor is dat UMTS systemen een kanaalbandbreedte van 5 MHz gebruiken. LTE en WiMAX systemen zijn flexibeler en kunnen een kanaalbandbreedte kiezen tussen de 1.25 en 20 MHz.

4.2.2 900 MHz FREQUENTIEBAND

Deze frequentieband is ontworpen voor FDD systemen en bestaat in totaal uit 70 MHz (2 x 35 MHz). Een operator zou er toch voor kunnen kiezen om een TDD systeem in te zetten in deze, maar dit is technisch niet-efficiënt, omdat de operator een guard band in moet zetten aan de boven- en onderkant van zijn kavel om storing met naburige FDD systemen te voorkomen. In de literatuur wordt er daarom vanuit gegaan dat alleen FDD systemen worden ingezet in deze frequentiebanden.

De volledige ruimte in deze band kan worden benut als er 3G/4G worden ingezet. Daarnaast kunnen deze nieuwe standaarden ook ingezet worden naast (bestaande) GSM netwerken. Hierbij wordt aangeraden om een guard band van 200 kHz toe te passen tussen het GSM netwerk en een 3G/4G netwerk. Daarnaast is er een aanbeveling om de "sandwich" indeling toe te passen. De "sandwich" indeling betekent dat alle 3G/4G netwerken gegroepeerd zijn in één frequentieblok, zodat er zo min mogelijk 3G/4G-GSM overgangen zijn.

Het gebruikte kanaalraster in deze band heeft in principe geen invloed op de benutting van deze band. De UMTS standaard maakt echter gebruik van een kanaalbandbreedte van 5 MHz. Het is daarom wenselijk dat het gebruikte raster een veelvoud is van 5 MHz. Bovendien gebruikt de bestaande GSM standaard een bandbreedte van 200 kHz. Deze waarde is een veelvoud 5 MHz, waardoor er geen onnodige frequentieruimte verloren gaat bij een overgang tussen een 3G/4G netwerk en een bestaand GSM netwerk.

4.2.3 1800 MHz FREQUENTIEBAND

De aanbevelingen voor de 900 MHz kunnen ook toegepast worden voor deze band. In sectie 4.4 wordt nader ingegaan om het gebruik van de DECT-guard band.

4.3 BEPERKING AAN DE MAXIMAAL TE VERKRIJGEN FREQUENTIERUIMTE PER DEELNEMER

Als het maximaal te verkrijgen frequentieruimte per deelnemer wordt beperkt heeft dit geen invloed op de effectieve frequentieruimte die kan worden gebruikt. Dit geldt voor de 900, 1800 MHz band. Tevens is dit ook toepasbaar op de 800 MHz band, indien voor de FDD indeling wordt gekozen. Bij een TDD indeling in de 800 MHz band leidt ieder extra TDD netwerk een verlies van 5 MHz aan guard band op¹². In het algemeen kan worden gesteld dat meer TDD operators in deze band, leidt tot meer verspilling van frequentieruimte aan

¹¹ Bij kanaalbandbreedtes die een veelvoud zijn van 5 MHz, zoals bij de UMTS standaard. In het geval van LTE en WiMAX kan de kanaalbandbreedte ook kleiner zijn. In dat geval is het aannemelijk dat de guard band ook kleiner kan zijn.

¹² Dit is het geval bij kanaalbandbreedtes van 5 MHz of meer. Bij een kleinere kanaalbandbreedte zal waarschijnlijk deze guard band kleiner worden, maar dit wordt niet gespecificeerd in de literatuur.

guard bands. Indien 5 operators 10 MHz TDD spectrum verwerven en 1 operator 15 MHz, kan 40 MHz effectief ingezet worden. In het geval van 2 operators met 20 MHz en 1 operator met 25 MHz, kan 55 MHz effectief worden ingezet. Vanuit het oogpunt van een technisch efficiënte veiling is het daarom raadzaam om de maximaal te verkrijgen ruimte niet te klein te kiezen.

Daarnaast gebruikt UMTS een kanaalbandbreedte van 5 MHz. Voor de nieuwere systemen LTE en WiMAX geldt een kanaalbandbreedte van 1.25 MHz tot 20 MHz. Hieruit volgt dat de minimale kavelgrootte 5 MHz moet zijn.

4.4 DE DECT-GUARD BAND

De DECT-guard band (1877.5 MHz tot 1880 MHz en 1782.5 MHz tot 1785 MHz) was bedoeld om DECT te beschermen tegen storing van GSM. Uit de ERC rapporten nr. 96 [15] & 100 [21] blijkt dat deze DECT-guard band niet noodzakelijk is. De reden hiervoor is dat de DCA (Dynamic Channel Allocation) functie in de DECT standaard en de intra-cell hand-over functionaliteit binnen de GSM standaard ervoor zorgen dat er geen interferentie tussen beide systemen kan ontstaan. Ook in Nederland is dit onderkend en sinds 1 januari 2009 wordt de DECT-guard band daarom ingezet als vergunningsvrije band, waarbij de voorwaarden een maximaal vermogen van 200 mW zijn en een kanaalbreedte van 200 kHz [14]. De naam DECT-guard band is daarom enigszins verwarrend, omdat de naam een ander gebruik suggereert.

In Nederland wordt deze band voornamelijk gebruikt voor laagvermogen GSM toepassingen (GSM pico-cellen). Hierbij moet gedacht worden aan pico-cel GSM base stations, om bijvoorbeeld de ontvangst in gebouwen te verbeteren. In een aantal specifieke gevallen kunnen er wel problemen ontstaan. Met name zijn deze problemen te verwachten wanneer er binnenhuis een UMTS/LTE/WiMAX pico-cel dicht bij een DECT systeem wordt geplaatst. Bij de uitrol van het GSM netwerk in de 1800 MHz band is in de praktijk is gebleken dat deze interferentie bijna niet optreedt en bovendien kunnen eventuele interferentieproblemen door middel van coördinatie opgelost worden.

Echter, naast DECT systemen zijn aan de bovenkant van deze band (1785 - 1800 MHz) ook andere systemen actief, zoals draadloze microfoons en I-burst systemen. In de Nederlandse situatie beschermt de DECT-guard band ook de interferentie van communicatienetwerken in de 1800 MHz op deze systemen. Vanuit dit oogpunt is het raadzaam om de DECT-guard band te laten bestaan. Bovendien wordt op dit moment deze vrijgestelde band gebruikt voor laagvermogen mobiele communicatietoepassingen. Het is daarom lastig om deze band te veilen. Dit zou namelijk betekenen dat de bestaande gebruikers naar een andere frequentieband moeten uitwijken. In het geval van laagvermogen GSM toepassingen is dit moeilijk, omdat er geen andere frequentiebanden vrij zijn die hiervoor gebruikt kunnen worden.

Daarnaast gebruiken UMTS netwerken een vaste kanaalbandbreedte van 5 MHz. Dit betekent dat in het geval van UMTS netwerken ook de banden 1875 MHz tot 1877.5 MHz en 1780 MHz tot 1782.5 MHz niet gebruikt kunnen worden vanwege de DECT guard band. Voor WiMAX en LTE systemen geldt deze beperking overigens niet.

Hieronder is kort weergegeven wat het resultaat is voor ieder scenario:

- Indien de DECT-guard band vergunningsvrij blijft, is er 5 MHz spectrum beschikbaar (2 x 2.5 MHz) voor laagvermogen mobiele communicatietoepassingen. Door de kavelindeling van 5 MHz blijft er een restkavel van 2,5 MHz over. Een kavel van 2,5 MHz kan niet worden gebruikt door UMTS netwerken. Voor LTE/WiMAX systemen geldt deze beperking niet.
- Indien de DECT-guard band wordt uitgebreid, is er meer spectrum beschikbaar voor laagvermogen toepassingen. Vanwege de huidige bandbreedte kunnen op dit moment alleen GSM pico-cellen worden ingezet. Als de DECT-guard band wordt uitgebreid naar 2 x 5 MHz is het ook mogelijk om UMTS/LTE/WiMAX pico-cellen in te zetten. Daarnaast wordt op dit moment een kanaalbreedte van 200

kHz gehanteerd. Om het gebruik van UMTS/LTE/WiMAX pico-cellen toe te laten, moet deze voorwaarde ook worden aangepast.

- Indien de DECT guard band opnieuw wordt uitgegeven, is er 5 MHz frequentieruimte meer beschikbaar voor de veiling. In sommige gevallen kan interferentie optreden tussen een DECT systeem en een mobiel communicatiesysteem in de 1800 MHz band. Bij de uitrol van het GSM netwerk in de 1800 MHz band (in andere landen) is echter in de praktijk gebleken dat deze interferentie bijna niet optreedt. Bovendien kunnen eventuele interferentieproblemen door middel van coördinatie opgelost worden. Desondanks is het zinvol om dit punt nader te onderzoeken voor specifiek de Nederlandse situatie. Aan deze 5 MHz hoeven dan ook geen aanvullende technische voorwaarden worden gesteld. Wel is het zo dat de huidige vergunningsvrije gebruikers van deze band moeten uitwijken naar een andere frequentieband. Zoals hierboven al aangegeven is dit voor sommige toepassingen, zoals pico-cel GSM base stations lastig, omdat er geen andere vrije frequentiebanden zijn die hiervoor benut kunnen worden.

Voor de Nederlandse situatie lijkt het tweede scenario de beste oplossing. Met de uitbreiding van de guard band tot 2×5 MHz, kan deze band ook benut worden door UMTS pico-cellen. Dit gaat niet ten koste van beschikbaar spectrum voor de veiling, omdat de restfrequentie (2×2.5 MHz) niet bruikbaar is voor (macro) UMTS netwerken.

5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In dit rapport is een antwoord gegeven op de vraag onder welke voorwaarden vergunningshouders op een zo technisch efficiënt mogelijke manier verschillende mobiele communicatietechnologieën kunnen toepassen binnen de aan hun vergunde frequentieruimte in de 800, 900, en 1800 MHz band.

De universiteit heeft allereerst in Hoofdstuk 2 een inventarisatie gemaakt van communicatietechnologieën welke gebruikt kunnen worden in deze frequentiebanden. Hieruit kwam naar voren dat de volgende standaarden relevant zijn: GSM, UMTS, LTE en WiMAX. Vervolgens is aan de hand van een literatuurstudie bepaald wat de technische voorwaarden zijn voor een efficiënte technologieneutrale kavelindeling.

Voor de 800 MHz band is er een BEM opgesteld door de Europese CEPT om technologieneutrale uitgifte mogelijk te maken. Deze BEM is beschreven in Appendix A. Er is een BEM gespecificeerd voor zowel een FDD en TDD indeling. Hierbij kan het kanaalraster 5 MHz of 1 MHz zijn. Vanuit het oogpunt van een technisch efficiënte veiling, is het raadzaam om te kiezen voor een FDD indeling. Daarbij is het handig om te kiezen voor een kanaalraster van 5 MHz, omdat UMTS systemen een kanaalbandbreedte van 5 MHz gebruiken.

Voor de 900 MHz en 1800 MHz is er (nog) geen technologieneutrale BEM gespecificeerd. Vanwege de technologieneutrale uitgifte van deze banden, is het wel aan te bevelen om aanvullend onderzoek te verrichten naar een dergelijke BEM. Wel zijn er in de literatuur voorwaarden beschreven hoe nieuwe systemen (3G/4G) zonder interferentie naast bestaande GSM netwerken kunnen functioneren. Deze voorwaarden zijn beschreven in Hoofdstuk 3. Tussen een GSM netwerk en een 3G/4G netwerk is een guard band van 200 kHz (1 GSM kanaal) vereist om interferentie tussen beide systemen te voorkomen. Ook in deze band is het wenselijk om te kiezen voor een kanaalraster van 5 MHz of een veelvoud hiervan. Bij aangrenzende frequentiebanden worden extra eisen aan nieuwe systemen gesteld, om met name storing met GSM-Rail en luchtvaartnavigatie-toepassingen tot een acceptabel niveau te brengen.

Ten slotte is er ook onderzoek verricht in Hoofdstuk 4 naar de vergunningsvrije DECT-guard band. Op dit moment wordt deze frequentieband al gebruikt door vergunningsvrije toepassingen zoals GSM pico-cellen. Om deze reden is het lastig om deze band onderdeel te laten zijn van de veiling. Als de guard band wordt uitgebreid naar 2 x 5 MHz is het ook mogelijk om UMTS pico-cellen te gebruiken in deze guard band. Hierbij gaat weinig frequentieruimte verloren, omdat deze extra 5 MHz sowieso niet gebruikt kan worden door (macro) UMTS systemen.

Daarnaast is in Hoofdstuk 4 aangegeven wat efficiënte technologieneutrale kavelindelingen zijn voor de 800, 900 en 1800 MHz band. Tevens is onderzocht wat de invloed is van een beperking van de maximaal te verkrijgen frequentieruimte per deelnemer. Als het maximaal te verkrijgen frequentieruimte per deelnemer wordt beperkt, heeft dit geen invloed op de effectieve frequentieruimte die kan worden gebruikt.

6. LITERATUURLIJST

- [1]. **Europese Unie.** Beschikking (2009/766/EG) van de commissie van 16 oktober 2009 betreffende de harmonisatie van de 900 MHz en de 1 800 MHz-frequentieband voor terrestrische systemen die pan-Europese elektronischecomunicatiediensten kunnen verschaffen in de Gemeenschap. 2009.
- [2]. **de Nederlandse Staat.** Besluit van de Staatssecretaris van Economische Zaken van 10 januari 2010, nr. EZ/ICT/10002050, houdende wijziging van het Nationaal Frequentieplan 2005. 2010.
- [3]. —. Consultatiedocument Digitaal Dividend in de UHF frequentieband (470 - 862 MHz). 2009.
- [4]. **TNO.** Rapport 34302: Frequentietechnisch onderzoek 2,6 GHz. 2007.
- [5]. **CEPT.** Draft Report 019: Draft Report from CEPT to the European Commission in response to the Mandate to develop least restrictive technical conditions for frequency bands addressed in the context of WAPECS. 2007.
- [6]. **ECC.** Report 82: Compatibility study for UMTS operating within the GSM 900 and GSM 1800 frequency band. 2006.
- [7]. **CEPT.** Draft report 40: Compatibility study for LTE and WiMAX operating within the bands 880-915 MHz / 925-960 MHz and 1710-1785 MHz / 1805-1880 MHz (900/1800 MHz bands). 2010.
- [8]. **ECC.** Report 131: Derivation of a Block Edge Mask (BEM) for terminal stations in the 2.6 GHz frequency band (2500 -2690 MHz). 2009.
- [9]. —. PT1 meeting documents. May 2010.
- [10]. **CEPT.** Report 30: The identification of common and minimal (least restrictive) technical conditions for 790 - 862 MHz for the digital dividend in the European Union. 2009.
- [11]. **Marache, F. and Char, A.** Downlink impact of GSM900 on UMTS900 in co-sited case," Personal, Indoor and Mobile Radio Communications. *Proceedings of the IEEE PIMRC.* 2008.
- [12]. **Vanghi, V., Saglam, M. and Jindi, J.** Frequency Coordination Between UMTS and GSM Systems at 900 MHz,. *Proceedings of the IEEE PIMRC.* 2007.
- [13]. **Holma, H., Ahonpaa, T. and Prieur, E.** UMTS900 Co-Existence with GSM900. *Proceedings of the IEEE VTC2007-Spring.* 2007.
- [14]. **Agentschap Telecom.** Vergunningsvrije radiotoepassingen. [Online] 2008. <http://www.agentschap-telecom.nl/binaries/content/assets/agentschaptelecom/Folders-en-brochures/Brochure+vergunningsvrije+radiotoepassingen.pdf>.
- [15]. **ECC.** Report 96: Compatibility between UMTS 900/1800 and systems operating in adjacent bands. 2007.
- [16]. **CEPT.** Draft report 41: Compatibility between LTE and WiMAX operating within the bands 880-915 MHz / 925-960 MHz and 1710-1785 MHz / 1805-1880 MHz (900/1800 MHz bands) and systems operating in adjacent bands. 2010.
- [17]. —. Draft report 42: "Compatibility between UMTS and existing and planned aeronautical systems above 960MHz". 2010.
- [18]. **ECC.** Working document towards a ECC Draft report XXX: Practical mechanism to improve the compatibility between GSM-R and public networks and guidance on practical coordination.

[19]. **Agentschap Telecom**. Uitgifte van de DECT-guardband. 2007.

[20]. **ECC**. Recommendation (02)08: Frequency planning and frequency coordination for the GSM 900 (including E-GSM) /UMTS 900, GSM 1800/UMTS 1800 land mobile systems. 2008.

[21]. —. Recommendation (05)08: Frequency planning and frequency coordination for the GSM 900, GSM 1800, E-GSM and GSM-R land mobile Systems. 2006.

[22]. **Analysys Mason Limited**. Economic and Social Limitations to Alternative Uses of 'Digital Dividend' Spectrum. 2008.

[23]. **ERC**. Recommendation 01-01: Border coordination of UMTS. 2007.

[24]. —. Report 100: Compatibility between certain radiocommunications systems operating in adjacent bands, evaluation of DECT / GSM 1800 compatibility. 2000.

[25]. **TNO**. Rapport 34297: Herbestemming van de "DECT guard band". 2007.

APPENDIX A: BEM 800 MHz

A.1 BASE STATIONS

Maximaal in-block zendvermogen

De in-block EIRP eis voor base stations (FDD en TDD) kan door ieder land zelf worden gekozen tussen 56 dBm/5MHz en 64 dBm/5MHz. In specifieke gevallen mag deze limiet hoger zijn, zoals in landelijke gebieden.

Maximale out-of-block limieten

In de onderstaande tabellen (Tabel 6, Tabel 7 en Tabel 8) worden de out-of-block BEM eisen voor base stations gespecificeerd. Zie ook Figuur 2 en Figuur 3 op bladzijde 11 voor de twee mogelijke indelingen van de 800 MHz band. De CEPT heeft een voorkeur uitgesproken voor de FDD indeling (Figuur 2).

Frequentiebereik van out-of-block emissies	Maximale gemiddelde out-of-block EIRP
FDD uplink spectrum(832 – 862 MHz)	-49.5 dBm/5 MHz
TDD spectrum (nog niet gealloceerd)	-49.5 dBm/5 MHz

TABEL 6 BASE STATION BEM VOOR OUT-OF-BLOCK EIRP LIMieten

Frequentiebereik van out-of-block emissies	Maximale gemiddelde out-of-block EIRP
-10 tot -5 MHz vanaf de lower block edge	18 dBm/5MHz
-5 tot 0 MHz vanaf de lower block edge	22 dBm/5MHz
0 tot +5 MHz vanaf de upper block edge	22 dBm/5MHz
+5 tot +10 MHz vanaf de upper block edge	18 dBm/5MHz
Resterende FDD downlink frequenties	11 dBm/1MHz

TABEL 7 OVERGANGSEISEN – BASE STATION BEM VOOR OUT-OF-BLOCK EIRP LIMieten PER ANTENNE¹³ VOOR FDD DOWNLINK EN TDD SPECTRUM

Frequentiebereik van out-of-block emissies	Maximale gemiddelde out-of-block EIRP
Guard band tussen de omroepband edge en de FDD downlink band edge	17.4 dBm/1MHz
Guard band tussen de omroepband edge and TDD band edge	15 dBm/1MHz

¹³ Voor 1 tot 4 antennes

Guard band tussen de FDD downlink band edge en FDD uplink band edge (duplex gap)	15 dBm/1MHz
Guard band tussen FDD downlink band edge en TDD band edge	15 dBm/1MHz
Guard band tussen FDD uplink band edge en TDD band edge	15 dBm/1MHz

TABEL 8 OVERGANGSEISEN – BASE STATION BEM VOOR OUT-OF-BLOCK EIRP LIMieten PER ANTENNE¹⁴ VOOR FREQUENTIES DIE GEBRUIKT WORDEN ALS GUARD BAND

A.2 MOBIELE TERMINALS

Onderstaande eisen gelden voor vaste terminal stations (fixed) als EIRP eisen of als TRP eis (Total Radiated Power) voor (nomadische) mobiele terminal stations. Voor rondstralende antennes zijn de EIRP en TRP gelijk.

Maximaal in-block zendvermogen

De in-block EIRP/TRP eis voor FDD of TDD terminals is 23 dBm¹⁴. Landen mogen van deze waarde afwijken, zoals in landelijke gebieden, zolang aan de verplichtingen -om storing met buurlanden te voorkomen- wordt voldaan.

Maximale out-of-block FDD-terminal-station limieten voor de geharmoniseerde voorkeursfrequentie-indeling

Tabel 9 specificeert de maximale waarde van de out-of-band emissies voor FDD terminal stations voor de geharmoniseerde voorkeursfrequentie-indeling (preferred harmonised frequency arrangement: 2x30 MHz starting at 791 MHz with a duplex gap of 11 MHz).

Frequentiebereik van out-of-block emissies	Maximale gemiddelde out-of-block EIRP
Lager dan 790 MHz	-65 dBm/8MHz*
790 tot 791 MHz	-44 dBm/1MHz
791 tot 821 MHz	-37 dBm/5MHz
821 tot 822 MHz	-13 dBm/1MHz
822 MHz tot -5 MHz van FDD uplink lower channel edge	-6 dBm/5MHz
-5 tot 0 MHz van FDD uplink lower channel edge	1.6 dBm/5MHz
0 tot + 5MHz van FDD uplink upper channel edge	1.6 dBm/5MHz
+5 MHz van FDD uplink upper channel edge tot 862 MHz	-6 dBm/5MHz

TABEL 9 OUT-OF-BAND EISEN VOOR FDD TERMINAL STATIONS

¹⁴ Deze waarden hebben een tolerantie van +2 dB, om rekening te houden met extreme omgevingscondities en productiespreiding

* Full duplex FDD terminal stations die ontworpen zijn voor de voorkeursfrequentie-indeling zullen automatisch voldoen aan deze eis.

Maximale out-of-block limieten voor andere FDD terminal stations en voor TDD terminal stations

Voor TDD terminal stations en voor FDD terminal stations die niet de geharmoniseerde voorkeursfrequentie-indeling gebruiken gelden de eisen in onderstaande tabellen (Tabel 10, Tabel 11 en Tabel 12).

Frequentiebereik van out-of-block emissies	Maximale gemiddelde out-of-block EIRP
FDD downlink frequenties	-37 dBm/5MHz

TABEL 10 OUT-OF-BAND EISEN IN DE FDD DOWNLINK BAND VOOR TERMINAL STATIONS

Frequentiebereik van out-of-block emissies	Maximale gemiddelde out-of-block EIRP
-10 tot -5 MHz van lower channel edge	-6 dBm/5MHz
-5 tot 0 MHz van lower channel edge	1.6 dBm/5MHz
0 tot + 5MHz van upper channel edge	1.6 dBm/5MHz
+5 tot + 10 MHz van uplink upper channel edge	-6 dBm/5MHz
Resterende TDD frequenties	-37 dBm/5MHz
Resterende FDD uplink frequenties	-13 dBm/1MHz
Frequenties gealloceerd voor omroep	-65 dBm/8MHz

TABEL 11 OUT-OF-BAND EISEN VOOR TERMINAL STATIONS IN DE TDD, FDD UPLINK EN OMROEPFREQUENTIES

Frequentiebereik van out-of-block emissies	Maximale gemiddelde out-of-block EIRP
Guard band tussen de omroepband edge en de FDD downlink band edge	-44 dBm/1MHz
Guard band tussen de omroepband edge en de TDD band edge	-5.4 dBm/1MHz
Guard band tussen de FDD downlink band edge en de FDD uplink band edge (duplex gap)	-5.4 dBm/1MHz
Guard band tussen de FDD downlink band edge en de TDD band edge	-5.4 dBm/1MHz

Guard band tussen de FDD uplink band edge en TDD band edge	-5.4 dBm/1MHz
--	---------------

TABEL 12 OUT-OF-BAND EISEN VOOR TERMINAL STATIONS IN GUARD BANDS