

Indeling 3,5 GHz-band



Ir. Tommy van der Vorst

Ir. Jan van Rees

12 juli 2022

Onderzoeksvragen

1. Is het te verwachten dat er 'bovenin' de 3,5 GHz-band (waar in o.a. Duitsland de lokale gebruikers zitten) naar verwachting eerder en goedkopere apparatuur voor lokale gebruikers beschikbaar komt dan 'onderin' de band?
2. Is het aannemelijk dat de aanwezigheid van een smallere guard band 'onderin' de band, namelijk van 20 MHz (3.400-3.420 MHz) in plaats van 100 MHz (3.400-3.500 MHz), die nodig is vanwege radar in de band onder de 3,5 GHz-band, ertoe leidt dat er (sterke) filtering nodig is, en dat dit leidt tot een hoger energieverbruik en fysiek grotere apparatuur?

Quick-scan onderzoek. Beantwoording: best-effort en op basis van wat we in 1,5 week hebben weten te vinden/uitvragen. Reacties van 3 vendors (2 schriftelijk, 1 gesprek).

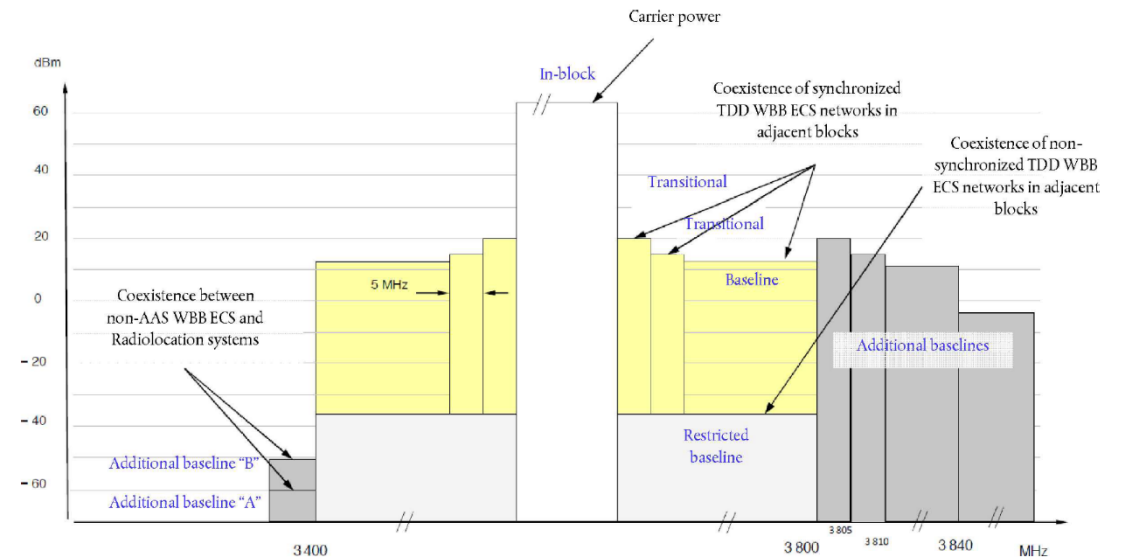
Aanname: synchronisatie tussen MNO's en private netwerken.

Context

- EC Decision 2019/235 bepaalt de 'Block Edge Mask' voor de 3,5 GHz-band. Daarbij worden twee 'additional baselines' voorgesteld voor landen die radar onder 3.400 GHz wensen te beschermen.
- Deze (aanvullende) eisen aan de onderzijde van de band (< -52 dBm/MHz) zijn relatief 'streng', wat leidt tot noodzaak voor sterke filtering en/of toepassen van een guard band.
- Bij een limiet van -52 dBm/MHz zou een guard band van 20 MHz nodig zijn, en het hanteren van een afstand van ~ 12 kilometer rond vaste radarstations.
- De vraag is of de guard band (ook) nodig is bij indoor-gebruik (dat levert immers al forse demping op), of dat een kleinere/geen guard band volstaat.

Figure

Example of base station BEM elements and power limits



Aanbod grotere vendors (voor MNO's)

De drie grote vendors (Ericsson, Huawei, Nokia) hebben standaard, *additional baseline compliant* EU-modellen (5G AAU/RR) die werken vanaf 3.450 MHz (er is ook standaardapparatuur gericht op andere markten, maar die voldoet dan niet aan de *additional baseline*).

Vendor A heeft daarnaast een compliant standaardmodel dat start vanaf 3.420 MHz. Dit model heeft vergelijkbaar stroomverbruik, afmetingen en kosten als het 3.450 MHz-model (de filtering is scherp genoeg en simpelweg 'opgeschoven' ten opzichte van het 3.450-model).

Vendor B heeft daarnaast een compliant standaardmodel dat start vanaf 3.410 MHz. Dit model heeft een lagere energie-efficiëntie, hogere afmetingen en hoger gewicht dan het 3.450-model. (de filtering is verscherpt).

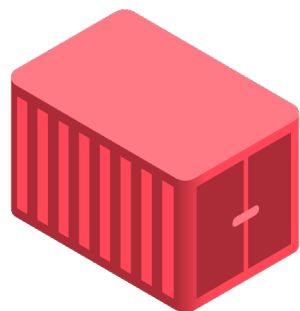
(NB, van de standaardmodellen bestaan vaak ook 'standaard' zwaardere/grotere varianten die bijvoorbeeld meer bandbreedte en/of een hoger zendvermogen kunnen inzetten. Vergelijkingen in dit document zijn 'ceteris paribus', dus gegeven dat de overige parameters gelijk blijven.)

Aanbod grotere vendors (voor MNO's) – custom

Naast standaardmodellen kunnen vendors vaak ook op verzoek van grotere klanten 'custom' ('re-engineered') modellen uitleveren:

- Een van de vendors kan naast de standaardmodellen ook een 'custom' compliant model vanaf 3.410 leveren. Dit model is zwaarder, maar kent hetzelfde stroomverbruik en afmetingen als de 3.450/3.420-tegenhangers.
- Voor de andere vendors is niet duidelijk wat zij precies (als compliant maatwerk) kunnen leveren naast de standaardmodellen.

Private netwerken – toekomstige segmenten?



Grootschalig industrieel

Outdoor

Meerdere (hoge) opstelpunten

'MNO-grade' apparatuur

Bijv.: containerterminals, grotere industrieterreinen

- Klein aantal partijen (al bekend bij AT, huidige netwerken!)
- Gebruikt zelfde apparatuur als MNO's, maar kan alleen beschikken over standaardmodellen. Customization is gezien lage volumes niet aan de orde.

dialogic
innovatie • interactie



Middelgroot, 'CBRS-model'

Indoor/outdoor

Beperkt aantal opstelpunten (1-10)

Small vendor apparatuur

Bijv: camerabewaking, FWA

- De vraag is voor welke partijen in Nederland dit interessant is (gegeven 5G-dienstverlening van MNO's en eventueel cloud RAN-aanbod in de toekomst)
- Kleinere venders, wereldwijde markt, Beschikbaarheid BEM-compliant apparatuur op korte termijn onwaarschijnlijk.



Indoor 'Cloud RAN'

Indoor

Groot aantal kleine opstelpunten

'Cloud RAN'-based

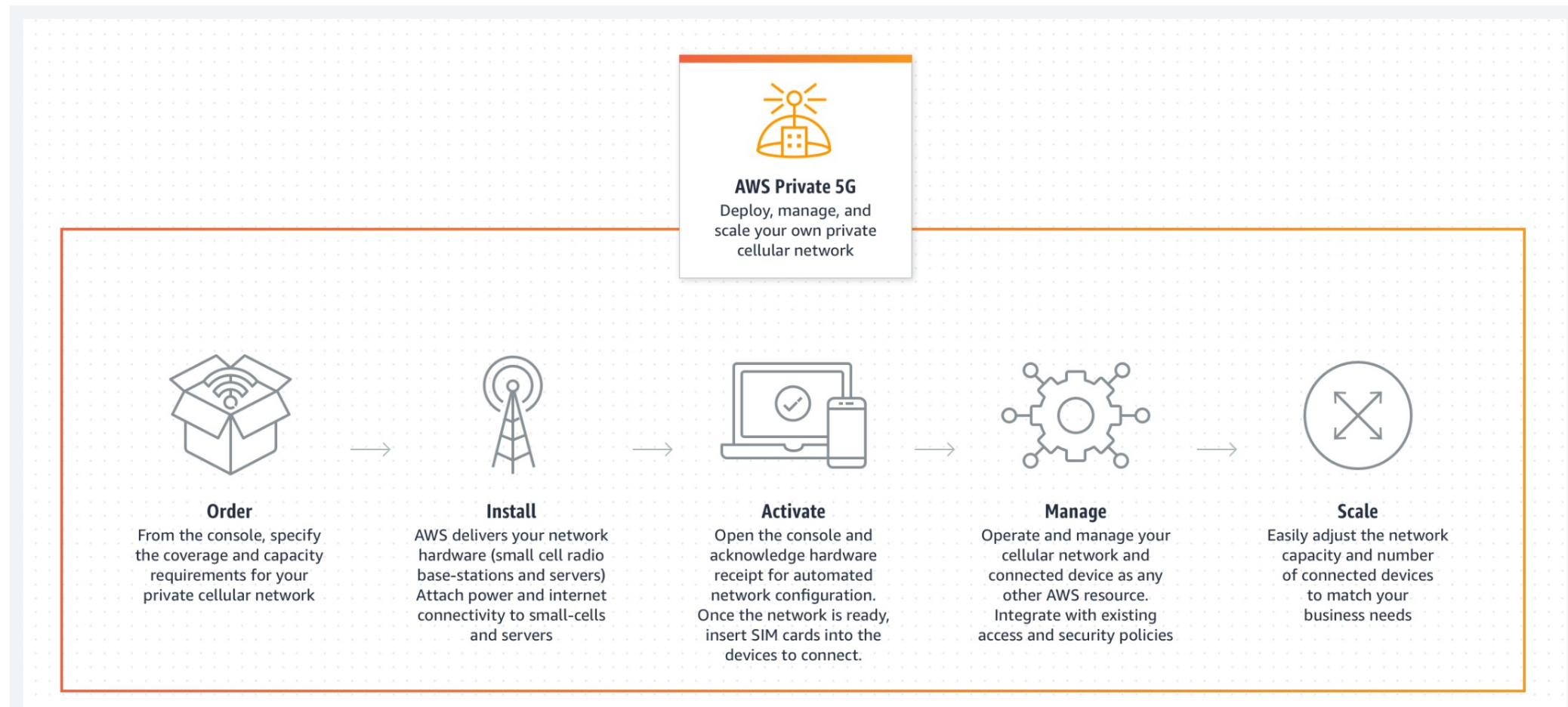
Bijv: ziekenhuis, Schiphol

- Netwerken lijken meer op Wi-Fi-netwerken dan telecomnetwerken.
- Cloud RAN-apparatuur vooral gericht op lage kosten en wereldwijde markt. Beschikbaarheid BEM-compliant apparatuur op korte termijn onwaarschijnlijk.
- Weinig landen in Europa waar private gebruikers zoveel ruimte krijgen. Komt dit model van de grond?

Cloud RAN

How it works

AWS Private 5G is a managed service that makes it easy to deploy, operate, and scale your own private cellular network, with all required hardware and software provided by AWS.



Private network equipment vendors

- We verwachten dat de kleinere vendors (Mavenir, BayCell, Parallel Wireless, Airspan, etc.) / cloud-RAN-aanbod zich initieel voornamelijk zal richten op de volumes in de Amerikaanse CBRS-band (standaardmodellen).
- Deze apparatuur kan ook werken in de 3.400 – 3.800 MHz-band. Hier spelen echter dezelfde filteruitdagingen als bij de grotere vendors. De filtereisen voor CBRS zijn minder streng dan de (additional) BEM-baseline.
- Bij kleinere volumes is de kans dat deze vendors specifieke oplossingen (zoals de sterke filtering) compliant met de additional baseline beschikbaar stellen kleiner. Vanuit Duitsland is deze vraag er in ieder geval niet.
- Grotere afnemers gebruiken 'MNO-grade' apparatuur. Vanwege de lagere volumes is het echter niet waarschijnlijk dat de grote vendors voor een enkele private klant een custom batch apparatuur met extra filtering gaat leveren.

Uitvraag

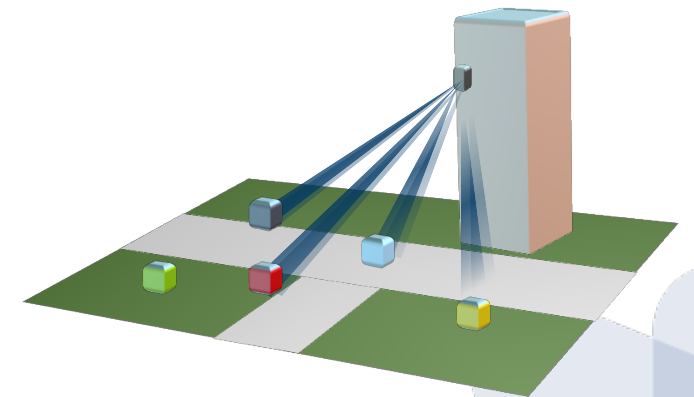
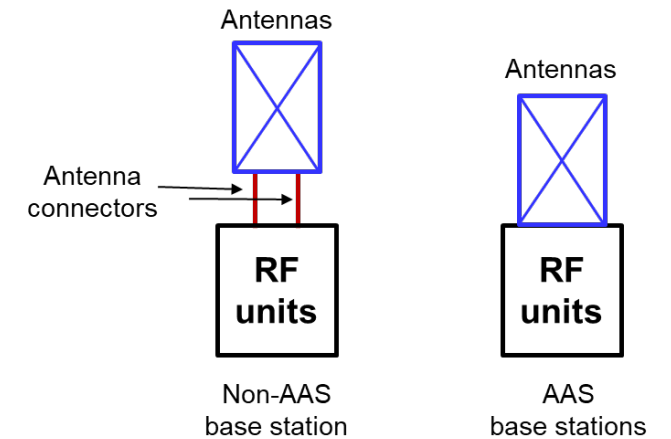
Naast gesprekken met Ericsson, Nokia en Huawei hebben we contact gezocht met JRC, Athonet, Cambium en Airspan.

Van deze kleinere leveranciers (die zich richten op het private segment) hebben we beperkte reactie ontvangen.

- Een van de aanbieders heeft nog geen 5G-aanbod, wel proprietary technologie vanaf 3.300 MHz.

Afmetingen radio-apparatuur i.r.t. benodigde filtering

- Een filter wordt per antenne-element toegepast tussen de RRU (apparaat dat het signaal genereert) en de fysieke antenne.
- Bij een niet-actief antennesysteem kan de filter eenvoudigweg tussen de RRU en fysieke antenne worden geplaatst (soms zijn deze geïntegreerd in één apparaat).
- Bij een actief antennesysteem (AAS/AAU) bestaat een antenne(systeem) uit een groot aantal antenne-elementen (bij 64T64R MIMO zijn dat er bijvoorbeeld 64). → meerdere filters nodig → kosten.
- Deze elementen zijn op gezette afstand (afhankelijk van de frequentie) van elkaar geplaatst op een 'paneel' → filters passen fysiek niet of lastig (vanwege afmeting).



Afmetingen radio-apparatuur i.r.t. benodigde filtering

Conclusie:

- Gegeven de additional baseline is een guard band van 20 MHz voldoende met 'standaard' apparatuur (van twee grote vendors). Voor gebruik van 3.410-3.420 MHz is steile filtering nodig.
- Voor **niet-actieve antennesystemen** is de impact van die extra filtering op afmeting van het apparaat te overzien. Er moeten geïntegreerde of losse filters tussen RRU en antenne worden geplaatst (dus kost wel iets ruimte). Bij MIMO-systemen zijn meerdere filters nodig (€700-1.000/filter). Losse filters leiden tot meer *onderhoud*, 'liever niet'.
- Voor **actieve antennesystemen** is het de vraag óf filtering überhaupt mogelijk is.
 - Niet-Massive MIMO: antennesysteem zal zwaarder (één vendor geeft aan: bijna dubbel zo zwaar) en wellicht duurder worden omdat er per antenne-element een filter moet worden geplaatst (tussen fysieke antenne en RF-eenheid).
 - Massive MIMO: niet altijd mogelijk.

Massive MIMO

- **Massive MIMO (64T64R)** verwachten we vooral in zeer drukke (stedelijke) gebieden, evenementenlocaties, en tussen hoogbouw ('omhoogkijkend'). Relatief lage hoogte en (soms) laag vermogen. De laatste stap voor 'small cells'.
 - Scherpe filtering zo goed als onmogelijk
- Naast Massive MIMO ook veel '**gewone**' MIMO in steden.
- In het buitengebied alleen 'gewone' MIMO (2x2, 4x4 RRU), of (8-16-32)TR AAU (bij horizontale verdeling van gebruikers), hoger alleen bij hoge opstelling die kan 'neerkijken'.
 - 'Niet-scherpe' filters zijn vaak al aanwezig in RRU's (maar worden niet altijd ingesteld, omdat ze dan niet meer te wijzigen zijn!).
- EMF-algoritmes in AAU kunnen een instelbaar maximum vermogen handhaven richting bijv. een radarstation. Softwarematig en complex, maar theoretisch wel mogelijk.

Stroomverbruik i.r.t. filtering

- Filtering = demping van een ongewenst (deel van een) signaal (door dit om te zetten in warmte).
 - Sterke filtering leidt tot hogere 'passband loss' (verlies van het gewenste signaal door de filter). De hoogte van het verlies verschilt per vendor.
 - Als er een even grote RF output gewenst is, is er een zwaardere radio-unit nodig (wat tot hoger stroomverbruik leidt).
- Met name de steile(re) filters kunnen voor grotere pass-band loss zorgen, en dus tot hoger stroomverbruik leiden.

Gezien de dichtheid van Nederlandse netwerken (en beperkte footprint van private netwerken) is de vraag of men dan niet gewoon genoeg neemt met lagere vermogens. Indoor sowieso al lagere vermogens (en meer demping door het gebouw).

Is het te verwachten dat er 'bovenin' de 3,5 GHz-band (waar in o.a. Duitsland de lokale gebruikers zitten) naar verwachting eerder en goedkopere apparatuur voor lokale gebruikers beschikbaar komt dan 'onderin' de band?

- Vendors maken voor de hele EU 'standaardmodellen'. Die zijn voor de hele band verkrijgbaar.
- Toepassen van de additional baseline maakt dat ofwel een substantieel deel van de band (20-50 MHz) niet kan worden gebruikt (en als guard moet worden ingezet), ofwel dat een steile filter moet worden toegepast (en dan tot 10 MHz guard). Die filters zijn 'custom' werk. Bij sommige vendors is de 3.420-apparatuur al minder ideaal.
- Kleinere private netwerken zullen naar verwachting voornamelijk gebruik maken van het aanbod van kleinere vendors, 'OpenRAN' met cloud-based core. Er is veel aanbod voor de 3,5 GHz-band (3.400-3.800 MHz) als voor het specifieke CBRS-deel (3.550-3.700 MHz). Betaalbaar aanbod van custom aanpassingen / specifieke (EU-/NL-)modellen is minder waarschijnlijk.
- Grotere private netwerken gebruiken 'MNO-grade' apparatuur. Zij kunnen standaardmodellen afnemen, maar vanwege lage volumes is customization niet aan de orde.
- Elders in Europa geen/nauwelijks private gebruikers onderin de 3,5-band. Daarom verwachten we een beperkt aanbod van aangepaste apparatuur.
- Private gebruikers die zowel in het hoge als lage banddeel spectrum willen gebruiken, moeten daarvoor gegeven het huidige aanbod twee RRU/AAU's afnemen. (De 'full band' apparatuur is nu nog fors duurder, en het is niet zeker dat die kan worden ingezet met een dermate grote 'gap' tussen de twee carriers. Op de langere termijn verdwijnen deze beperkingen wellicht). Een grotere 'contiguous' band voor private netwerken heeft voor hen de voorkeur (is tevens iets efficiënter).

Is het aannemelijk dat de aanwezigheid van een smallere guard band 'onderin' de band, namelijk van 20 MHz (3.400-3.420 MHz) in plaats van 100 MHz (3.400-3.500 MHz), die nodig is vanwege radar in de band onder de 3,5 GHz-band, ertoe leidt dat er (sterke) filtering nodig is, en dat dit leidt tot een hoger energieverbruik en fysiek grotere apparatuur?

- Bij een guard band van 20 MHz (3.400 – 3.420 MHz) kan de Europese versie van 'standaard' apparatuur worden gebruikt van 2 van de 3 grotere vendors, waarbij de apparatuur van één vendor vergelijkbare prestaties kent als het standaardmodel.
- Het is niet zeker of de 'standaardmodellen' van de kleinere partijen, voornamelijk relevant voor de private netwerken, voldoen bij een guard band van 20 MHz. Specificaties zijn zeer beperkt beschikbaar. (Verwachting: ze kunnen voldoen bij lagere vermogens/indoor).
- Sterkere filtering is nodig voor een guard band van <20 MHz. 10 MHz is haalbaar.
 - Dit kan inderdaad leiden tot hoger energieverbruik (bij gelijke output)
 - Grotere apparatuur is denkbaar volgens één vendor (tot wel verdubbeling)
 - Het is niet zeker dat Massive MIMO ook gebruik kan maken van deze steile filters (vendorafhankelijk). (Vraag: in hoeverre willen private gebruikers MMIMO?)
 - Deze apparatuur is een stuk kostbaarder en soms alleen in grotere volumes beschikbaar ('custom' werk bij actieve antennes).
 - We verwachten niet dat dit op korte termijn en kosteneffectief beschikbaar komt bij de kleinere vendors.

	MNO's	Private gebruikers	Toezicht (AT)
Privaat bovenin 3,5 GHz-band	<ul style="list-style-type: none"> - Onderste kavel is niet volledig in te zetten met 100 MHz carrier - Aangepaste apparatuur nodig <ul style="list-style-type: none"> - Minder uniformiteit apparatuur in netwerk - Zwaardere apparatuur → mogelijk andere opstelpunten nodig - Hoger stroomverbruik → hogere kosten 	<ul style="list-style-type: none"> + Gebruik goedkope (cloud RAN/small vendor) apparatuur mogelijk + Volledige 100 MHz inzetbaar (meer gebruikers) ~ Zelfde als Duitsland. Afstemmen met individuele private netwerken in grensgebied? 	<ul style="list-style-type: none"> + Afspraken maken met één MNO.
Privaat onderin 3,5 GHz-band	<ul style="list-style-type: none"> + Geen aangepaste apparatuur nodig <ul style="list-style-type: none"> + Uniformiteit apparatuur in netwerk + Alle kavels voor MNO's gelijkwaardig, 100 MHz haalbaar voor alle MNO's 	<ul style="list-style-type: none"> - Specifieke apparatuur nodig - Niet de volledige band is inzetbaar. In drukke en grensgebieden (haven R'dam) levert dat wellicht schaarste op. - Enige in Europa. Meer gedoe in grensgebieden? 	<ul style="list-style-type: none"> - Handhaving/afspraken betreffen meerdere partijen (voor wie het netwerk niet de 'core business' is) - Indien BEM-norm wordt losgelaten/verzacht is strenger toezicht nodig.

De BEM-norm in andere landen

- Duitsland: private gebruikers bovenin, onderste deel band MNO. Lokale oplossingen t.b.v. radarstations. Strenge BEM-norm (-50 dBm/1MHz).
- Ierland: Airspan vanaf 3.410 MHz. BEM-norm is -34 dBm/5 MHz (maar: beleid stamt uit 2016, onduidelijk of dit is/wordt gewijzigd).
- UK: MNO onderin. BEM-norm is -50 dBm/1 MHz, maar ten opzichte van 3.390 MHz (10 MHz extra ruimte).

Duitsland

Guard band 3.400-3.410 MHz of 3.400-3.420 MHz niet nodig, omdat lokaal oplossingen kunnen worden gevonden.

The Chamber has ruled as follows:

- 100 No guard band will be stipulated with regard to the adjacent applications below 3400 MHz. A guard band from 3400 MHz to 3410 MHz or, as some respondents called for, from 3400 MHz to 3420 MHz, is not necessary since local solutions can be found individually to achieve compatibility with adjacent military radar systems. A guard band is not necessary to protect radio astronomy either.
- 101 Protection for radio astronomy concerns the Effelsberg station. Below the lower band edge at 3400 MHz, it could be necessary to impose slight local restrictions on MFCN to protect the radio astronomy station at Effelsberg. The permissible unwanted emissions correspond to the permissible out-of-band emissions to protect military radar systems. There should be no restrictions, as far as possible, on the operations of the radio astronomy station. In line with the Bundesnetzagentur's administrative practice, compatibility is established in the setting of the site-related technical parameters as part of the frequency assignment and taking into account the conditions on site. It is, therefore, not necessary to stipulate a fixed guard band within the frequency band for MFCN to protect reception at the radio astronomy station in Effelsberg.
- 102 The federal armed forces operate fixed radar systems in the band below 3400 MHz at fewer than ten sites in rural areas. It is intended to inform future holders of assignments for the frequency blocks concerned about the geographical location so as to enable efficient and interference-free use of the frequencies.
- 103 Regarding the implications of usage restrictions on availability, the following should be noted:
- 104 If passive antennas (non-AAS) are used in the 5G base station, the limit of -50 dBm/MHz EIRP on out-of-band emissions for TDD given in ECC Decision (11)06 is to apply.
- 105 For AAS, the emissions of the 5G base station are to be limited to -52 dBm/MHz TRP (Total Radiated Power) per cell. In addition, a coordination zone of 12 km to protect adjacent military radar is necessary.
- 106 Studies on this issue by CEPT are expected to be completed in July 2018. Should it prove necessary to modify the protection criteria given above, the Bundesnetzagentur will provide information. Other than that, the frequency usage conditions form part of the forthcoming President's Chamber decision on the award conditions (Decision III).
- 107 Regarding respondents' calls for information confirming that there are no larger towns, with more than 50,000 inhabitants for example, within the 12 km coordination zones, the Bundesnetzagentur is able to confirm this. Moreover, it is possible to use spectrum within the radius after coordination.
- 108 Regarding responses mentioning military locations abroad, the Chamber wishes to make it clear that the coordination zone of only 12 km means that no significant limitations arising from cross-border coordination are to be expected.

Ierland

Table 2: Restrictive Block Edge Mask

BEM Element	Frequency Range	Power Limit
In-block	Block assigned to the Licensee	68 dBm/5 MHz per antenna
Baseline	3400–3800 MHz (except for in-block frequencies)	-34 dBm/5 MHz EIRP per cell
Additional baseline	Below 3400 MHz and above 3800 MHz	-34 dBm/5 MHz EIRP per cell

Results of 3.6 GHz Band Spectrum Award

ComReg 17/46

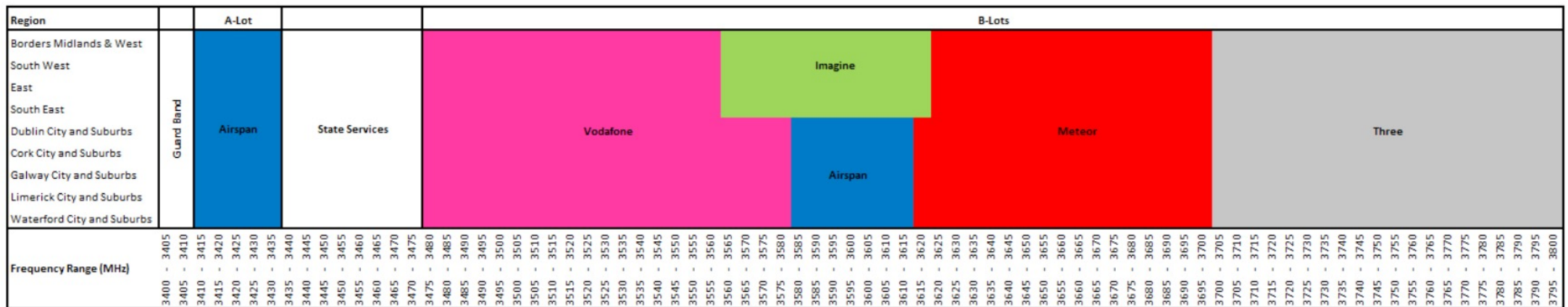


Figure 1: Final Frequency Plan

/ENDS.

Figure 2.7: Service allocations for the 3.4 GHz band and adjacent spectrum



* UK Broadband current allocation. Allocations in the 3480-3500 MHz and 3580-3600 MHz may change as a result of the award.

Irrespective of whether the Restrictive Transmission Mask or the Permissive Transmission Mask is being used, the EIRP emanating from the Radio Equipment transmissions at any frequency outside the Permitted Frequency Blocks shall not exceed the following additional band edge requirements:

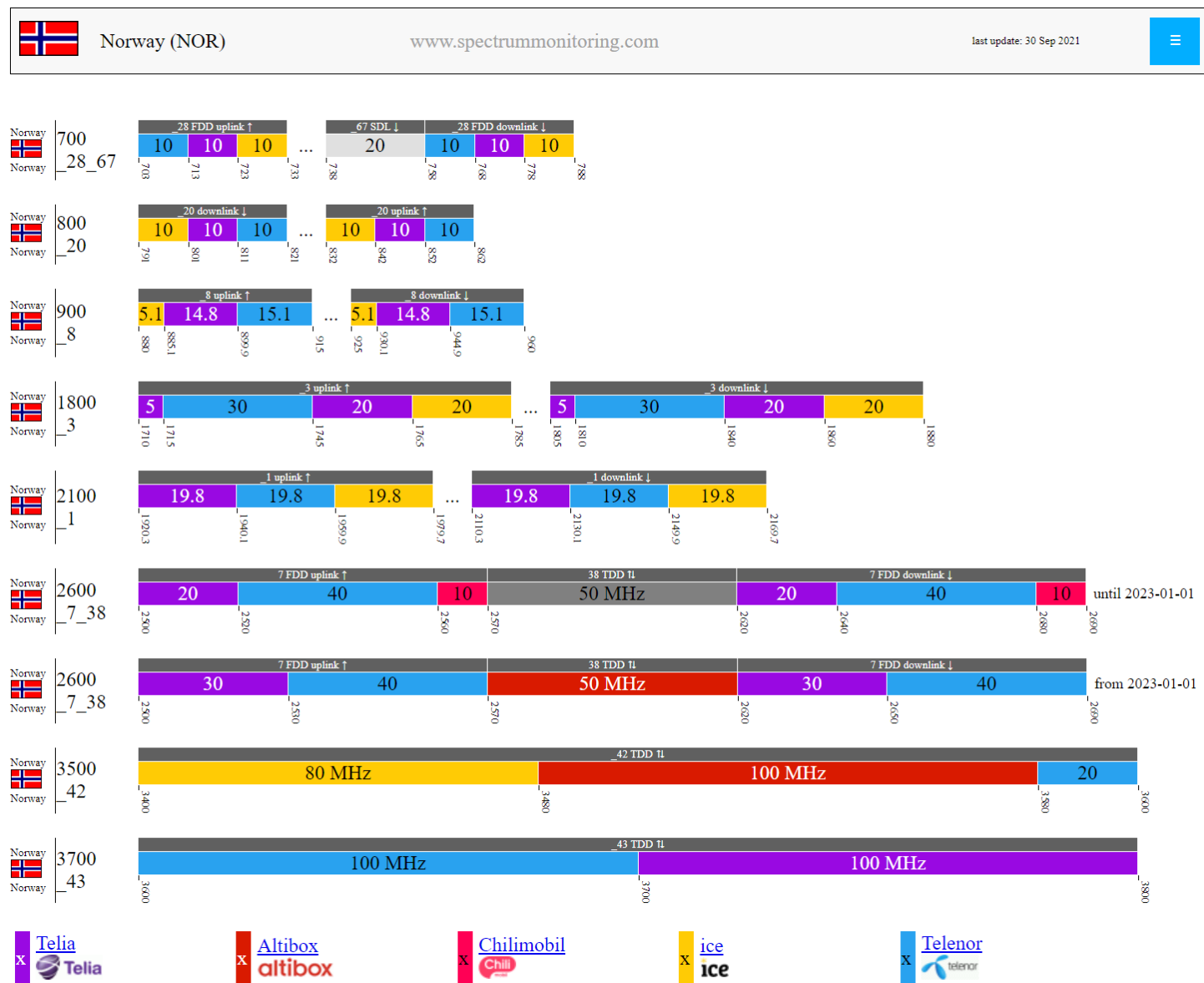
3405 MHz – 3410 MHz	Min(PMax – 40, 21) dBm / 5 MHz
3600 MHz – 3605 MHz	EIRP per antenna
3400 MHz – 3405 MHz	Min(PMax – 43, 15) dBm / 5 MHz EIRP per antenna
3390 MHz – 3400 MHz	Min(PMax – 43, 13) dBm / 5 MHz EIRP per antenna
Below 3390 MHz	- 50 dBm / MHz ¹⁰⁶ EIRP*
Above 3605 MHz (see Note 2)	- 34 dBm / 5 MHz EIRP*

* The maximum mean power relates to the EIRP of a specific piece of Radio Equipment irrespective of the number of transmit antennas.

Note 2: This limit shall not apply if the licensee of the Spectrum Access 3.6 GHz licence (above 3605 MHz), uses a TDD frame structure identical to Frame Structure A

Noorwegen

- MNO in onderste deel 3,5 GHz-band.



Oostenrijk

- Regionale netwerken in onderste deel 3,5 GHz-band.
- Onduidelijk of strikte BEM-norm daar altijd wordt toegepast.

Tabelle 6

Zusätzliche Leistungswerte für landesspezifische Fälle

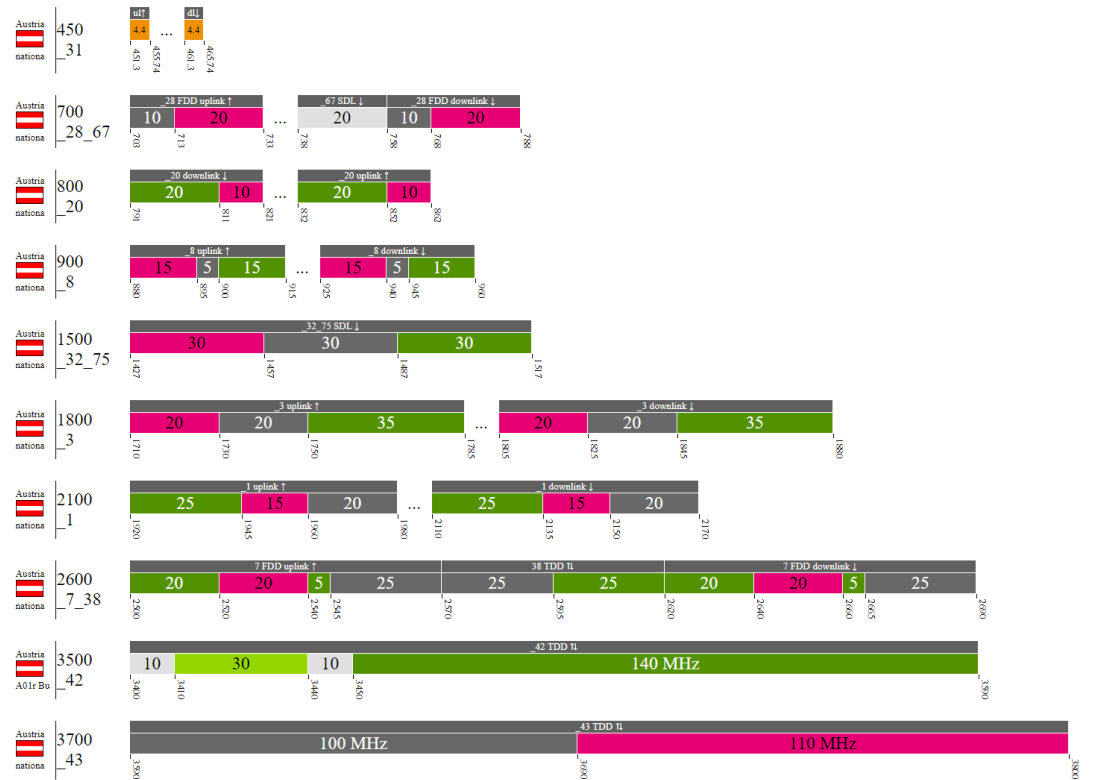
Fall	BEM-Element	Frequenzbereich	Leistungsgrenzwert
A	Zusätzlicher Grundwert	Unterhalb von 3 400 MHz für TDD- und FDD-Zuweisung (*)	- 59 dBm/MHz EIRP (**)
B	Zusätzlicher Grundwert	Unterhalb von 3 400 MHz für TDD- und FDD-Zuweisung (*)	- 50 dBm/MHz EIRP (**)
C	Zusätzlicher Grundwert	Unterhalb von 3 400 MHz für TDD- und FDD-Zuweisung	Entfällt.

(*) Behörden können ein Schutzband unterhalb von 3 400 MHz festlegen. In diesem Fall gilt der Leistungsgrenzwert nur unterhalb des Schutzbands.

(**) In Abhängigkeit von dem für das Radar im betreffenden Gebiet erforderlichen Schutzniveau können die Behörden den Grenzwert für Fall A oder B wählen.

Erläuterung zu Tabelle 6

Die zusätzlichen Leistungswerte ergeben sich aus der Notwendigkeit des Schutzes militärischer Funkortungssysteme in einigen Ländern. Die Fälle A, B und C können pro Gebiet oder Land angewandt werden, sodass für das benachbarte Band je nach den darin genutzten Systemen in verschiedenen geografischen Gebieten oder Ländern ein unterschiedliches Schutzniveau gelten kann. Für den TDD-Betriebsmodus können andere Maßnahmen zur Störungsminderung wie geografische Trennung, Einzelfall-Koordinierung oder ein zusätzliches Schutzband erforderlich sein. Die zusätzlichen Leistungswerte in Tabelle 6 sind gelten nur für Funkzellen im Außenbereich. Bei Funkzellen in Innenräumen können die Leistungsgrenzwerte im Einzelfall gelockert werden. Bei Endstellen können sowohl für den FDD- als auch den TDD-Betriebsmodus andere Maßnahmen zur Störungsminderung wie geografische Trennung oder ein zusätzliches Schutzband erforderlich sein.



not allocated

