



Beskrivelse av særskilte tekniske vilkår for tildeling av 26 GHz-båndet

Høringsdokument

18. mars 2024

1 Bakgrunn

Nasjonal kommunikasjonsmyndighet (Nkom) beskriver i dette dokumentet bakgrunnen for, og gir utfyllende informasjon rundt, særskilte tekniske vilkår for tildeling av 26 GHz-båndet (24,25-27,5 GHz).

Det er flere satellittjenester som opererer i båndet, og som har behov for beskyttelse. Det europeiske rammeverket legger opp til at dagens og fremtidig satellittbruk skal beskyttes, så lenge dette ikke medfører uforholdsmessig store restriksjoner for innehavere av tillatelser for MFCN (Mobile/Fixed Communications Networks) som opererer i båndet, jf. artikkel 5 i EU beslutning 2019/784/EU, revidert i 2020/590/EU. Nedlinkstjenestene Earth Exploration-Satellite Service (EESS) og Space Research Service (SRS) i 25,5-27 GHz setter krav til koordinering mot eksisterende og nye satellittjordstasjoner. Dette resulterer i at basestasjoner vanskelig lar seg sette opp innenfor noen hundre meter til i overkant av 20 kilometer fra jordstasjonen, avhengig av terreng, bygninger og basestasjonens utgangseffekt, antennediagram, pekevinkel og pekeretning.

I Norge finnes det konkrete planer om etablering av satellittjordstasjoner som opererer under EESS i 25,5-27 GHz på seks lokasjoner (Olavsvern, Gibostad, Bardufoss, Tromsø, Vardø og Andøya/Andenes).

Beskyttelse av satellittjordstasjoner i båndet vil bli ivaretatt ved å etablere et beskyttelsesområde¹ tilsvarende jordstasjonens geografiske område, en eksklusjonssone² der etablering av basestasjoner ikke tillates, og en restriksjonssone³ der det stilles krav til propagasjonstap inn mot beskyttelsesområdet.

Det er også en allokering for Fixed Satellite Service (FSS) opplink i 24,65-25,25 GHz. I og med at dette båndet er forbeholdt opplink vil det være MFCN som kommer til å bli forstyrret fra eventuelle satellittjordstasjoner som opererer under denne tjenesten, om MFCN basestasjoner plasseres i nærheten av disse.

Radiolinje i Norge i 24,5-26,5 GHz vil være faset ut innen 1. januar 2025, og har derfor ikke behov for beskyttelse etter dette.

¹ Beskyttelsesområde – satellittjordstasjonens geografiske område, hvor tilført støysignal på satellittmottaker ikke får overstige det definerte beskyttelseskriteriet

² Eksklusjonssone – et definert geografisk område hvor etablering av basestasjon ikke tillates

³ Restriksjonssone – området utenfor beskyttelsesområdet og eksklusjonssonen hvor innehaver må gjennomføre beregninger av propagasjonstap for basestasjoner som settes opp, for å sikre at tilført støysignal på satellittmottakere innenfor beskyttelsesområdet ikke overstiger det definerte beskyttelseskriteriet

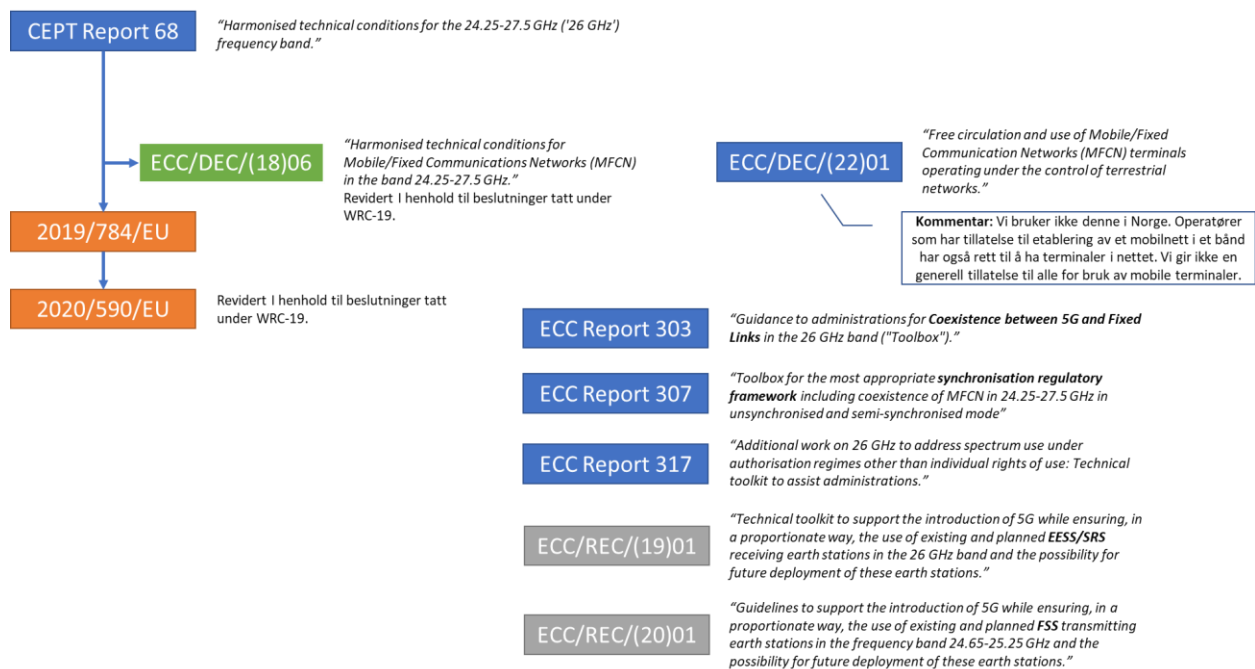
Frekvensbåndet 23,6-24 GHz er regulert for passive tjenester⁴ i ITU-R Radio Regulations. Gjennom passive sensor-målinger i båndet hentes det ut viktig miljøinformasjon. Målingene gjøres i frekvensbånd som skaper resonans i viktige atmosfæriske molekyler, hvilket ikke kan endres på da det er fast fra naturens side. Mikrobølgesensorene er uunnværlige for observasjoner av vær og klima fra verdensrommet, og krever tilgang til ikke-kontaminerte frekvensbånd hvor hvert bånd gir viktig informasjon om spesifikke fenomen. Passive mikrobølgesensorer er spesielt følsomme og derfor svært følsomme for menneskeskapt interferens produsert av aktive tjenester. En rekke av EESS (passive) sensorene som opererer i 23,6-24 GHz er en del av ulike ESA vitenskaps- og jordobservasjonsprogrammer, EU Copernicus-programmet og EUMETSAT-programmer. Det er derfor vesentlig å begrense 5G-basestasjoner/terminalers uønskede utstråling inn i disse frekvensbåndene til de nivåer som kreves for å beskytte disse EESS (passive) sensorene. Det europeiske rammeverket tar høyde for en slik beskyttelse, i form av maksimal tillatt total utstrålt effekt (TRP) i 23,6-24 GHz. Under harmoniseringsarbeidet kom man frem til en løsning der man har et noe mer liberalt krav for utstyr som selges før 1. januar 2024, med et innskjerpet krav etter denne datoen. Dette for å legge til rette for tidlig utrulling av 5G i båndet. Kravene er utstyrskrav tatt inn i harmoniserte ETSI/3GPP standarder.

Det legges i tillegg opp til en beskyttelse av Forsvarets øvingsfelt på Rena i Åmot kommune i frekvensbåndet 26,5-27,5 GHz.

2 Europeisk rammeverk

Det europeiske rammeverket består av tekniske og regulatoriske rapporter, ECC- og EU-beslutninger med *Least Restrictive Technical Conditions (LRTC)* og ECC rekommandasjoner som gir veiledning til administrasjonene rundt synkronisering mellom ulike nettverk i 26 GHz-båndet og deling med eksisterende tjenester i båndet. Figur 1 viser oppbyggingen av det europeiske rammeverket, med rapporter, rekommandasjoner og ECC- og EU-beslutninger. Oversikten viser også hvilke rapporter beslutningene er basert på.

⁴ Passive tjenester er tjenester som kun lytter. I ITU-R Radio Regulations beskyttes disse gjennom at all aktiv sending i de passive båndene forbys.



Figur 1: Europeisk rammeverk i 26 GHz-båndet

For beskyttelse av nedlinkstjenestene Earth Exploration-Satellite Service (EESS) i båndet har Nkom tatt utgangspunkt i ECC Recommendation (19)01, med noen forenklinger. Nasjonal implementering av beskyttelsen beskrives videre i dokumentet.

3 Krav til beskyttelse av tjenester i og rundt 26 GHz-båndet

I 26 GHz-båndet er det flere tjenester som opererer og har behov for beskyttelse. Disse beskrives i detalj nedenfor.

3.1 Krav til antennepekevinkel

For å beskytte mottakere i satellitter i 26 GHz-båndet fra aggregert interferens fra mengder av MFCN-basestasjoner som opererer i båndet, setter det europeiske rammeverket krav rundt pekevinkel (tilt) for utendørs basestasjonsantennene.

Det legges til grunn at operatørene av MFCN-nettverk i 26 GHz-båndet planlegger plasseringen av utendørs basestasjoner slik at disse normalt kun sender med *traffic beams* som peker under horisonten. Mekanisk tilt skal være lavere enn horisont, med mindre antennen kun mottar.

Requirement on pointing of the main beam of 5G AAS outdoor base stations

When deploying outdoor base stations, it shall be ensured that each antenna is normally transmitting only with main beam pointing below the horizon and in addition the antenna shall have mechanical pointing below the horizon except when the base station is only receiving

Tabell 1: ECC Decision (18)06 Table 5 rundt pekevinkel antenne

3.2 Videreføring av satellittjordstasjoner i 26 GHz-båndet (24,25-27,5 GHz)

EES, SRS og FSS skal etter artikkel 5 i EU beslutning 2019/784/EU, revidert i 2020/590/EU, kunne videreføres så lenge det ikke medfører uforholdsmessig store restriksjoner for innehavere av tillatelser for MFCN som opererer i båndet. Det legges også opp til at det kan etableres nye satellittjordstasjoner selv etter at båndet er tildelt.

Ved søknad om etablering av en ny koordinert satellittjordstasjon vil Nkom gjøre vurderinger med tanke på samfunnsmessige konsekvenser rundt påvirkning av etablerte og fremtidig etablering av MFCN-basestasjoner i området. Om konsekvensene vurderes til å være uforholdsmessig store vil Nkom kunne be operatør av omsøkt jordstasjon om å forsøke å finne en ny lokasjon.

Innehavere av tillatelser for MFCN i båndet vil bli informert når Nkom mottar søknader, og da få muligheten til å uttale seg rundt konsekvenser for dem.

Etablerte og planlagte satellittjordstasjoner beskyttes i henhold til beskrivelse og krav i påfølgende kapitler.

3.2.1 Fixed Satellite Service i 24,65-25,25 GHz

Allokeringen for Fixed Satellite Service (FSS) i 24,65-25,25 GHz gjelder kun for opplink og det vil derfor være FSS som forstyrrer MFCN, om det etableres MFCN-basestasjoner i nærheten av FSS jordstasjoner. Hvor nærme man kan etablere MFCN-basestasjoner uten forstyrrelser er avhengig av pekeretning for satellittjordstasjonens antenne(r), terreng og bygninger, i kombinasjon med mottaksforsterkning, antennediagram, pekevinkel og pekeretning for MFCN-basestasjonen.

Det er per i dag ingen etablerte FSS satellittjordstasjoner i Norge i båndet. Ved en eventuell etablering av FSS satellittjordstasjoner vil disse måtte koordineres i samråd med Nkom, hvor det blant annet vil vurderes om disse vil medføre uforholdsmessig store restriksjoner for innehavere av tillatelser for MFCN i båndet.

Innehavere av tillatelser for MFCN i båndet vil bli informert ved mottatte søknader, og da få muligheten til å uttale seg rundt konsekvenser for dem.

3.2.2 Beskyttelse av Earth Exploration-Satellite Service (EESS) i 25,5-27 GHz

Satellittjordstasjoner for EESS mottak beskyttes ved at det etableres et beskyttelsesområde⁵ (Figur 2), som dekker satellittjordstasjonens geografiske område, og ved at det settes et beskyttelseskriterium i form av tilført signalnivå på satellittmottakere som basestasjoner utenfor dette området ikke skal overstige. Beskyttelseskriteriet er angitt som maksimalt tillatt signalnivå fra en mobil basestasjon inn i mottaker på satellittjordstasjonen, etter antenneforsterkning. I tillegg tas det høyde for aggregert bidrag fra flere basestasjoner gjennom et tillegg på 6 dB.

For å avgrense området hvor innehaverne må beregne propagasjonstap for basestasjoner de etablerer, defineres det i tillegg en restriksjonssone⁶. Innehaverne må beregne at påkrevd propagasjonstap oppfylles for alle basestasjoner de etablerer innenfor restriksjonssonen.

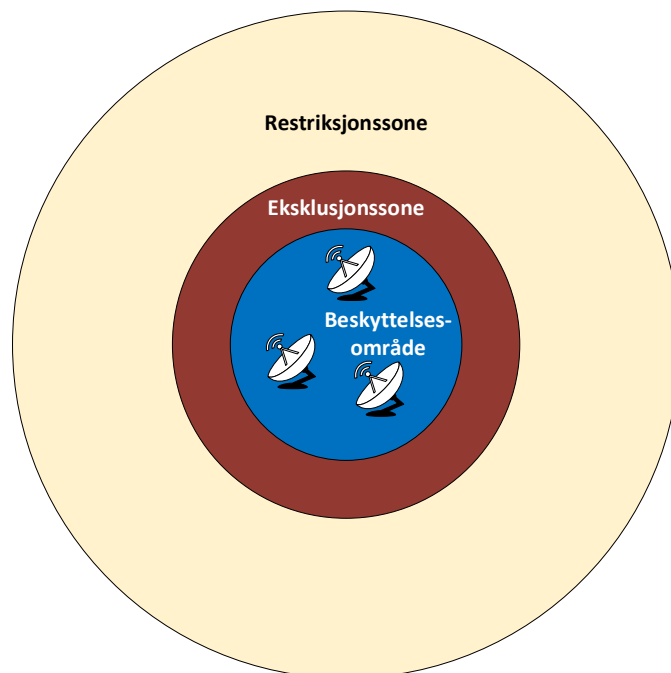
Minste separasjonsavstand i høye frekvensbånd som 26 GHz vil i en del tilfeller være korte, hvilket vil medføre usikkerhet i beregninger av propagasjonstap i forhold til virkelig terreng, clutter (demping grunnet trær, bebyggelse, osv.), bygninger, antennediagram, osv. For å kompensere for disse usikkerhetsfaktorene etableres det en eksklusjonssone⁷ umiddelbart utenfor beskyttelsesområdet. Innenfor eksklusjonssonen tillates det ikke etablering av basestasjoner, med mindre en slik etablering avtales med innehaver av satellittjordstasjonen.

Alle soner oppgis som radius fra samme senterpunkt. Beskyttelsesområde overstyrrer eksklusjonssone som overstyrrer restriksjonssone.

⁵ Beskyttelsesområde – satellittjordstasjonens geografiske område, hvor tilført støysignal på satellittmottaker ikke får overstige det definerte beskyttelseskriteriet

⁶ Restriksjonssone – området utenfor beskyttelsesområdet og eksklusjonssonen hvor innehaver må gjennomføre beregninger av propagasjonstap for basestasjoner som settes opp, for å sikre at tilført støysignal på satellittmottakere innenfor beskyttelsesområdet ikke overstiger det definerte beskyttelseskriteriet

⁷ Eksklusjonssone – et definert geografisk område hvor etablering av basestasjon ikke tillates



Figur 2: Illustrasjon av beskyttelsesområde, eksklusjonssone og restriksjonssone

Utenfor restriksjonssonen kan innehavere etablere basestasjoner uten tilsvarende beregninger. Ved etablering av basestasjoner utenfor restriksjonssonen med andre tekniske parametere enn de Nkom har anvendt i sine beregninger, skal innehaver allikevel sikre at beskyttelseskriteriet innenfor beskyttelsesområdet ikke overstiges. Som et eksempel vil det si at om effekten dobles samtidig som båndbredden dobles, vil innehaver fortsatt kunne etablere basestasjoner utenfor restriksjonssonene uten å gjøre beregninger. Alternativt kan innehaver gjøre beregninger også for basestasjoner plassert utenfor restriksjonssonen.

Kravet om beskyttelse gjelder for hele frekvensbåndet 24,25-27,5 GHz.

Omfanget av restriksjonssonen som angitt i tabellen nedenfor er basert på følgende basestasjonsparametere:

- Sendereffekt (EIRP): 62 dBm (1585 W)
- TX båndbredde: 400 MHz
- Polarisasjon: Vertikal
- Maks. antennehøyde for MFCN basestasjon: 20 m.o.t

Basestasjoner innenfor restriksjonssonene skal overholde beskyttelseskriteriet innenfor beskyttelsesområdet som beskrevet i Tabell 2 nedenfor, målt 20 m over bakkenivå.

Antenneforsterkning for satellittjordstasjonen settes til 15 dBi. I tillegg tas det høyde for aggregert støy fra flere basestasjoner gjennom et 6 dB tillegg. Se kapittel 4.2 for detaljer rundt beregning.

Alle oppgitte beskyttelseskrav gjelder for høyeste konfigurerte effektnivå fra basestasjonen under operativ drift, beregnet med 100 % sendetid.

Lokasjon	Posisjon og høyde over havet	Beskyttelsesområde [radius / m]	Eksklusjonssone [radius / m]	Restriksjonssone [radius / km]	Beskyttelses-kriterium 20 m over bakkenivå [dBW/10 MHz]
Tromsø	69°39'44.53"N, 18°56'27.76"E (EU89), 104.2 moh	150	350	30	-116
Vardø	70°20'14.1"N, 31°01'53.8"E (EU89), 153.6 moh	120	320	30	-116
Bardufoss	69°3'28.25917"N, 18°29'49.3408"E (EU89), 112.6 moh	120	320	30	-116
Gibostad	69°21'28.59"N, 18°03'12.57"E (EU89), 46.3 moh	180	380	30	-116
Olavsvern	69°32'17.7"N, 19°01'29.3"E (EU89), 261.4 moh	200	400	30	-116
Andenes	69°17'57.5518"N, 16°7'45.01996"E (EU89), 6.0 moh	1500	1700	30	-116

Tabell 2: Oversikt over EESS satellittjordstasjoner og soner rundt

3.3 Beskyttelse av Space Research Service (SRS) i 25,5-27 GHz

Satellittjordstasjoner som opererer under Space Research Service (SRS) i 25,5-27 GHz setter krav til mer restriktive beskyttelsesvilkår enn for EESS. Det vurderes som lite sannsynlig at noen kommer til å kreve beskyttelse under SRS i Norge.

Nkom vil utrede muligheten for beskyttelse av SRS jordstasjoner i Norge ved eventuelle fremtidige henvendelser rundt etablering av dette.

3.4 Beskyttelse av passive tjenester i båndet under 26 GHz (23,6-24 GHz)

Frekvensbåndet 23,6-24 GHz er harmonisert for passive tjenester⁸ i ITU-R Radio Regulations. Gjennom passive sensor-målinger i båndet hentes det ut viktig miljøinformasjon. Målingene gjøres i frekvensbånd som skaper resonans i viktige atmosfæriske molekyler, hvilket ikke kan endres på da det er fast fra naturens side. Mikrobølgesensorene er uunnværlige for observasjoner av vær og klima fra verdensrommet, og krever tilgang til ikke-kontaminerte frekvensbånd hvor hvert bånd gir viktig informasjon om spesifikke fenomen. Passive mikrobølgesensorer er spesielt følsomme og derfor svært følsomme for menneskeskapt interferens produsert av aktive tjenester. En rekke av EESS (passive) sensorene som opererer i 23,6-24 GHz er en del av ulike ESA vitenskaps- og jordobservasjonsprogrammer, EU Copernicus-programmet og EUMETSAT-programmer. Det er derfor vesentlig å begrense 5G-basestasjoner/terminalers uønskede utstråling inn i disse frekvensbåndene til de nivåer som kreves for å beskytte disse EESS (passive) sensorene. Det europeiske rammeverket tar høyde for beskyttelse av disse, i form av maksimal tillatt total utstrålt effekt (TRP) i 23,6-24 GHz. Det er satt krav for både basestasjon og terminal. Regulatoriske krav for beskyttelse av disse passive tjenestene er definert i europeisk harmonisering, som gjengitt i Tabell 2 og Tabell 3 nedenfor.

Frequency range	Maximum Total Radiated Power (TRP) (see note 1)	Measurement bandwidth	Entry into force
23.6-24.0 GHz	-33 dBW	200 MHz	Date of adoption of amended ECC Decision (18)06
	-39 dBW	200 MHz	1 January 2024 (Note 2)

Note 1: This level requirement applies for BS for all foreseen modes of operation (i.e. maximum in-band power, electrical pointing, carrier configurations)

Note 2: The limit of -39 dBW/(200 MHz) applies to base stations brought into use after 1 January 2024. This limit does not apply to base stations that have been brought into use prior to that date. For those base stations, the limit of -33 dBW/(200 MHz) continues to apply after 1 January 2024. CEPT administrations shall consider additional measures to assess and mitigate the aggregate impact of those base stations on EESS (passive). Such measures include adaptation of the size of assigned blocks, the antenna configuration, the in-block power or the penetration of equipment

Tabell 2: ECC/DEC/(18)06 Table 4 rundt beskyttelse av passive tjenester i 23,6-24 GHz - basestasjon

⁸ Passive tjenester er tjenester som kun lytter. I ITU-R Radio Regulations beskyttes disse gjennom at all aktiv sending i de passive båndene forbyes.

Frequency range	Maximum Total Radiated Power (TRP) (see note 1)	Measurement bandwidth	Entry into force
23.6-24.0 GHz	-29 dBW	200 MHz	Date of adoption of amended ECC Decision (18)06
	-35 dBW	200 MHz	1 January 2024 (Note 2)
<p>Note 1: This level requirement applies for terminal station for all foreseen modes of operation (i.e. maximum in-band power, electrical pointing, carrier configurations)</p> <p>Note 2: Note: The limit of -35 dBW/(200 MHz) applies to terminal stations brought into use after 1 January 2024. This limit does not apply to terminal stations that have been brought into use prior to that date. For those terminal stations, the limit of -29 dBW/(200 MHz) continues to apply after 1 January 2024.</p>			

Tabell 3: ECC/DEC/(18)06 Table 6 rundt beskyttelse av passive tjenester i 23,6-24 GHz - terminal

Under harmoniseringsarbeidet kom man frem til en løsning der man har et noe mer liberalt krav for utstyr som selges før 1. januar 2024, med et innskjerpet krav etter denne datoen. Dette for å legge til rette for raskere utrulling av 5G i båndet.

De regulatoriske kravene er tatt inn i harmoniserte ETSI/3GPP standarder⁹, og er dermed utstyrskrav. Datoen for implementering av de mer restriktive kravene er satt gjennom enighet i Europa, og vil kunne være ulik andre steder i verden.

Nkom følger kravene satt i europeisk rammeverk og gjenspeiler dette i utkast til tillatelser i båndet. Det vil derfor være de mer restriktive kravene som blir gjeldende for tillatelser i 24,25-27,5 GHz.

3.5 Krav til beskyttelse av Forsvarets øvingsfelt på Rena

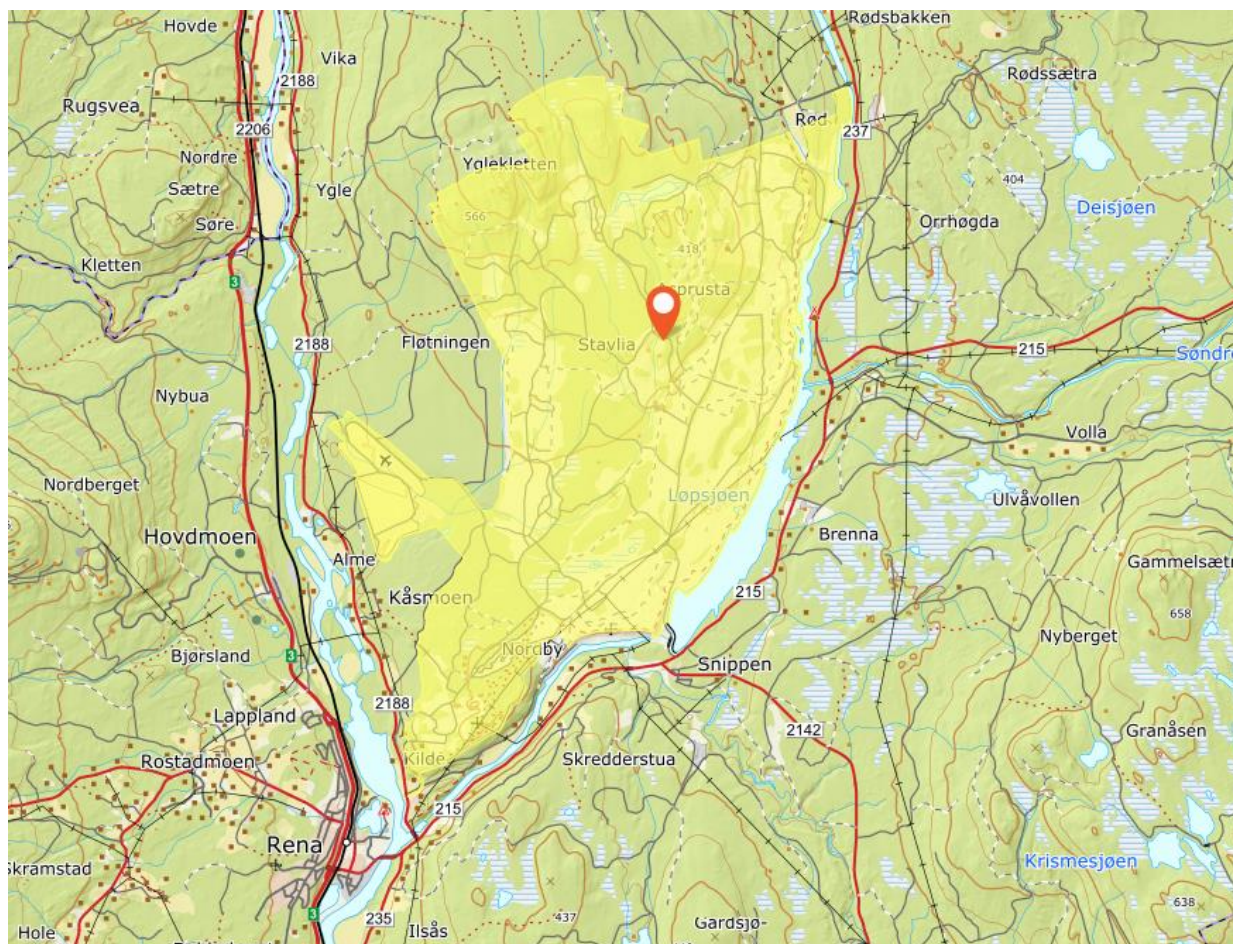
Forsvaret har behov for tilgang til frekvensressurser for taktisk øving i frekvensbånd for mobil. Nkom vil direktetildede frekvensressurser til Forsvaret i de øverste 1 GHz av 26 GHz-båndet. Direktetildelingen vil gjelde innenfor Forsvaret sitt øvingsfelt på Rena i Åmot kommune. Topografien i området tatt i betraktning, tilsier at dette må anses som lite inngripende ovenfor innehavere av mobiltillatelser i frekvensbåndet.

Forsvarets frekvensbruk beskyttes ved at det etableres eksklusjonssone¹⁰ i frekvensområdet 26,5-27,5 GHz (1 GHz). Eksklusjonssonen kan fravikes etter avtale med Forsvaret.

⁹ ETSI EN 301 908-24 – “IMT cellular networks; Harmonised Standard for access to radio spectrum; Part 24: New Radio (NR) Base Stations (BS)” og ETSI EN 301 908-25 – “IMT cellular networks; Harmonised Standard for access to radio spectrum; Part 25: New Radio (NR) User Equipment (UE)”

¹⁰ Eksklusjonssone – et definert område hvor etablering av basestasjon ikke tillates

Innehaver må påregne at Forsvarets mobilnettverk i TDD-båndene opererer som et usynkronisert nettverk. Forsvaret er ansvarlig for tilstrekkelig separasjon til innehaver i underliggende frekvensbånd i 26 GHz-båndet, eventuelt inngå en avtale med innehaver.



Figur 3: Forsvarets øvingsfelt på Rena (Kilde: norgeskart.no)

Lokasjon	Posisjon	Eksklusjonssone [radius / km]
Rena leir	61° 11.230' N 11° 25.097' Ø	10

Tabell 4: Beskyttelse av Forsvarets øvingsfelt på Rena

4 Tekniske vurderinger rundt beskyttelse av EESS jordstasjoner

Nkom følger metodene og verdiene i **ECC Recommendation (19)01** «*Technical toolkit to support the introduction of 5G while ensuring, in a proportionate way, the use of existing and planned EESS/SRS*

receiving earth stations in the 26 GHz band and the possibility for future deployment of these earth stations», som gir veiledning til administrasjoner om hvordan man kan beskytte EESS jordstasjoner fra MFCN i båndet.

Rekommandasjonen er delt i to deler for hver tjeneste som skal beskyttes:

- 1) Beregne koordineringssoner/restriksjonssoner (se 4.1 nedenfor)
- 2) Metode for å sikre beskyttelse innenfor koordineringssonen/restriksjonssonen (se 4.2 nedenfor)

Disse beskrives nærmere i påfølgende kapitler.

4.1 Beregne restriksjonssoner

ECC Recommendation (19)01 foreslår en svært omstendelig og komplisert metode for å regne ut beskyttelseskonturen for en gitt jordstasjon. Nkom har valgt å forenkle fremgangsmåten ved å sette *worst-case* verdier for enkelte av elementene i beregningene, hvilket gir kun marginalt mer restriktive beskyttelsesvilkår.

Formelen brukt i metoden er som følger:

A2.2 TVG MODIFIED METHODOLOGY

A modified version of the Time Variable Gain (TVG) methodology given in RR Appendix 7 [1] has been used to approximate the convolution of the distributions of the transmitter antenna gain (base station tracking the UE), the receiver antenna gain (the EESS earth station tracking an EESS satellite on a typical polar orbit), and the propagation model. (EQ 1) can be rewritten as follows:

$$(p_v) = P_t + G_t(p_t) + G_r(p_r) - I(p) - L_c = P_t + G_{tot}(p_n) - I(p) - L_c \quad (\text{EQ 3})$$

Where:

- P_t is the total transmitting power level (dBW) in the reference bandwidth of a transmitting IMT-2020 base station;
- $I(p)$ is the protection threshold (dBW) in the reference bandwidth to be exceeded for no more than $p\%$ of the time at the input of the antenna of the receiving SRS earth station that may be subject to interference;
- $G_t(p_t)$ is the gain towards the horizon of the transmitting antenna (dBi) that is exceeded for $p_t\%$ of the time on the azimuth under consideration;
- $G_r(p_r)$ is the gain towards the physical horizon for a given azimuth (dBi) of the victim SRS earth station antenna that is exceeded for $p_r\%$ of the time on the azimuth under consideration;
- $G_{tot}(p_n) = G_t(p_t) + G_r(p_r)$ is given by the convolution between the transmitting gain distribution $G_t(p_t)$ and the victim Earth station distribution $G_r(p_r)$;
- L_c is the clutter loss (dB) applicable to the IMT-2020 base station specific environment, if any;
- (p_v) is the minimum required propagation loss (dB) for $p_v\%$ of the time; this loss must be exceeded by the propagation path loss for all possible $p_v\%$ values retrieved from the considered gain complementary cumulative distribution function. p_v is the time percentage that approximates the convolution between the variable horizon gain and the propagation mode path loss and is given by EQ 2.

Figur 4: Utklipp fra ECC/REC/(19)01 - Annex 2

4.1.1 Basestasjonens maksimale totale effekt – P_t

ECC/REC/(19)01, Annex 2.3, henviser til Annex 1.3 og beskriver en metode for å etablere basestasjonens maksimale totale effekt.

The IMT-2020 base station total power is given by EQ 3.

$$P_t = P_e + 10 \log(N) - L_o - 30 + 10 \log\left(\frac{B_{ref}}{B_{IMT}}\right)$$

Where:

- P_e (dBm) is the power per antenna element;
- N is the number of antenna elements;
- L_o (dB) is the ohmic losses;
- B_{ref} is the reference bandwidth of the SRS protection criterion (MHz);
- B_{IMT} is the reference bandwidth of the IMT base station (MHz).

As an example, an urban or suburban hotspot 8x8 elements antenna at 26 GHz with an input power of 10 dBm/200 MHz per element and a 3 dB ohmic loss would have a total power of -28 dBW/MHz.

Figur 5: Utklipp fra ECC/REC/(19)01 - Annex 1.3

Denne metoden forutsetter at man kjenner til basestasjonens effekt per antenneelement før forsterkere, og etablerer basestasjonens TRP (*Total Radiated Power*). Dette er effekten tilført i hele antennens sfære.

Mottatte datablad for en rekke kommersielt tilgjengelige basestasjoner oppgir noe ulike data. Enkelte oppgir *Max. Output power per TRX*, *Number of TX/RX paths*, *Max. Antenna gain* og *Total average EIRP*. Andre oppgir *EIRP*. Da dagens AAS i 26 GHz er av typen *hybrid analog-digital beamforming*, er det vanskelig å lese ut nødvendig informasjon fra datablader som kreves for å anvende metoden i ECC/REC/(19)01.

Enkelte basestasjoner har også en løsning der man kan konfigurere basestasjonen til å ha 8T8R, 4T4R eller 2T2R.

En forenklet tilnærming er å anvende EIRP, som inneholder både P_t og $G_t(p_t)$ i Figur 4 – EQ 3, med *worst-case* antenneforsterkning og *worst-case* sannsynlighet. Det vil da ikke være regnet inn reduksjon i antenneforsterkning mot horisont grunnet eventuell nedovertilt på antenne. Dette vurderes til å være ok, da det kun stilles krav til at tilt normalt er lavere enn horisont. Når operatørene i neste omgang beregner propagasjonstap for en planlagt basestasjon, vil aktuell tilt tas med i beregningen.

Høyeste EIRP hentet fra datablad for kommersielle basestasjoner er **62 dBm** (2T2R). Største støttede båndbredde er **400 MHz/beam**.

Basestasjonen med høyest utgangseffekt får da en EIRP på **36 dBm/MHz** eller **46 dBm/10 MHz**.

4.1.2 Basestasjonens antenneforsterkning mot horisont – $G_r(p_r)$

ECC/REC/(19)01, Annex 2.4, legger opp til en beregningsmetodikk der man antar at antennen peker i retning av jordstasjonen i asimut-planet. I elevasjon-planet tar man høyde for elektrisk tilt, mekanisk tilt, cellens utstrekning med en fordeling av terminaler innenfor denne, samt antennediagram for antenne. Resultatet er en kurve som viser sannsynligheten for en gitt forsterkning mot horisont. Høyeste verdi her er ca. 23 dBi for en 8x8 AAS antenne med et antennediagram i henhold til ITU-R **M.2101** (med ytterligere forutsetninger).

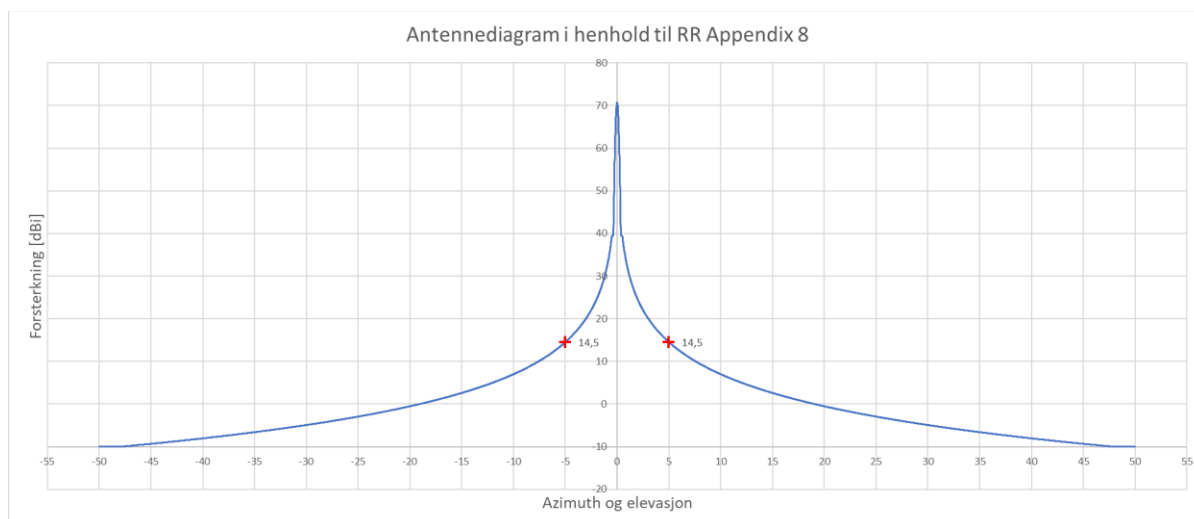
I og med at vi har total EIRP for kommersielle basestasjoner velger vi å forenkle ved å slå G_r sammen med P_t . Se 4.1.1.

4.1.3 EESS jordstasjonens antenneforsterkning mot horisont – $G_t(p_t)$

ECC/REC/(19)01, Annex 2.5, beskriver en fremgangsmåte for å beregne EESS jordstasjonens antenneforsterkning mot horisont. Dette er en omfattende metode, som Nkom har valgt å forenkle.

For jordstasjonene i Norge ser man nesten alle passeringer for non-GSO LEO-satellitter. Ved å plote horisonten rundt jordstasjonen som skal beskyttes, kan man gjøre en vurdering av om denne er mye over 0 grader, samt gjøre en betraktning rundt sannsynligheten for at en 26 GHz basestasjon plasseres i de områder som overstiger 0 grader).

Ser man på det anbefalte antennediagrammet i ITU-R RR Appendix **8**, ser man at dette har en svært smal hoved-beam når man opererer i 26 GHz. Plottet nedenfor viser et antennediagram for en 3,6 m antenne med en maksimal antenneforsterkning på 70,7 dBi:



Figur 6: Antennediagram i henhold til ITU-R RR Appendix 8

Som vi ser av diagrammet så har man ved 5 graders elevasjon på antennen en forsterkning på 14,5 dBi. Om vi forutsetter at jordstasjonens antenne ikke opererer under 5 graders elevasjon, i tråd med ECC/REC/(19)01, så kan vi ta inn en antenneforsterkning på **15 dBi** i formelen i Figur 4. Dette er også en forutsetning tatt inn i tabell 1 i ECC/REC/(19)01, der minste propagasjonstap for en basestasjon med 25 dBm TRP, 200 MHz BW og 64 antenneelementer er vist.

4.1.4 EESS beskyttelsesterskelverdi og båndbredde – I

EESS sin terskelverdi for beskyttelse henter ECC/REC/(19)01, Annex 2.7, fra rekommandasjon ITU-R **SA.1027**. Denne rekommandasjonen foreslår to verdier, en for *long-term* og en for *short-term*. Simuleringer har demonstrert at om man oppfylder *short-term* kriteriet, så er også *long-term* oppfylt. Det konkluderes også med at en metode med *long-term* kriteriet og 20% *percentage of time*, i stor grad vil overkalkulere påkrevd separasjonsavstand.

Fra ITU-R **SA.1027**:

TABLE 1

Sharing criteria for Earth exploration-satellite and meteorological-satellite earth stations using spacecraft in low-Earth orbit (see Notes 1, 2, 3 and 4)

Frequency band (MHz)	Interfering signal power (dBW) in the reference bandwidth to be exceeded no more than 20% of the time		Interfering signal power (dBW) in the reference bandwidth to be exceeded no more than <i>p</i> % of the time	
	Interfering signal path		Interfering signal path	
	Space-to-Earth	Terrestrial	Space-to-Earth	Terrestrial

25 500-27 000	-160 dBW per 10 MHz	-143 dBW per 10 MHz	-116 dBW per 10 MHz $p = 0.0025$	-116 dBW per 10 MHz $p = 0.0050$
---------------	------------------------	------------------------	--	--

Figur 7: Utklipp fra ITU-R SA.1027

Dette gir oss en I på **-116 dBW/10 MHz**, med en assosiert tidsprosent på **0,005 %**.

4.1.5 Restriksjonssoner

Når vi nå har etablert utgangseffekt for basestasjonen (EIRP), antenneforsterkning for satellittmottak og beskyttelseskriteriet, kan nødvendig propagasjonstap beregnes.

ECC/REC/(19)01 gir en metode for å beregne at man oppnår tilstrekkelig beskyttelse for basestasjoner som plasseres innenfor koordineringssonen/restriksjonssonen. Man tar i ECC/REC/(19)01 utgangspunkt i propagasjonsmodellen **ITU-R P.452 med 50 % av tiden**.

For EESS jordstasjoner er koordineringsdistansen i de fleste tilfeller begrenset til *line of sight* (LOS).

Under LOS forhold spiller ikke *ducting* og *troposcatter* inn, som beskrevet i ITU-R P.452. Tap gis av *free space loss* og *diffraction*. Derfor kan man gjøre en forenkling ved å bruke 50 % av tiden, i stedet for den assosierte tidsprosenten på 0,005 %.

A4.5.1 General rules

As shown in section (A4.1), the separation distance in the coordination area between an earth station pointing towards a NGSO satellite and an IMT-2020 base station could be defined considering:

1. The maximum composite gain (associated gain of BS and earth station) towards horizon (G_{cmax})
2. The IMT-2020 power (or TRP with 3dB of ohmic losses) converted in the EESS protection criteria reference bandwidth (10 MHz) (P_t)
3. The short term criteria of the NGSO EESS earth station : -116 dBW/10 MHz (C_r)
4. A fixed value of Aggregation (A)
5. A percentage of time of 50% in Recommendation ITU-R P.452 [3] that could be often simplified by the associated use of Recommendation ITU-R P.525 [8] (free space) and Recommendation ITU-R P.526 [9] (diffraction).
6. A relevant terrain profile between the earth station and the BS. This terrain profile has to be as precise as possible including building/clutter level.

In real deployment, the separation distance could be difficult to use. In this situation, in order to define the position of the BS in regards of the EESS earth station, the best way to proceed is to define the necessary losses based on the assumptions above. The losses could be calculated as follows:

$$L = P_t + G_{cmax} - C_r + A \quad (\text{EQ 5})$$

Figur 8: Utklipp fra ECC/REC/(19)01 - Annex 4.5.1

Med Nkom sine forenklinger får vi følgende formel:

$$L = P_{EIRP} + G_{sat} - C_r + A$$

Der:

L	Minimum propagasjonstap
P_{EIRP}	Maksimal EIRP basestasjon
G_{sat}	Antenneforsterkning mottak satellittjordstasjon (15 dBi)
C_r	Beskyttelseskriteriet satellittjordstasjon
A	Kompensasjon for aggregert effekt fra multiple basestasjoner (6 dB)

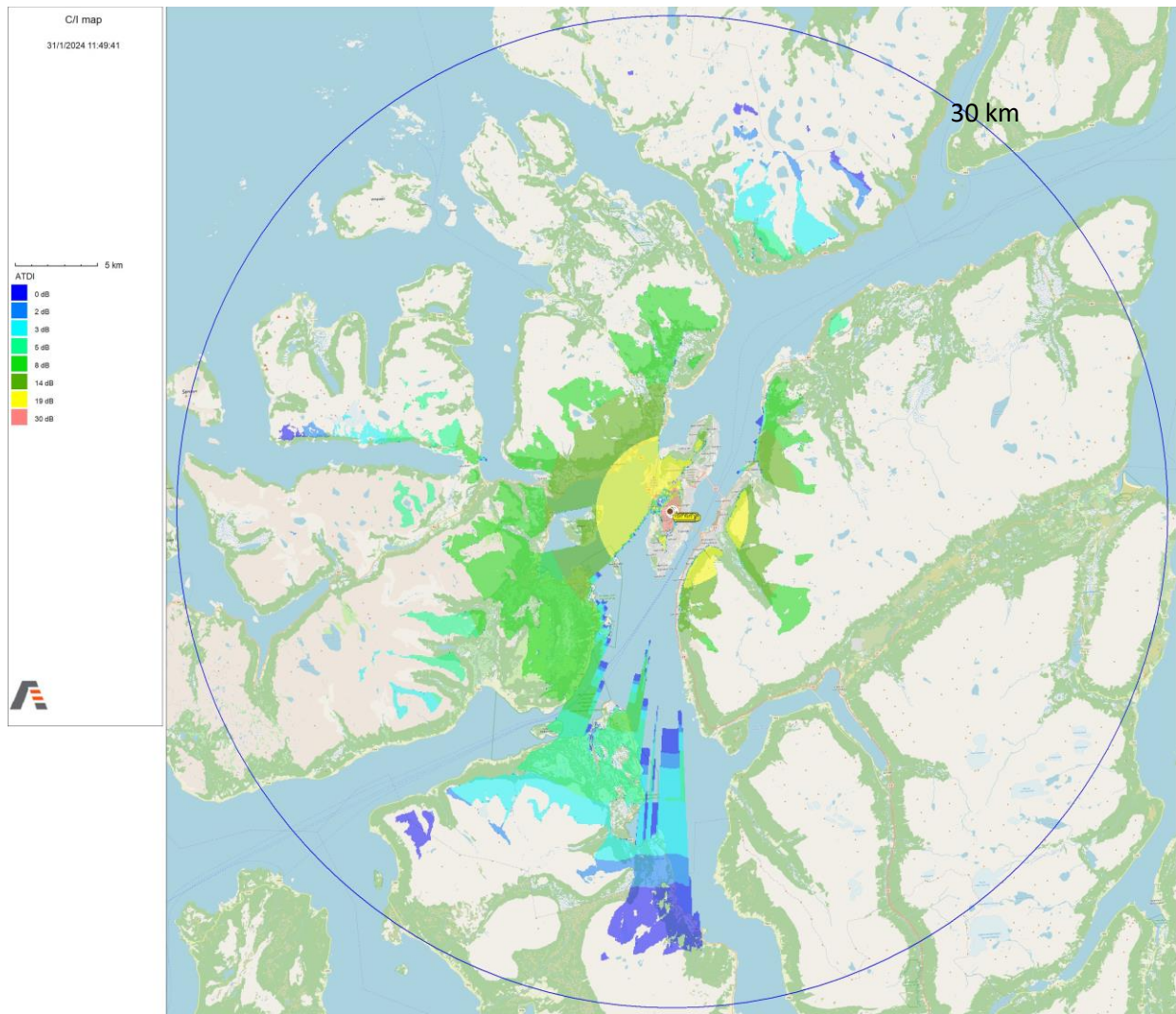
I plot for påkrevd restriksjonssone anvender vi en basestasjon med maksimal EIRP på 62 dBm/400 MHz.

$$62 \text{ dBm}/400 \text{ MHz} = 62 - 10 * \log_{10}(400 / 10) = 46 \text{ dBm}/10 \text{ MHz} = \mathbf{16 \text{ dBW}/10 \text{ MHz}}$$

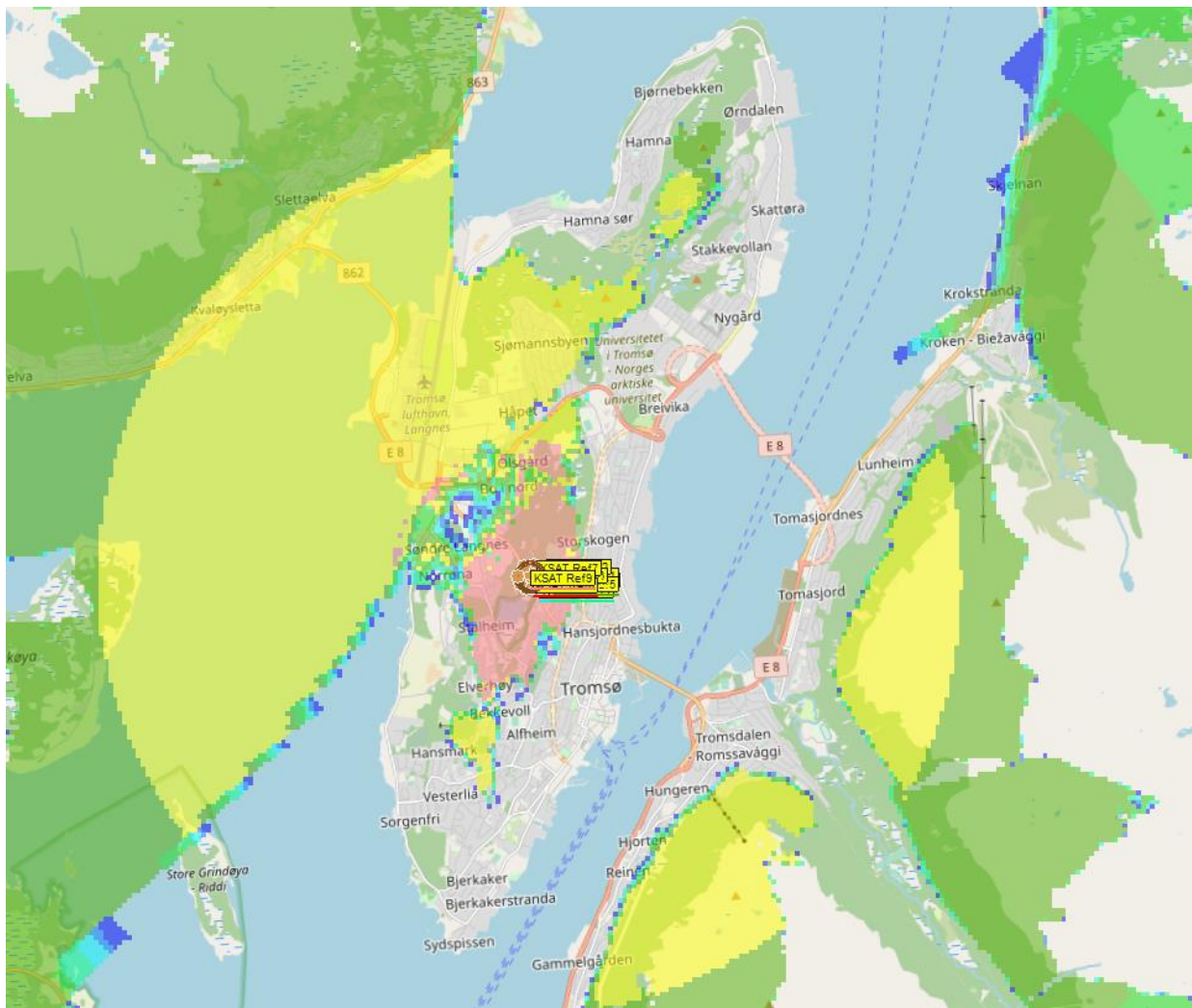
$$L = 16 \text{ dBW}/10 \text{ MHz} + 15 \text{ dBi} - (-116 \text{ dBW}/10 \text{ MHz}) + 6 \text{ dB} = \mathbf{153 \text{ dB}}$$

Plottet nedenfor illustrerer hvor det er mulig å sette opp en MFCN basestasjon med maksimal EIRP på 62 dBm/400 MHz og 20 meter antennehøyde, uten antennediskriminering (antenne peker rett mot jordstasjonens beskyttelsesområde). Terreng og clutter er tatt med i beregningen, men ikke bygningsmodeller. Fargene viser hvor mye påkrevd propagasjonstap overskytes.

For operatørene vil det fortsatt i mange tilfeller være mulig å sette opp MFCN basestasjoner innenfor de fargede områdene, ved bruk av mitigerende tiltak som antennehøyde, pekevinkel og pekeretning. Beregninger med bedre terrengoppløsning og bygningsdata vil også bidra til å få et mer realistisk bilde av propagasjonstapet.



Figur 9: Plot restriksjonssone EESS jordstasjon Tromsø



Figur 10: Plot restriksjonssone EESS jordstasjon Tromsø - detaljert utsnitt

4.2 Beregning av minimum propagasjonstap for planlagt basestasjon

Når en operatør planlegger en ny basestasjon innenfor definerte restriksjonssoner, må de kalkulere minimum propagasjonstap for å oppfylle beskyttelseskriteriet definert for aktuell satellittjordstasjon.

Minimum propagasjonstap må regnes ut i hvert enkelt tilfelle. Minimum propagasjonstap kalkuleres som følger:

$$L = P_{EIRP} + G_{sat} - I_{sat} + A_{aggr}$$

Der:

- L Minimum propagasjonstap
- P_{EIRP} Maksimal EIRP basestasjon
- G_{sat} Antenneforsterkning mottak satellittjordstasjon (15 dBi)
- I_{sat} Beskyttelseskriteriet satellittjordstasjon
- A_{aggr} Kompensasjon for aggregert effekt fra multiple basestasjoner (6 dB)

Eksempel:

Basestasjon med maksimal EIRP på 62 dBm/400 MHz.

$$62 \text{ dBm}/400 \text{ MHz} = 62 - 10 * \log_{10}(400 / 10) = 46 \text{ dBm}/10 \text{ MHz} = 16 \text{ dBW}/10 \text{ MHz}$$

$$L = 16 \text{ dBW}/10 \text{ MHz} + 15 \text{ dBi} - (-116 \text{ dBW}/10 \text{ MHz}) + 6 \text{ dB} = \underline{153 \text{ dB}}$$

Minimum propagasjonstap for denne basestasjonen er 153 dB. Innehaver må gjennom egne beregninger bekrefte at beregnet propagasjonstap er større eller lik 153 dB innenfor hele satellittjordstasjonens beskyttelsesområde (20 m.o.t).

Utregnet minimum propagasjonstap anvendes sammen med antennediagram, pekevinkel, pekeretning, terrengdata, clutterdata og eventuelt bygningsdata, for å fastslå at reelt propagasjonstap er større eller lik minimum propagasjonstap.

Nkom pålegger ikke aktører å bruke en bestemt propagasjonsmodell for dekningsberegninger, men i vårt forarbeid har vi brukt ITU-R **P.452-17** med 50% av tiden.