

Selvitys teknisistä ja taloudellisista näkökohdista liittyen 3800–4200 MHz taajuusalueen käyttöönottoon Suomessa

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom

8.6.2026



Sisällysluettelo

1	Yhteenveto	2
2	Johdanto	4
2.1	Selvityksen tausta	4
2.2	Selvityksen tavoitteet	4
3	Taajuusalue 3800–4200 MHz ja tarkasteluskenaariot	5
3.1	Paikalliseen toimintaan osoitetut taajuusalueet Suomessa	5
3.2	Tarkasteluskenaariot	6
4	Taajuusalueen käyttömahdollisuudet	8
4.1	Privaattiverkkojen kehitys	8
4.2	Käyttökohteet ja -mahdollisuudet	9
4.3	Kansallisen kuulemisen tulokset	9
4.4	Käyttökohteita ja -tarpeita	10
5	Tekninen käytettävyys	20
5.1	Taajuusalueen sisäiset rajoitukset	20
5.2	Viereisiltä taajuusalueilta tulevat rajoitukset	22
5.3	Paikallisverkkojen välinen koordinointi taajuusalueen sisällä	23
5.4	Laitesaatavuus	25
6	Taajuusalueen kansallinen hyödyntäminen	27
6.1	Skenaario A: koko taajuusalue osoitetaan paikallisille langattomille laajakaistajärjestelmille 27	
6.2	Skenaario B: taajuusalueesta osa varataan maanlaajuisille langattomille laajakaistaverkoille ja loppuosa osoitetaan paikallisille langattomille laajakaistajärjestelmille	28
6.3	Skenaarioiden vertailu	31
7	Taloudellisten vaikutusten arviointi	36
7.1	Paikallinen langaton laajakaista	36
7.2	Maanlaajuinen langaton laajakaista	38
7.3	Skenaarioiden vertailu	39



1 Yhteenveto

FusionLayer on Liikenne- ja viestintävirasto Traficom (jäljempänä Traficom) toimeksiannosta tehnyt riippumattoman asiantuntijaselvityksen, jonka tarkoituksena on tunnistaa ja arvioida vaihtoehtoja 3800–4200 MHz:n taajuusalueen tulevalle käytölle Suomessa. Selvityksen pohjaksi Traficom on määritellyt kaksi pääskenaariota:

- A. Koko taajuusalue osoitetaan paikallisille langattomille laajakaistajärjestelmille;
- B. Taajuusalueesta osa varataan maanlaajuisille langattomille laajakaistaverkoille ja loppuosa osoitetaan paikallisille langattomille laajakaistajärjestelmille.

Näiden skenaarioiden kautta selvityksen tavoitteena on arvioida 3800–4200 MHz taajuusalueen hyödyntämismahdollisuuksia Suomessa.

Lähtökohtaisesti tarkasteltava taajuusalue on osoitettu matala- ja keskitehoisille langattomille laajakaistajärjestelmille. Tehorajoituksen on tarkoitus suojata muita taajuusalueella ja sen läheisyydessä olemassa olevia palveluita. Tehorajoituksista huolimatta radiolupaprosessissa ja paikallisverkkojen toteutuksissa on huomioitava olemassa olevien palveluiden suojaaminen häiriöiltä sekä paikallisverkkototeutusten välinen koordinointi. Olemassa olevien palveluiden suojaaminen vaatii tapauksesta riippuen synkronointia, suojakaistan varaamista tai suojaetäisyyttä suojattavasta palvelusta. Paikallisverkkojen toiminta voi vaatia lisäksi paikallisverkkojen välistä koordinointia ja häiriöttömän toiminnan varmistamisen joko synkronoinnilla, suojaetäisyyksillä tai suojataajuuksilla.

Keväällä 2026 toteutetun kansallisen kuulemisen perusteella sidosryhmillä on kiinnostusta 3800–4200 MHz:n taajuusalueen hyödyntämiseen paikallisissa langattomissa laajakaistajärjestelmissä. Tällä hetkellä paikalliseen toimintaan varatut ns. keskitaajuudet (2300 MHz:n alue) ovat varsin rajalliset ja lisätaajuuksien mahdollistaminen nähdään hyödyllisenä ja tarpeellisenä. Eri sidosryhmien lausunnoissa tuodaan esiin tarpeita sekä pitkä- että lyhytaikaiseen paikalliskäyttöön eri käyttökohteissa. Pääosin tunnistetut tarpeet paikallisverkoille ovat alueellisia ja maantieteellisesti toisistaan irrallaan, mutta myös päällekkäisiä, usein kuitenkin vain lyhytkestoisia tarpeita on tunnistettu, etenkin suurissa yleisötapahtumissa.

Paikallisia verkkoja on rakennettu Suomessa ja muualla Euroopassa jo vuosien ajan, mutta kehitys on ollut jonkin verran ennustettua hitaampaa ja ne ovat yleistyneet sekä Suomessa että maailmalla suhteellisen hitaasti. Paikalliseen käyttöön liittyy kuitenkin huomattavia odotuksia ja paikallisten verkkojen uskotaan olevan digitalisaation merkittävä muutosvoima. Teknologian avulla voidaan muuttaa olemassa olevia tuotantorakenteita, kehittää uutta tuotantoa ja nostaa tuottavuutta. Odotukset ovat siinä määrin merkittäviä ja uskottavia, että paikallisille verkoille on perusteltua antaa mahdollisuus kehittyä.

Paikallisverkkokäyttöön osoitettavissa olevat taajuudet 3800–4200 MHz:n taajuusalueelta voivat edistää paikallisverkkomarkkinan kehitystä, avaten markkinaa myös erikoistuneille paikallisverkkoratkaisuja tarjoaville yrityksille. Paikallisverkkojen tarjontaan erikoistuneet yritykset voivat toteuttaa paikallisverkkoja asiakkaidensa tarpeisiin usein kansallisia matkaviestinverkkoperaatteita joustavammin. Toimiva paikallisverkkomarkkina voi tarkoittaa sekä verkkoratkaisuja tarjoavien, kuin myös verkkolaitteita valmistavien yritysten kirjon kasvamista, kun pienemmät paikallisverkkotarjontaan erikoistuneet yritykset voivat hankkia laitteita myös pienemmiltä laitevalmistajilta. Suurempi määrä toteutuksia tarjoavia toimijoita edistää toimivan markkinan kehitystä ja kustannustehokkaita paikallisverkkoratkaisuja niitä tarvitseville tahoille.



Näköpiirissä ei ole sellaista kehitystä, että koko 400 MHz:n kaista tulisi välittömästi ja pysyvästi allokoida paikalliseen käyttöön. Taajuuksille ei ole akuuttia kysyntää myöskään maanlaajuisessa käytössä, ja siten nyt on oiva mahdollisuus odottaa markkinoiden kehitystä ja tehdä ratkaisevat allokointipäätökset vasta myöhemmin. Johdonmukaisinta on edetä paikallisten taajuuksien allokoinnissa ja aloittaa allokointi taajuusalueen yläosasta. Pitkäaikaisia lupia voidaan myöntää ensisijaisesti alueelta 4100–4200 MHz edeten alemmaksi taajuusalueella tarpeen mukaan. Lyhytkestoisia lupia voitaneen myöntää erilaisten tarpeiden kattamiseksi laajemmalta taajuusalueelta lukitsematta taajuuksia yksinomaan paikallisverkkokäyttöön. Näin mahdollistetaan jo merkittävä lisä paikallisen käytön taajuuksiin ja annetaan markkinalle mahdollisuus kehittyä. Tämä lähestymistapa tarjoaa mahdollisuuden seurata paikallisverkkokäytön taajuuskysynnän kehitystä ja arvioida ratkaisevampia valintoja paikallisen ja maanlaajuisen allokoinnin välillä myöhemmin. Ainakin toistaiseksi on mahdollisuus pitää eri vaihtoehdot avoimina.



2 Johdanto

2.1 Selvityksen tausta

Euroopan komissio on antanut joulukuussa 2025 täytäntöönpanopäätöksen¹ 3800–4200 MHz:n taajuusalueen yhdenmukaistamisesta maanpäällisten langattomien laajakaistajärjestelmien, joilla voidaan tarjota lähiverkkoyhteyksiä, yhteiskäyttöä varten unionissa.

Suomessa Liikenne- ja viestintävirasto Traficom on käynnistänyt valmistelun 3800–4200 MHz:n taajuusalueen käyttöönottoa ja taajuuksien kansallista käyttösuunnitelmaa varten. Valmistelutyön tukemiseksi Traficom tarvitsee lisätietoa taajuusalueen käyttöönottoon Suomessa liittyvistä teknisistä ja taloudellisista näkökohdista.

Päätöksenteon tueksi Traficom on hankkinut tämän riippumattoman asiantuntijaselvityksen, jonka tarkoituksena on tunnistaa ja arvioida vaihtoehtoja 3800–4200 MHz:n taajuusalueen tulevalle käytölle Suomessa. Selvityksen pohjaksi Traficom on määritellyt kaksi pääskenaariota:

- A. Koko taajuusalue osoitetaan paikallisille langattomille laajakaistajärjestelmille (WBB LMP) komission täytäntöönpanopäätöksen mukaisilla teknisillä ehdoilla;
- B. Taajuusalueesta osa varataan maanlaajuisille langattomille laajakaistaverkoille ja loppuosa osoitetaan paikallisille langattomille laajakaistajärjestelmille.

Traficom toteutti kansallisen kuulemisen taajuusalueen käyttöönottoon ja hyödyntämiseen liittyen keväällä 2026. Kuulemisessa eri sidosryhmiltä saadut lausunnot ja huomiot on hyödynnetty osana tätä selvitystä ja vaihtoehtojen tarkastelua. Erityisesti on kiinnitetty huomiota eri toimijoiden kiinnostukseen taajuusalueen käyttöön ja hyödyntämiseen sekä lausunnoissa esiintuotuihin kapasiteettitarpeisiin.

2.2 Selvityksen tavoitteet

Selvityksen tavoitteena on

- Ymmärtää taajuusalueen käyttömahdollisuudet ja -tarpeet; toimijat, kysyntä, taajuustarpeet
- Ymmärtää taajuusalueen käytettävyyteen liittyvät tekniset mahdollisuudet ja haasteet; tehorajoitteet, taajuuskäyttöön liittyvät käyttörajoitteet, ja niiden vaikutus paikallisessa vs. maanlaajuisessa käytössä
- Arvioida taajuusalueen käyttöönoton vaikutusta suomalaiseen elinkeinoelämään ja sitä kautta arvioida taajuusalueen taloudellista vaikutusta ja eri skenaarioiden tuottamaa hyötyä
- Tuottaa näkemys siitä, miten taajuusalueen tulevassa käytössä voidaan edistää tavoitetta taajuuksien tehokkaasta käytöstä huomioiden paikallinen ja valtakunnallinen käyttö
- Tuottaa selkeä näkemys taajuusalueen käytettävyydestä ja mahdollisuuksista tukemaan Traficomien taajuuksien kansallisen käyttösuunnitelman valmistelua ja taajuusalueen käyttöönottoa

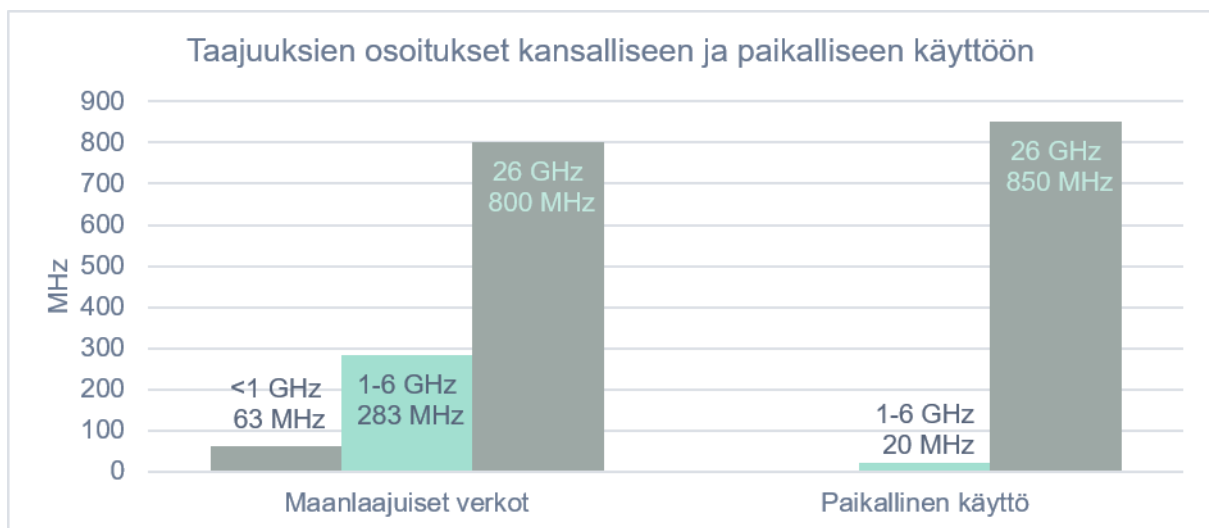
¹Komission täytäntöönpanopäätös (EU) 2025/2425, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:32025D2425>



3 Taajuusalue 3800–4200 MHz ja tarkasteluskenaariot

3.1 Paikalliseen toimintaan osoitetut taajuusalueet Suomessa

Tällä hetkellä Suomessa paikalliseen toimintaan on osoitettu taajuuksia keskitaajuuksilta ja korkeammilta taajuuksilta. Keskitaajuuksilla, 2300 MHz:n taajuusalueella, on käytettävissä 20 MHz:n taajuuskaista ja korkeammilla taajuuksilla, 26 GHz:n alueella, taajuuksia on saatavilla 850 MHz, ks. kuva alla. Matalammat, alle 1 GHz:n taajuudet, on osoitettu maanlaajuiseen käyttöön.



Kuva 1. Maanlaajuiseen (keskimäärin per operaattori) ja paikalliseen käyttöön osoitetut taajuudet tällä hetkellä Suomessa

Alla olevassa taulukossa on esitelty lyhyesti taajuuksien ominaisuuksia ja nykyistä käyttöä. Matalat taajuudet sopivat erityisesti laajan peiton rakentamiseen, sillä yksittäisen tukiaseman peittoalue voi olla jopa yli 10 km:ä ympäristöstä riippuen. Ne soveltuvat siis erityisen hyvin maankattavan peiton rakentamiseen. Lisäksi ne tarjoavat hyvän sisätilapeiton, joten ne parantavat verkon toimivuutta myös tiheimmin rakennetuilla alueilla. Matalien taajuuksien varaaminen valtakunnalliseen käyttöön on siten hyvin perusteltua.

Keskitaajuuksilla yksittäisen tukiaseman peittoalue on pienempi, mutta tyypillisesti käytettävissä oleva taajuuskaista on suurempi, jolloin saavutetaan suurempi kapasiteetti ja voidaan palvella isompaa käyttäjämäärää kuin matalammilla taajuuksilla. Paikallisiin toteutuksiin keskitaajuudet sopivat varsin hyvin, rajatun peittoalueen kattaminen on mahdollista varsin kustannustehokkaasti. Nykyisin paikalliseen käyttöön varattu taajuuskaista, 20 MHz, rajoittaa käytössä olevaa kapasiteettia, erityisesti jos samalla alueella on useampi taajuusalueesta kiinnostunut käyttäjä.

Korkeammilla taajuuksilla radioverkon peiton rakentaminen on varsin haastavaa ja yksittäisen tukiaseman peittoalue on pieni. Käytännössä usein tarvitaan näköyhteys käyttäjän ja tukiaseman välille häiriöttömän toiminnan varmistamiseksi. Laaja taajuuskaista toisaalta mahdollistaa erittäin suuret tiedonsiirtonopeudet ja korkean kapasiteetin. Korkeammat taajuudet soveltuvat siten



pääosin hyvin rajatun alueen kattavan verkon rakentamiseen. Korkeammilla taajuuksilla paikalliseen käyttöön on saatavilla runsaasti taajuuksia ja sitä kautta pystytään rajatuille alueille rakentamaan hyvinkin ison kapasiteetin omaavia verkkoja, mutta verkon peittoalue on väistämättä rajattu.

Taulukko 1. Taajuusalueiden ominaisuudet ja käyttökohteet tällä hetkellä

Taajuusalue	Käyttösoveltuvuus	Paikalliskäyttö	Maanlaajuinen käyttö (Manner-Suomi)
Matalat taajuudet	<1 GHz rajattu kapasiteetti erinomainen peitto	Ei osoitusta paikalliseen käyttöön Tarve kattavan peiton taajuuksille rajallinen	~190 MHz jaettu maanlaajuisille verkoille Tarvitaan maanlaajuiseen kattavuuteen
Keski- taajuudet	1–6 GHz korkea kapasiteetti kohtuullinen peitto	20 MHz osoitettu paikalliseen käyttöön ¹ Rajallinen taajuuskaista rajoittaa kapasiteettia	~850 MHz jaettu maanlaajuisille verkoille Monipuolinen käyttö ja suuri kapasiteetti
Korkeat taajuudet	26 GHz erittäin korkea kapasiteetti rajattu peitto	850 MHz osoitettu paikalliseen käyttöön ² Paikallinen suuren kapasiteetin toteutus	2 400 MHz jaettu maanlaajuisille verkoille Rajallinen käyttöönotto
		¹ Kymmeniä paikallisia lupia keskitaajuudelle (2300 MHz) ² Vain yliopistot ja VTT hankkineet lupia korkealle taajuudelle	

Euroopan komissio on osoittanut 3800–4200 MHz:n taajuusalueen ensisijaisesti paikallisille matala- ja keskitehoisille langattomille laajakaistajärjestelmille (WBB LMP). Tämä 400 MHz:n taajuuskaista tuo merkittävästi lisää taajuuksia ja sitä kautta lisäkapasiteettia paikallisten verkkojen käyttöön keskitaajuuksilla. Keskitaajuudet soveltuvat etenemisominaisuuksiensa puolesta hyvin myös hiukan laajempien paikallisten verkkojen toteutukseen eri ympäristöissä tai etenemisominaisuuksiltaan haastavien ympäristöjen, kuten erilaisten teollisuuskompleksien kattamiseen. Keskitaajuuksien käyttö ja merkittävästi nykyistä laajempi taajuuskaista parantavat mahdollisuuksia toteuttaa paikallisia viestintäverkkoja erilaisten toimijoiden tarpeisiin ja avaa uusia mahdollisuuksia eri toimijoille paikallisten verkkojen toteutukseen.

3.2 Tarkasteluskenaariot

Kuten todettu, tässä selvityksessä 3800–4200 MHz:n taajuusalueen käytettävyyttä on tarkasteltu kahdessa eri skenaariossa:

- Koko taajuusalue osoitetaan paikallisille langattomille laajakaistajärjestelmille (WBB LMP) komission täytäntöönpanopäätöksen mukaisilla teknisillä ehdoilla;
- Taajuusalueesta osa varataan maanlaajuisille langattomille laajakaistaverkoille ja loppuosa osoitetaan paikallisille langattomille laajakaistajärjestelmille.

Taajuusalueen käyttömahdollisuuksia ja tarpeita arvioitaessa on pyritty ymmärtämään eri käyttökohteiden vaatimaa kapasiteettia eli tarvittavaa taajuuskaistaa. Lisäksi on pohdittu tiedonsiirtotarpeita eri siirtosuunnissa (UL:DL-suhde), joka vaikuttaa verkon toteutukseen valittavaan kehysrakenteeseen ja sitä kautta mahdollisesti verkkojen välisiin häiriöihin ja niiden samanaikaiseen häiriöttömään toimintaan.



Molempien skenaarioiden osalta on selvitetty taajuuskaistan tekniseen käytettävyyteen liittyviä kysymyksiä ja teknisiä rajoituksia liittyen taajuusalueelle asetettuihin tehorajoihin, samalla taajuusalueella olevan muun käytön suojaukseen ja viereisten taajuusalueiden suojauksesta tuleviin vaatimuksiin.

B-skenaarion osalta on myös pohdittu, miten 3800–4200 MHz:n taajuusalue voitaisiin jakaa maanlaajuisten ja paikallisten toimijoiden kesken siten, että tekniset toimintaedellytykset olisivat mahdollisimman hyvät kaikille toimijoille. Tarkastelussa on pohdittu eri verkkojen välisen häiriöttömän toiminnan asettamia vaatimuksia ja niiden toteutusta joko verkkojen synkronoinnin, suojakaistan tai suojaetäisyyksien kautta.



4 Taajuusalueen käyttömahdollisuudet

Tässä kappaleessa tarkastellaan taajuusalueen käyttömahdollisuuksia erityisesti paikallisten toimijoiden näkökulmasta ja pohditaan taajuusalueen kiinnostavuutta eri toimijoille. Tarkastelussa hyödynnetään kansallisessa kuulemisessa saatuja vastauksia 3800–4200 MHz:n taajuusalueen tulevasta käytöstä.

Tyypillisesti paikalliset verkot ovat ns. privaattiverkkoja eli ne on rakennettu yksittäisen käyttäjän tai käyttäjäryhmän tarpeisiin ja niihin pääsy on rajattu tietyille ryhmälle. Paikallisverkkoja voidaan käyttää myös vähäiseen yleiseen teletoimintaan, esimerkiksi kuluttajalaajakaistan viimeisenä yhteytenä.

4.1 Privaattiverkkojen kehitys

Privaattiverkkoja voidaan toteuttaa joko kokonaan omana erillisenä verkkona, joka käyttää omia erillisiä taajuuksia, tai hyödyntäen kaupallisten mobiilioperaattoreiden verkkoja palvelun toteutukseen joko priorisointia tai verkkoviipalointia hyödyntäen. Privaattiverkkoja on ollut käytössä jo pidempään, mutta niiden kehitys on ollut jonkin verran ennustettua hitaampaa ja ne ovat yleistyneet sekä Suomessa että maailmalla suhteellisen hitaasti.

Tällä hetkellä paikallista verkkotoimintaa varten myönnettyjä radiolupia on Suomessa keskitaajuuksilla (2300 MHz:n alue) voimassa vajaa kolmekymmentä. Niistä noin kolmannes on myönnetty yliopistoille ja korkeakouluille ja loput yrityksille. Korkeamman taajuuden (26 GHz:n alue) radiolupia on tällä hetkellä myönnetty kolme, ja ne ovat kaikki yliopistojen käytössä.

Omien erillisten taajuuksien lisäksi privaattiverkkoja on tällä hetkellä Suomessa toteutettu myös hyödyntäen kaupallisten operaattoreiden verkkoja ja taajuuksia.

Paikallisverkkojen käyttöön osoitetut taajuudet ja taajuusalueet ovat toistaiseksi olleet jossain määrin rajalliset Suomessa, ja tämä on osaltaan voinut hidastaa privaattiverkkojen yleistymistä. Traficomin Privaattiverkot Suomessa -selvityksessä² tarkasteltiin privaattiverkkomarkkinaa ja sen kehitystä ja yhtenä selvityksen havaintona tuotiin esiin tarve uudelle riittävän leveälle taajuuskaistalle ns. keskitaajuuksilta (2–7 GHz), mikä mahdollistaisi sekä laajemman peittoalueen että riittävän kapasiteetin ja yhteysnopeudet.

Maailmalla privaattiverkkoja on käytössä erityisesti Yhdysvalloissa ja Kiinassa, molemmissa maissa privaattiverkkojen määrän arvioidaan olevan yli tuhat. Euroopassa Saksaa pidetään yleisesti johtavana maana privaattiverkkojen määrässä, lupia on myönnetty noin 400. Myös Britanniassa ja Ranskassa privaattiverkkoja raportoidaan olevan toista sataa. Privaattiverkkojen käyttöönotto on maailmanlaajuisestikin ollut jossain määrin hidasta ja esimerkiksi Saksassa kaikki luvanhaltijat eivät ole toistaiseksi ottaneet taajuuksiaan tuotantokäyttöön. Tyypillisiä paikallisverkkojen käyttökohteita ovat olleet valmistava teollisuus, logistiikkakeskittymät, kuten satamat ja isot varastoalueet, sairaalat, kauppakeskukset, lentokentät, julkiset palvelut, korkeakoulut ja tutkimuslaitokset sekä erilaiset tapahtumat. Myös maailmanlaajuisesti privaattiverkkomarkkinan nähdään kuitenkin kasvavan tulevaisuudessa, kun nykyiset verkot leviävät uusiin käyttökohteisiin ja uudet toimijat ottavat verkkojaan käyttöön.

² <https://www.traficom.fi/files/media/publication/Privaattiverkot%20Suomessa%20selvitys.pdf>



4.2 Käyttökohteet ja -mahdollisuudet

Yksittäisen toimijan kannalta tarve oman, erillisen privaattiverkon toteutukseen lähtee liiketoiminnan tarpeista. Varsin usein kaupallisten teleoperaattorien tarjoama palvelu on riittävä ja tarvetta erilliselle omalle verkolle ei ole. Oma verkko tulee tyypillisesti harkittavaksi silloin, kun kaupallisesti saatava palvelu ei ole tarpeeksi kattava, esimerkiksi riittävä sisäpeitto ei ole saatavilla tai katettavana on paljon maanalaisia tiloja, joista peitto puuttuu. Lisäksi tiedonsiirron tarve, joko kapasiteettimielessä tai siirtosuunnan osalta, voi perustella oman verkon toteuttamista. Esimerkiksi suuri kapasiteetin tarve alueella, jossa julkisella matkaviestinverkolla on paljon muuta käyttöä, voi jopa vaatia oman privaattiverkon, jotta voidaan varmistaa riittävä kapasiteetti kaikissa tilanteissa. Toiminnan laatu voi myös asettaa verkolle sellaisia vaatimuksia esimerkiksi latenssin osalta, että paikallinen toteutus on välttämätön. Osalla toimijoista tietoturvaan ja turvallisuuteen yleensä liittyvät kysymykset voivat johtaa siihen, että oman verkon rakentaminen nähdään välttämättömäksi, jotta voidaan varmistaa tietojen säilyminen kaikissa tilanteissa käyttäjän omassa ympäristössä.

Isompien yritysten ja yhteisöjen mahdollisuudet oman verkon rakentamiseen mahdollisen kumppaniverkoston kanssa ovat varsin hyvät. Omaan verkkoon tehtävät investoinnit on mahdollista kattaa siitä saatavilla tehostamishyödyillä ja oma osaaminen yhdessä kumppanien kanssa on riittävä kustannustehokkaan ja toimintavarman ratkaisun toteuttamiseen.

Pienten ja keskisuurten yritysten ja toimijoiden mahdollisuuksia oman privaattiverkon rakentamiseen rajoittavat siihen tarvittavat investoinnit ja osaaminen, joka tyypillisesti on oman liiketoiminnan ulkopuolella. Digitalisaation eteneminen saattaa kuitenkin kasvattaa tiedonsiirron tarvetta yrityksen sisällä myös pienillä ja keskisuurilla toimijoilla. Tässä kohtaa palveluntarjoaja, joka mahdollisesti toimittaisi sekä tarvittavan verkon että integraation yrityksen järjestelmiin voisi olla yksi mahdollisuus ja tuoda privaattiverkkototeutukset laajemmin myös pienempien toimijoiden saataville. Tämä voisi avata myös uusia liiketoimintamahdollisuuksia paikallisverkkototeutuksia ja integrointia tarjoaville yrityksille.

4.3 Kansallisen kuulemisen tulokset

Traficom toteutti kansallisen kuulemisen taajuusalueen 3800–4200 MHz tulevasta käytöstä Suomessa keväällä 2026. Tähän Traficomien lausuntopyyntöön vastasi 23 tahoa, jotka jakautuivat sekä verkon toimittajiin, mahdollisiin luvan hakijoihin, matkaviestinverkko-operaattoreihin että edunvalvojiin:

- Mahdolliset luvan hakijat (11)
 - seitsemällä (7) taholla on tarve taajuuksille tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoimintaan
 - neljällä (4) taholla tarve on omaan toimialaan liittyvä
- Verkkoratkaisujen toimittajat (4)
 - neljä (4) lausujaa on yksityisiin 5G-verkkototeutuksiin erikoistuneita toimittajia
- Muut (8)
 - Kaupalliset matkaviestinverkko-operaattorit (3)
 - Edunvalvontaa ajavat tahot (3)
 - Erillisverkko-operaattori (1)
 - Yksityishenkilö (1)

Lausunnoissa taajuusalueen käytöstä on erilaisia näkemyksiä ja lähestymistapoja. Kolme lausujaa ehdottaa koko taajuusalueen varaamista paikallisverkkokäyttöön, kun taas viisi lausujaa ehdottaa vaiheittaista käyttöönottoa kaistan yläpäästä alkaen. 14 lausujaa ei ottanut eksplisiittisesti kantaa



koko taajuusalueen käyttöön, ja yksi vastustaa taajuusalueen käyttöönottoa kokonaisuudessaan. Tältä pohjalta on perusteltua arvioida huolellisesti taajuusalueen osoitusta erilaisissa skenaarioissa.

Lausuntojen perusteella voidaan nähdä kiinnostusta ja tarvetta paikallisille verkkototeutuksille, jotka pystyvät hyödyntämään laajempaa 3800–4200 MHz:n taajuusalueella tarjolla olevaa kaistanleveyttä. Lausunnoissa mainitut käyttökohteet noudattelivat paljolti yleisessä keskustelussa olleita aiheita, kuten teollisuus, logistiikka, tutkimus ja tuotekehitys, terveydenhuolto ja tapahtumatuotantoon liittyvät eri tarpeet. Lausuntoja on hyödynnetty seuraavan kappaleen käyttökohteiden kuvauksessa ja määrittelyssä.

Lupa-ajan osalta lausunnoissa toivotaan mahdollisuutta sekä lyhytaikaiseen lupaan että pitkäkestoiseen lupaan. Lyhytaikaisen luvan, joitakin viikkoja tai kuukausia, tarpeen toi esiin viisi lausujaa, erityisesti tapahtumatoteutusten osalta lyhytaikaiset luvat nähtiin tarpeellisina. Pitkäaikaisen luvan osalta ajatus luvan kestosta vaihteli varsin paljon, yhdestä vuodesta 20 vuoteen, tyypillisesti 5–10 vuoden lupa nähtiin hyvänä. Ajatukset lupa-ajan pituudesta heijastelevat erilaisia käyttötarpeita ja -kohteita, joten tältä osin mahdollisuus erityyppisiin lupiin tulee huomioida lupaprosessia mietittäessä.

Tyypillinen taajuustarve lausuntojen perusteella on 100 MHz. Lisäksi mainittiin 40 MHz rajoitetun kapasiteetin sovelluksille ja 200 MHz tapahtumien yhteydessä tarvittaville lyhytaikaisille paikallisille verkoille. Tutkimus- ja tuotekehitystarkoituksissa tuli esiin tarve jopa koko 400 MHz:n taajuuskaistalle, mutta tätä voidaan pitää hyvin erityisenä yksittäisenä tarpeena.

4.4 Käyttökohteita ja -tarpeita

Paikalliset tarpeet voivat olla hyvinkin erilaisia. Esimerkiksi perinteinen matkaviestinverkkokäyttö keskittyy suurelta osin liikenteeseen tukiasemalta loppukäyttäjälle (DL). Vaikka sisältöä jaetaan enenevässä määrin muille (UL, käyttäjältä tukiasemaan päin), on sisällön kuluttajia kuitenkin enemmän kuin sisällön tuottajia. Suurelta osin tämän takia on kansallisissa matkaviestinverkoissa esimerkiksi suurin osa 3,5 GHz:n taajuuden käyttöajasta varattu DL-suuntaan. Paikallisessa käytössä tarve voi olla päinvastainen. Esimerkiksi etävalvonnassa voidaan kerätä sisältöä mahdollisesti suureltakin määrältä laitteita yhteen paikkaan, jolloin etävalvonta-alueella liikenne voi olla jopa lähes yksinomaan laitteilta tukiasemaan (UL).

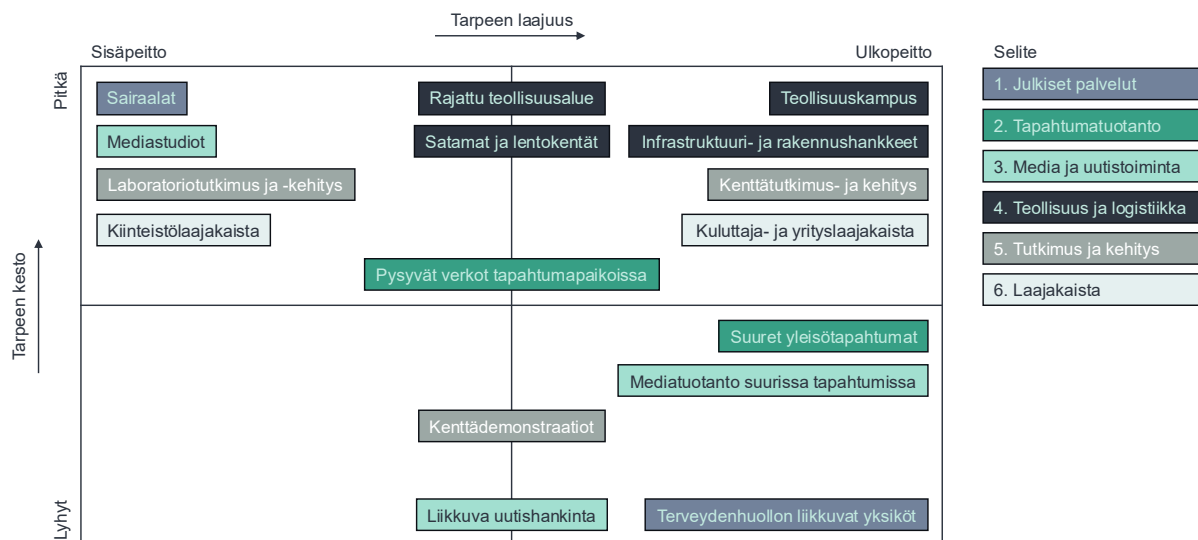
Käyttökohteet voidaan luokitella monin eri tavoin. Tämän selvityksen tavoitteiden vuoksi on alle koottu tunnistettuja käyttökohteita toimialakohtaisesti eriteltynä tarpeen alueellisen laajuuden ja luvan keston mukaan.

1. Julkiset palvelut
 - a. Sisäverkot sairaaloissa ja muissa SoTe-yksiköissä
 - b. Liikkuvien yksiköiden tarpeet
2. Tapahtumapaikat ja tapahtumatuotanto
 - a. Tapahtumatuotannon sisäverkot tai rajatun tapahtumapaikan verkot pysyvissä tapahtumapaikoissa esimerkiksi stadioneilla, urheiluhalleissa ja tapahtumakeskuksissa
 - b. Tapahtumatuotannon väliaikaiset verkot tapahtumissa, kuten festivaaleilla tai muissa suurissa yleisötapahtumissa
3. Media ja uutistoiminta
 - a. Sisäverkot studioissa ja mediatuotantotiloissa
 - b. Mediatuotannon ulkoiset verkot suurissa yleisötapahtumissa, kuten urheilukisoissa tai festivaaleilla
 - c. Liikkuvien uutishankinnan yksiköiden tarpeet



4. Teollisuus ja logistiikka
 - a. Sisä- ja ulkoverkot rajatun pääsyn logistiikkakeskuksissa tai teollisuuskiinteistöissä kuten voimaloissa, tehtaissa tai kaivosalueilla
 - b. Sisä- ja ulkoverkot satamissa, lentokentillä ja muissa kohteissa, joissa on myös matkustajaliikennettä
 - c. Sisä- ja ulkoverkot laajemmilla teollisuusalueilla tai -kampuksilla, joissa mahdollisesti useita privaattiverkkoa tarvitsevia tahoja
 - d. Väliaikaiset sisä- ja ulkoverkot työmaan tarpeisiin esimerkiksi suurissa rakennus- tai infrastruktuurihankkeissa
5. Tutkimus, kehitys ja innovaatiotoiminta
 - a. Laboratoriokäyttö sisätiloissa
 - b. Kenttätestaus toimipaikassa
 - c. Kenttätestaus- ja demonstraatiot toimipaikan ulkopuolella
6. Laajakaista
 - a. Yrityslaajakaistaratkaisut
 - b. Kiinteistölaajakaistaratkaisut
 - c. Kuluttajalaajakaistaratkaisut

Tunnistetut paikallisverkkojen käyttökohteet on luokiteltu alla olevaan kuvaan tarpeen keston, sekä tarpeen alueellisen laajuuden mukaan. Käyttökohteiden värityksellä tarpeet on luokiteltu eri toimialojen mukaan. Tarpeen kesto voi vaihdella pitkäaikaisesta pysyvästä paikallisverkkototeutuksesta lyhytaikaisen tapahtuman ajaksi toteutettavaan paikallisverkkoon. Tarpeen laajuus taas tyypillisesti vaihtelee sisätilapeitosta ulkopeittoon, riippuen paikallisverkon käyttökohteesta.



Kuva 2. Tunnistetut paikallisverkkojen käyttökohteet, luokiteltu tarpeen laajuuden ja keston mukaan

Seuraavassa tunnistettuja paikallisverkkotarpeita käsitellään tarkemmin toimialakohtaisesti, arvioiden viestintäliikenneprofiilia, tarpeen laajuutta ja kestoja, sekä mahdollisia perusteluja paikalliselle verkkototeutukselle.



4.4.1 Julkiset palvelut

Sisäverkot sairaaloissa ja muissa SoTe-yksiköissä

Kuvaus: sairaalassa niin potilaat, terveydenhuollon ammattilaiset, kuin terveydenhuollon laitteet liikkuvat sairaalassa paikasta toiseen. Langaton, toimintavarma ja turvallinen paikallinen verkko mahdollistaa telemetriatietojen reaaliaikaisen keräämisen potilaan elintoiminnoista yhteydellisten sensorien avulla, ammattilaisten tai laitteiden sijainnin seurannan, sekä viestinnän eri tahojen välillä.

Viestintäliikenne: sekä UL- että DL-suuntaan, riippuu toteutettavista käyttötarkoituksista.

Alue: rajattu alue, sisällä sairaalassa, sekä mahdollisesti keskeisillä sisäänkäyntien ja kuljetusten vastaanoton alueilla.

Kesto: pitkäkestoinen lupa paikallisverkkoinvestointien perustelemiseksi.

Paikallisen privaattiverkon edut: mahdollisuus toteuttaa suljettu ja tietoturvallinen verkko, jossa laitteille ja käyttötarkoituksille käytössä oleva kapasiteetti on verkon hallitsijan kontrollissa.

Liikkuvien yksiköiden tarpeet

Sairaaloiden sisäverkkojen lisäksi oli tunnistettu myös mahdollisia tarpeita liikkuvien yksiköiden, kuten ensiavun tai kotihoidon laitteiden yhteyksien mahdollistamiseksi. Koska käyttökohteiden sijainti vaihtelee, eivätkä ne aina ole ennakoitavissa, liikkuvien yksiköiden tarpeet yhteyksille lienee mielekkäämpää toteuttaa yleisesti julkisia verkkoja tai luvasta vapaita yhteyksiä käyttäen.

4.4.2 Tapahtumapaikat ja tapahtumatuotanto

Tapahtumatuotannon sisäverkot tai rajatun tapahtumapaikan verkot pysyvissä tapahtumapaikoissa esimerkiksi stadioneilla, urheiluhalleissa ja tapahtumakeskuksissa

Kuvaus: mahdollisesti suuri määrä laitteita, tapahtumatuotannon henkilöstön sekä alihankkijoiden viestintään, mahdolliseen liikkuvaan valvontaan, sekä reaaliaikaiseen laitetietoon hankalasti kaapeloitavista kohteista ja esimerkiksi maksuliikenteeseen langattomilla maksupäätteillä.

Viestintäliikenne: liikenneprofiili riippuu tapahtumatuotannon tarpeista. Valvonta, kuten kamerat ja sensorit lähettävät UL-suuntaan, muu viestintä voi olla symmetrisempää. Viestintä ja esimerkiksi maksuliikenne eivät perustellusti vaadi 100 MHz:n taajuuskaistaa, vaan jopa 20 MHz voi monesti olla riittävä. Pysyvissä tapahtumapaikoissa ei tarve liikkuvalla valvontakamerakalustolle liene kovin suurta.

Alue: rajattu alue, pääosin sisätiloissa tai rakenteiden takana.

Kesto: pitkäkestoinen lupa paikallisverkkoinvestointien perustelemiseksi.

Paikallisen privaattiverkon edut: mahdollisuus toteuttaa tapahtumapaikalle paikallinen verkko, jossa on riittävästi kapasiteettia esimerkiksi maksuliikenteen käyttöön myös suurissa yleisötapahtumissa, joiden aikana julkiset matkaviestinverkot voivat olla hyvinkin kuormittuneita.



Tapahtumatuotannon väliaikaiset verkot tapahtumissa, kuten festivaaleilla tai muissa suurissa yleisötapahtumissa

Kuvaus: väliaikaisille verkoille voi olla tarvetta suurissa yleisötapahtumissa. Samankaltaiset tarpeet kuin pysyvissä tapahtumapaikoissa, valvonnan, tapahtumaorganisoinnin ja esimerkiksi maksuliikenteen tarpeisiin. Väliaikaisissa tapahtumissa laitteiden kaapelointi voi olla pysyviä tapahtumapaikkoja hankalampaa.

Viestintäliikenne: liikenneprofiili riippuu tapahtumatuotannon tarpeista. Valvonta, kuten kamerat ja sensorit lähettävät UL-suuntaan, muu viestintä voi olla symmetrisempää. Viestintä ja esimerkiksi maksuliikenne eivät perustellusti vaadi 100 MHz:n taajuuskaistaa, vaan jopa 20 MHz voi monesti olla riittävä. Valvontalaitteet, kuten kamerat, voivat vaatia leveämpää taajuuskaistaa, mutta ne voidaan usein myös kaapeloida kiinteissä asennuksissa.

Kesto: lyhykestoinen lupa tapahtuman ajaksi.

Alue: rajattu alue, sekä sisä- että ulkotilat mahdollisia.

Paikallisen privaattiverkon edut: väliaikaisissa suurissa tapahtumissa julkiset matkaviestinverkot voivat olla korostetun kuormitettuja tapahtumien väliaikaisen luonteen vuoksi, vaikka esimerkiksi kansalliset matkaviestinverkko-operaattorit toisivatkin alueelle väliaikaisia tukiasemaratkaisuja tarjoamaan tapahtuman ajaksi lisäkapasiteettia. Privaattiverkon avulla voidaan varmistaa riittävä kapasiteetti tapahtumatuotannon eri käyttökohteille.

4.4.3 Media ja uutistoiminta

Sisäverkot studioissa ja mediatuotantotiloissa

Kuvaus: langattomien kuvaus- ja äänityslaitteiden yhteydet mediatoimijan omissa tiloissa.

Viestintäliikenne: UL-painotteinen liikenne. Korkealaatuinen, usein pakkaamaton audio-visuaalinen sisältö useasta lähteestä voi perustellusti tarvita 100 MHz:n taajuuskaistan.

Alue: sisätiloissa studiossa ja vastaavissa tiloissa. Tarve korkealaatuisen audio-visuaalisen sisällön jakamiseen kuvaus- ja äänityslaitteista keskitettyyn ohjaamoon.

Kesto: pitkäkestoinen lupa paikallisverkkoinvestointien perustelemiseksi.

Paikallisen privaattiverkon edut: käytettävissä oleva kapasiteetti ja yhteys helpommin hallittavissa kuin luvasta vapailla taajuuksilla.

Mediatuotannon ulkoverkot suurissa yleisötapahtumissa, kuten urheilukisoissa tai festivaaleilla

Kuvaus: suuri määrä erilaisia laitteita, osa tapahtuman kuvaus- ja äänitystarpeesta voi olla liikkuvaa, estäen kaapeloinnin kaikkiin mediatuotannon laitteisiin. Kamerat ja mikrofonit tuottavat reaaliaikaista audio-visuaalista materiaalia, jota kerätään ohjauskeskukseen sisällön ohjausta ja välittämistä varten. Lisäksi mahdollisesti suuri määrä laitteita, joilla annetaan reaaliaikaisia ohjeita mediatuotannon avustajille, kuvaajille, äänihenkilöille, sekä suoraan etäohjattaville laitteille.

Viestintäliikenne: UL-painotteinen liikenne. Korkealaatuista audio- ja videosisältöä laitteista UL-suuntaan, hallittavampaa viestintäliikennettä tai pakattua audio-visuaalista sisältöä DL-suuntaan.



Korkealaatuinen, usein pakkaamaton audio-visuaalinen sisältö useasta lähteestä voi perustellusti tarvita 100 MHz:n taajuuskaistan.

Alue: rajattu alue, sekä sisä- että ulkotilat mahdollisia.

Kesto: lyhytkestoinen lupa tapahtuman ajaksi.

Paikallisen privaattiverkon edut: väliaikaisissa suurissa tapahtumissa julkiset matkaviestinverkot voivat olla korostetun kuormitettuja tapahtumien väliaikaisen luonteen vuoksi, joten privaattiverkolla pystytään varmistamaan riittävä kapasiteetti mediatuotannon tarpeisiin.

Erityishuomio: mediatuotannon tarpeiden lisäksi voi tapahtumatuotannon toteutukseen olla tarve erilliselle paikalliselle privaattiverkolle.

Liikkuvien uutishankinnan yksiköiden tarpeet

Kuvaus: liikkuvan uutishankinnan tarve yhdistää kuvaus- ja äänityslaitteet esimerkiksi kuvausautoon, josta audio-visuaalinen sisältö lähetetään edelleen uutisohjaamoon julkisia yhteyksiä käyttäen.

Viestintäliikenne: UL-painotteinen liikenne. Korkealaatuinen, usein pakkaamaton visuaalinen sisältö voi perustellusti vaatia jopa yli 50 MHz:n taajuuskaistan.

Alue: pieni, mutta itse sijainti huonosti ennakoitavissa

Kesto: erittäin lyhytkestoinen lupa tuotannon ajaksi

Paikallisen privaattiverkon edut: kun kaapelointi kuvausauton sekä kuvaus- ja äänityslaitteiden välillä ei ole käytännöllistä, on tarve langattomalle yhteydelle.

Erityishuomio: uutishankinnan tarpeiden ennakointi ei aina ole käytännössä mahdollista, eikä lupaprosessin läpivienti tunneissa matkalla uutishankintapaikalle ole toteutuskelpoista. Käytännössä siis erittäin lyhytkestoisetkin luvat tulevat kyseeseen vain ennakoitavissa tilanteissa.

4.4.4 Teollisuus ja logistiikka

Sisä- ja ulkoverkot rajatun pääsyn logistiikkakeskuksissa tai teollisuusalueilla kuten voimaloissa, tehtaissa tai kaivosalueilla

Kuvaus: privaattiverkko teollisuusalueella/kiinteistössä, jonne on rajattu pääsy ja siten myös verkon peittoalue on hallittavissa kuitenkin vastaten toimijan tarpeisiin. Toteutukset voivat kohteesta riippuen olla sisäverkkoja tai yhdistelmä sisä- ja ulkoverkkoja toiminta-alueella. Yhteistä näille on se, että pääsy toiminta-alueelle on valvottua ja rajattua, ja siten myös verkkototeutus pystyttänee tehokkaasti rajaamaan toiminta-alueelle, joten häiriöt muista WBB LMP -verkoista tai häiriöt muihin verkkoihin eivät ole todennäköisiä, tai pystytään ainakin huomioimaan verkon suunnittelussa ja lupaprosessissa.

Esimerkiksi ydinvoimala-alueen sisä- ja ulkoverkkotarpeet rajatun pääsyn alueella.

Viestintäliikenne: liikenneprofiili riippuu käyttökohteesta. Monissa tapauksissa muusta erillään olevalle verkolle voi perustellusti olla tarve jopa 100 MHz:n taajuuskaistan, joka mahdollistaa moninaiset käyttötapaukset ja erityistilanteisiin varautumisen mahdollisesti turvallisuuskriittisissä sovelluksissa.



Alue: rajattu toimijan alue, pääsy alueelle myös rajattu. Mahdollistaa riittävän etäisyyden muihin toimijoihin.

Kesto: pitkäkestoinen lupa kiinteään teollisuuden toimitilaan mahdollisesti suuren paikallisverkkoinvestointien perustelemiseksi

Paikallisen privaattiverkon edut: omaan käyttöön ja tarpeeseen sovitettu verkkototeutus. Joissain tapauksissa jopa vaikea mahdollistaa julkisen verkon toiminta alueella, tai tarve toteuttaa puhtaasti paikallinen verkko, joka ei ole yhteydessä julkiseen verkkoon esimerkiksi turvallisuussyistä.

Sisä- ja ulkoverkot satamissa, lentokentillä ja muissa kohteissa, joissa on myös matkustajaliikennettä

Kuvaus: satamissa ja lentokentillä voi olla matkustajaliikenteen lisäksi merkittävä määrä tavaraliikennettä, henkilökunnan laitteita, etäluettavia sensoreita, kulkuvälineitä ja huoltoajoneuvoja, jotka voi olla tarve yhdistää langattomasti, erilaista viestintää, ajoneuvojen valvontaa ja etähallintaa, sekä esimerkiksi tavaroiden ja koneiden seuranta varten.

Viestintäliikenne: riippuen toimijan tarpeista. Viestintäliikenne voi olla lähempänä symmetristä liikennettä, kun taas laitteiden ja tavaroiden seuranta, sekä mahdollisten autonomisten ajoneuvojen seuranta ja etähallinta aiheuttavat UL-painotteisemman liikenneprofiilin. Riippuen käyttökohteesta jopa 100 MHz:n taajuuskaista voi olla perusteltu.

Alue: usein sisäverkkoja ja rajatun alueen ulkoverkko.

Kesto: pitkäkestoinen lupa paikallisverkkoinvestointien perustelemiseksi.

Paikallisen privaattiverkon edut: mahdollisen matkustajaliikenteen takia julkiset matkaviestinverkot voivat ajoittain olla hyvinkin kuormittuneita. Paikallinen privaattiverkko erillisillä taajuuksilla mahdollistaa hallittavamman toteutuksen, sekä erityistilanteisiin varautumisen mahdollisesti turvallisuuskriittisissä sovelluksissa.

Sisäverkot laajemmilla teollisuusalueilla tai -kampuksilla, joissa mahdollisesti useita privaattiverkkoa tarvitsevia tahoja

Kuvaus: yksittäisen teollisuuden toimijan toimitiloihin toteutettava privaattiverkko, kattaen yhden kiinteistön, jossa tarve hallittavalle langattomalle yhteydelle laitteiden kaapeloinnin ollessa epäkäytännöllistä tuotantoympäristössä tai liikkuvasta kalustosta johtuen.

Viestintäliikenne: liikenneprofiili riippuu toimijan tarpeista, esimerkiksi tiloissa liikkuvien koneiden etävalvonta tai -hallinta aiheuttaa UL-painotteisen liikenneprofiilin, mutta toimijan tarve voi olla myös symmetrisemmälle tai DL-painotteiselle tiedonsiirrolle. Toimijoiden tarpeet voivat vaihdella suuresti, mikä vaikuttaa myös mahdolliseen taajuuskaistan tarpeeseen.

Alue: sisäverkko yksittäiseen kiinteistöön alueella, jossa teollisuustoimijoiden kiinteistöt voivat olla lähekkäin.

Kesto: pitkäkestoinen lupa paikallisverkkoinvestointien perustelemiseksi.

Paikallisen privaattiverkon edut: mahdollisuus hallita käytettävissä olevaa langatonta tiedonsiirtoa omissa tuotanto- tai teollisuusympäristöissä, joissa perinteinen WLAN ei ole riittävä tai julkinen verkko ei sovellu käyttöön.



Erityishuomio: useampikin sisäverkko teollisuusalueella voitaneen tyypillisesti toteuttaa aiheuttamatta häiriöitä toisiin verkkoihin, vaikka toteutukset olisivat samalla tai viereisellä kanavalla ilman synkronointia, kunhan verkkojen etäisyys on riittävä ja verkkojen toteutuksessa huomioidaan yhteistoiminta muiden verkkojen kanssa.

Väliaikaiset sisä- ja ulkoverkot työmaan tarpeisiin esimerkiksi suurissa rakennus- tai infrastruktuurihankkeissa

Kuvaus: suurissa rakennus- tai infrastruktuurihankkeissa voi olla tarve omalle hallittavalle privaattiverkolle, jota käytettäisiin esimerkiksi viestintään tai vaikeasti saavutettavien rakenteiden kuvaamiseen ja tarkastamiseen dronien avulla.

Viestintäliikenne: riippuen hankkeen tarpeista, mahdollisesti UL-painotteinen, jossa hankealueella olevat laitteet lähettävät esimerkiksi videokuvaa rakenteista.

Alue: kohteesta riippuen mahdollisesti rajatun pääsyn alue, mutta sijainnista riippuen voi olla lähellä muita paikallisverkkoja tai tiheän asutuksen alueella. Rakennushankkeen sijainti vaikuttaa siihen onko lähellä muita paikallisverkkoja, joiden kanssa toteutus olisi synkronoitava häiriöiden hallitsemiseksi.

Kesto: lyhytkestoinen, rakennushankkeen aikainen lupa

Paikallisen privaattiverkon edut: mahdollisuus sovittaa langattomat yhteydet eri tarpeisiin haastavissa kohteissa.

Erityishuomio: rakennushankkeen edetessä voi olla tarve muokata paikallisverkkototeutusta, esimerkiksi dronikäyttöä varten vaikeasti kiivettävien kohteiden kuvaamiseen.

Väliaikaiset ulkoverkot laajemmalla alueella liikkuviin tarpeisiin esimerkiksi metsähakkuissa tai dronikäytössä

Kuvaus: sekä metsähakkuut että esimerkiksi dronikuvaus voi tarvita hallittavaa privaattiverkkoa väliaikaiseen käyttöön suuremmallakin alueella, jossa hankkeen edetessä tukiaseman paikkaa voi olla tarve muuttaa. Metsäkoneet operoivat lähes autonomisesti, mutta vaativat poikkeustilanteissa ihmisoperaattorin päätöksiä, sekä ongelma- tai vaaratilanteissa toiminnan lopettamisen välittömästi. Automatisoitujen prosessien valvonta voidaan toteuttaa koneen käyttökopista (paikan päällä), mahdollisesti varmistettuna lisäksi keskitetystä operointikeskuksesta, tai täysin keskitetystä operointikeskuksesta käsin. Drooneja ohjataan mahdollisesti käyttäen valmistajan omia ratkaisuja, mutta esimerkiksi dronikuvauksen käyttöön voi olla tarve erilliselle privaattiyhteydelle reaaliaikaisen kuvan keräämiseksi.

Viestintäliikenne: valtaosa liikenteestä UL-suuntaan. Metsäkoneet tuottavat visuaalista ja muuta syötettä keskitettyyn operointikeskukseen, operointikeskuksesta metsäkoneille liikenne on vähäistä, lähinnä yksinkertaisia kontrolliviestejä. dronikuvauksessa pääasiallinen siirtosuunta myös kuvan välitys dronista operoijalle/tallennukseen.

Alue: toiminta-alue voi olla kerrallaan useita neliökilometrejä. Hakuiden tapauksessa voi alue olla kaukana muista mahdollisista verkkototeutuksista, dronien osalta tapausriippuvaista.

Kesto: lyhytkestoinen, hankkeen aikainen lupa



Paikallisen privaattiverkon edut: mahdollisuus sovittaa langattomat yhteydet tarpeisiin kohteissa, joissa esimerkiksi julkisten matkaviestinverkkojen saatavuus voi olla rajallinen, tai etähallinta vaatii hallittavan privaattiverkkoyhteyden.

4.4.5 Tutkimus, kehitys ja innovaatiotoiminta

Laboratoriokäyttö sisätiloissa

Kuvaus: privaattiverkko laboratoriotiloissa erilaisten käyttökohteiden ja konfiguraatioiden testaukseen. Tarve muuttaa UL:DL-suhdetta testattavan sovelluksen mukaan on todennäköistä.

Viestintäliikenne: riippuvainen testattavista sovelluksista ja konfiguraatioista. Moni sovellus vaatii 5G-tekniikan mahdollistaman 100 MHz:n enimmäiskaistanleveyden käyttämisen.

Alue: sisäverkko, todennäköisesti rajattavissa vain laboratoriotilaan, ilman häiriötä tilan ulkopuolisille verkoille.

Kesto: pitkäkestoinen tarve, mutta toteutukset voivat olla luonteeltaan väliaikaisia tai vaihtelevia

Paikallisen privaattiverkon edut: mahdollisuus testata erilaisia sovelluksia ja käyttökohteita hallittavalla privaattiverkkototeutuksella ilman muuta käyttöä.

Erytishuomio: mahdollinen tarve muokata privaattiverkon konfiguraatiota laboratorio-olosuhteissa testattavan sovelluksen mukaan, esimerkiksi kaistanleveys, UL:DL-suhde, käytettävä teknologia (esim. 6G), jne.

Kenttätestaus toimipaikassa

Kuvaus: sovellusten testaus kenttäolosuhteissa, eli usein ulkotiloissa.

Viestintäliikenne: liikenneprofiili riippuu testattavasta sovelluksesta.

Alue: ulkoverkko toimipaikassa

Kesto: pitkäkestoinen lupa, mutta toteutustarpeet voivat olla luonteeltaan väliaikaisia tai vaihtelevia

Paikallisen privaattiverkon edut: mahdollisuus testata erilaisia sovelluksia ja käyttökohteita hallittavalla privaattiverkkototeutuksella ilman muuta käyttöä.

Erytishuomio: mahdollinen tarve muokata privaattiverkon konfiguraatiota testattavan sovelluksen mukaan, esimerkiksi kaistanleveys, UL:DL-suhde, käytettävä teknologia (esim. 6G), jne.

Kenttätestaus- ja demonstraatiot toimipaikan ulkopuolella

Kuvaus: paikalle kuljetettava verkkototeutus lyhyt- tai väliaikaisia testiä tai demonstraatioita varten.

Viestintäliikenne: riippuvainen testattavista sovelluksista ja konfiguraatioista.

Alue: mahdollisesti sisäverkko, tai rajatun alueen ulkoverkkototeutus

Kesto: lyhyt- tai väliaikainen lupa

Paikallisen privaattiverkon edut: mahdollisuus sovittaa verkkototeutus juuri testattavaan tai demonstroitavan sovelluksen tarpeisiin.



4.4.6 Laajakaista

Yrityslaajakaistaratkaisut

Kuvaus: viimeisen osuuden yhteys yrityksille, käytännössä korvaamaan kuituratkaus lyhyellä etäisyydellä yrityksen yhdistämiseksi laajakaistapalveluun. Tämä siis eroaa privaattiverkosta, joka voidaan mieltää viimeisen osuuden jälkeiseksi paikalliseksi yhteydeksi.

Viestintäliikenne: tyypillisesti DL-painotteinen liikenne, mahdollisesti tarve räätälöidä yrityksen tarpeisiin. Gigabit-tason nopean yhteyden mahdollistaminen vaatii 100 MHz:n kaistanleveyden.

Alue: rajattu alue

Kesto: mahdollisesti pitkäkestoinen tarve, jos kiinteän viimeisen yhteyden toteuttaminen ei ole käytännöllistä. Toisaalta myös lyhyt- tai väliaikainen tarve mahdollinen, esimerkiksi tilanteissa, joissa kiinteä yhteys voidaan rakentaa vasta myöhemmin.

Paikallisverkon edut: mahdollisuus toteuttaa lyhyen etäisyyden korvaava hallittava ratkaisu kohteissa, joissa kuitu ei mahdollinen tai julkinen matkaviestinverkko ei riitä täyttämään vaatimuksia.

Kiinteistölaajakaistaratkaisut

Kuvaus: kiinteistöön toteutettava sisäverkko, esimerkiksi älyrakennussovellusten tai langattoman laajakaistan tarpeisiin.

Viestintäliikenne: riippuen kiinteistön tarpeista. Jos kiinteistölaajakaistaratkaisu korvaa esimerkiksi sisäverkkokaapeloinnin, lienee liikenneprofiili DL-painotteinen ja tarve 100 MHz:n kaistanleveydelle voi olla perusteltu. Jos kiinteistölaajakaistaratkaisu on tarkoitettu esimerkiksi älyrakennustoteutuksen tarpeisiin, liikenneprofiili ja kaistanleveystarve vaihtelevat käyttökohteen mukaan.

Alue: sisäverkko kiinteistöihin

Kesto: pitkäkestoinen lupa

Paikallisverkon edut: hallittavampi langaton toteutus verrattuna luvasta vapaisiin ratkaisuihin, kuten WLAN.

Kuluttajalaajakaistaratkaisut

Kuvaus: viimeisen osuuden yhteys kotitalouksiin, käytännössä korvaamaan kuitu tai julkisen verkon kotitalousratkaisu (FWA) lyhyellä etäisyydellä kotitalouden yhdistämiseksi laajakaistapalveluun.

Viestintäliikenne: tyypillisesti DL-painotteinen liikenne, mahdollisesti sovitettavissa julkisten verkkojen käyttöön. Gigabit-tason nopean yhteyden mahdollistaminen vaatii 100 MHz:n kaistanleveyden.

Alue: rajattu alue

Kesto: mahdollisesti pitkäkestoinen tarve, jos kiinteän viimeisen yhteyden toteuttaminen ei ole käytännöllistä. Toisaalta myös lyhyt- tai väliaikainen tarve mahdollinen, esimerkiksi tilanteissa, joissa kiinteä yhteys voidaan rakentaa vasta myöhemmin.



Paikallisverkon edut: jos alue ei ole riittävän kiinnostava kansallisille matkaviestinverkko-operaattoreille tai kuidun rakentamiselle, voi paikallinen verkkototeutus olla mahdollinen korvike viimeisen osuuden yhteydeksi.

Erytishuomio: laajakaista kotitalouksiin voitaneen toteuttaa samalla UL:DL-suhteella kuin matkaviestinverkkototeutukset n78-taajuusalueella, eli mahdollisesti toteutettavissa taajuusalueen alaosassa synkronoituna kaupallisen matkaviestinverkkokäytön kanssa.

5 Tekninen käytettävyys

Taajuusalueen 3800–4200 MHz käytössä on huomioitava tiettyjä teknisiä rajoituksia, jotka liittyvät kyseisen taajuusalueen ja sen viereisten taajuusalueiden käyttöön (Kuva 3).



Kuva 3. Taajuusalueen 3800–4200 MHz käyttöön vaikuttavat muut palvelut samalla ja viereisillä taajuusalueilla

Lähtökohtaisesti Euroopan komissio on osoittanut 3800–4200 MHz:n taajuusalueen matala- ja keskitehoisille tukiasemille, joille on asetettu tietyt maksimilähetystehot. Tällä tehorajoituksella pyritään osaltaan suojaamaan samalla taajuusalueella toimivia kiinteän liikenteen (Fixed Service, FS) ja kiinteän satelliittiliikenteen (Fixed Satellite Service, FSS) toimintoja. Tehorajoituksen lisäksi taajuusalueen käyttöä voidaan joutua alueellisesti tai paikallisesti rajoittamaan FS- tai FSS-asettien suojaamiseksi.

Suomen kansallisen käytön lisäksi FS- ja FSS-suojaus tulee huomioida myös naapurimaiden mahdollisten toteutusten osalta. Suoja-alue tulee käytännössä huomioitavaksi erityisesti itärajan osalta, sillä Venäjällä FSS on vielä laajamittaisessa käytössä.

Oman (sisäisen) taajuusalueen lisäksi 3800–4200 MHz taajuusalueen käytössä tulee huomioida viereisten taajuusalueiden käyttö. Yli 4 200 MHz:n taajuusalueella on lentotoiminnan käytössä radiokorkeusmittareita, joiden suojaaminen häiriöltä vaatii tiettyjen harhalähetevaatimusten täyttämistä ja voi joissain tapauksissa johtaa rajoituksiin taajuusalueen yläosan käytössä lentokenttien välittömässä läheisyydessä. Lisäksi tulee huomioida alle 3800 MHz:n alueella nykyisin toimivat kaupalliset matkaviestinverkot, riippuen verkkojen synkronoinnista ja UL:DL-suhteesta voidaan verkkojen välillä joutua ottamaan käyttöön suojakaistoja.

Myös taajuusalueen sisällä verkkojen synkronoinnista riippuen voidaan joutua harkitsemaan suojakaistojen käyttöönottoa, jos toteutettavien verkkojen maantieteellinen etäisyys ei ole riittävän suuri.

Näitä rajoituksia on käsitelty tarkemmin seuraavaksi.

5.1 Taajuusalueen sisäiset rajoitukset

5.1.1 Tukiasemien ja päätelaitteiden tehorojoitukset

Euroopan komission täytäntöönpanopäätöksessä 3800–4200 MHz:n taajuusalue on osoitettu matala- ja keskitehoisille maanpäällisille langattomille laajakaistajärjestelmille (WBB LMP). ECC:n harmonisointipäätöksessä (24)01³ määritellään rajat tukiasemien maksimilähetysteholle (per 5 MHz) kyseisellä taajuusalueella. Esimerkiksi 100 MHz:n kaistanleveydellä toimivalle tukiasemalle sallittu EIRP-teho matalatehoisen tukiaseman tapauksessa on 31 dBm ja keskitehoisen tukiaseman kohdalla 51 dBm. Sallitut lähetystehot ovat siis varsin pieniä, joten erityisesti matalatehoisella, mutta myös keskitehoisella tukiasemalla, saavutettava peittoalue jää varsin pieneksi. Vertailukohtana

³ ECC Decision (24)01, <https://docdb.cept.org/document/28628>



voidaan pitää alle 3800 MHz:n kaistalla toimivia matkaviestinverkkojen makrotukiasemia, joissa EIRP-teho voi olla jopa 75 dBm:n luokkaa (yli 250-kertainen keskitehoiseen tukiasemaan verrattuna). Paikallisissa toteutuksissa matalampi tehotaso ei liene ongelma, mutta jos tavoitteena on peittää isompia alueita, voi käytännön toteutus vaatia merkittävää määrää tukiasemia tai poikkeamista tehorajoituksesta.

ECC:n päätös antaa kansallisille hallinnoille mahdollisuuden poiketa tehorojoituksista paikallisesti poikkeustapauksissa, kunhan muiden järjestelmien (FS, FSS, matkaviestinverkot, radiokorkeusmittarit) suojaamisesta huolehditaan, huomioiden myös niiden tuleva kehitys, sekä suojaustarpeet naapurivaltioissa ja koordinointi suoritetaan tarvittaessa. Tämä vaihtoehto voi osoittautua tarpeelliseksi, jos paikallisverkon tavoitteena on kattaa esimerkiksi isompi tehdasalue tai vastaava ulkotila, jossa haluttu peittoalueen koko on laajempi.

Tukiasemien lisäksi myös käytettäville päätelaitteille on asetettu maksimilähetysteho, joka on 28 dBm (T.R.P.) sisältäen 2 dB toleranssin. Kiinteille päätelaitteille maksimilähetysteho voidaan määrittellä kansallisella tasolla, kunhan huolehditaan vakiintuneiden palveluiden suojauksesta huomioiden myös naapurimaista tulevat vaatimukset. Lähetystehon säädön tulee olla aktiivituena.

5.1.2 Kiinteän liikenteen (FS) ja kiinteän satelliittiliikenteen (FSS) suojaaminen

3800–4200 MHz:n alueella on käytössä kiinteän liikenteen (Fixed Service, FS) ja kiinteän satelliittiliikenteen (Fixed Satellite Service, FSS) toimintoja. Tukiasemien lähetystehoa rajoittamalla pyritään suojaamaan osaltaan näitä toimintoja. Tämän lisäksi taajuusalueen käyttöä voidaan joutua alueellisesti tai paikallisesti rajoittamaan FS- tai FSS-asemien suojaamiseksi. Suomen kansallisen käytön lisäksi FS- ja FSS-suojaus tulee huomioida myös naapurimaiden mahdollisten toteutusten osalta. Suojaetäisyys tulee käytännössä huomioitavaksi erityisesti itärajan osalta, sillä Venäjällä FSS on vielä laajamittaisessa käytössä.

Suojaetäisyyksien arvioimista on käsitelty ECC:n raportissa 358⁴ ja suosituksessa (25)03⁵. Raporteissa esitettyjen menetelmien perusteella voidaan laskea minimietäisyyden vaimennus kiinteän liikenteen (FS) suojaamiseksi. Tämän vaimennuksen perusteella voidaan laskea esimerkinomainen suojaetäisyys paikallisverkkotukiaseman ja FS-aseman välillä, joka on noin 2–20 km riippuen tehotasosta (matala, keski) ja etenemisympäristöstä (kaupunki, taajama, maaseutu)⁶.

ECC 358 raportissa on esimerkinomaisesti laskettu suojaetäisyyksiä kiinteän satelliittiliikenteen (FSS) osalta ja päädytty luokkaa 20–40 km oleviin koordinoitietäisyyksiin tehotasosta riippuen. Koordinoitietäisyydellä tarkoitetaan paikallisverkkotukiaseman etäisyyttä FSS-maa-asemasta. Tämän perusteella ECC suositus (25)03 toteaa, että 40 km:n koordinoitietäisyyttä voidaan pitää hyvänä kompromissina FSS-asemien suojauksessa. On kuitenkin syytä huomioida, että hyvällä suunnittelulla voidaan matala- ja keskitehoisia langattomia laajakaistajärjestelmiä toteuttaa varsin lähellä kiinteän satelliittiliikenteen maa-asemia. Kun laajakaistajärjestelmien antennit suunnataan pois päin maa-asemista, tai välillä on riittävästi esteitä, kuten esimerkiksi rakennuksia, voi tarvittava etäisyys laskea merkittävästi laskennallisesta koordinaatioetäisyydestä. Tämä vaatii kuitenkin tapauskohtaista koordinoitua ja jää harkittavaksi toteutuskohtaisesti.

Taajuusalue 3800–4200 MHz on kiinteän liikenteen (FS) ja kiinteän satelliittiliikenteen (FSS) laajamittaisessa käytössä Venäjällä ja taajuusalueen käyttö itärajan läheisyydessä vaatii koordinoitua Venäjän kanssa. Mikäli Venäjän kanssa voitaisiin toteuttaa vastaava

⁴ ECC Report 358, <https://docdb.cept.org/document/28615>

⁵ ECC Recommendation (25)03, <https://docdb.cept.org/document/28659>

⁶ Etenemismalli: 3GPP Uma/Rma NLOS model (3GPP TR38.901)



koordinointisopimus kuin alemmalla 3600–3800 MHz taajuusalueella, nopeuttaisi ja helpottaisi se toteutuksia itärajan tuntumassa, kun jokaista toteutusta ei tarvitsisi välttämättä koordinoida erikseen.

5.2 Viereisiltä taajuusalueilta tulevat rajoitukset

5.2.1 Alle 3800 MHz:n alue

Alle 3800 MHz:n taajuusalue on tällä hetkellä kaupallisten matkaviestinverkkojen käytössä ja Euroopan komission täytäntöönpanopäätöksessä todetaan, että jäsenvaltioiden tulee varmistaa näiden järjestelmien suojaaminen verkkojen synkronoidun toiminnan, tehotiheyden raja-arvojen, suojaetäisyyksien ja/tai taajuuksien erottamista koskevien vaatimusten avulla.

Verkkojen synkronoinnin avulla eri taajuusalueella toimivien järjestelmien toiminta voidaan varmistaa ja erityisiä suoja-alueita tai suojataajuuksia ei tarvita. Synkronointi tarkoittaa käytännössä, että molemmilla taajuusalueilla käytettävissä järjestelmissä tulee olla yhteinen aikatieto, samanlainen kehysrakenne ja lähtökohtaisesti myös sama UL:DL-suhde. UL:DL-suhdevaatimusta voidaan keventää käyttämällä ns. puolisykronoitua lähestymistapaa, jossa toisessa järjestelmässä (oletetusti 3800–4200 MHz:n taajuusalueella) UL-osuutta kasvatetaan. Puolisynkronointi antaa siis WBB LMP -operaattorille mahdollisuuden kasvattaa UL-suhdetta (verrattuna matkaviestinverkkojen vastaavaan) ilman, että se aiheuttaa häiriöitä matkaviestinverkolle. Operaattori, joka päättää tehdä näin, voi kuitenkin itse kokea häiriöitä joissakin ylälinkin (UL) aikaväleissä.

Jos synkronointia tai puolisykronointia ei käytetä, joudutaan häiriöiden välttämiseksi soveltamaan joko maantieteellistä tai taajuuserottelua. Maantieteellinen erottelu on jossain määrin haastavaa, sillä alle 3800 MHz:n taajuudella toimivilla kaupallisilla matkaviestinverkoilla on maanlaajuinen toimilupa, vaikka taajuusalue ei käytännössä olekaan kaikkialla käytössä. Häiriöttömän toiminnan varmistaminen vaatii siis joko koordinoitua matkaviestinoperaattoreiden suuntaan maantieteellisten käyttöalueiden osalta tai suojataajuuksien käyttöä taajuusalueen rajalla. ECC:n (26)024-päätösluonnoksessa annetaan tältä osin suosituksia hallinnoille:

- Sallitaan *synkronoimattomien* pienitehoisten WBB-tukiasemien toiminta vain taajuusalueella 3820–4200 MHz;
- Sallitaan *synkronoimattomien* keskitehoisten WBB-tukiasemien toiminta vain taajuusalueella 3860–4200 MHz;
- Sallitaan vain sellaisten *synkronoimattomien* WBB LMP -tukiasemien toiminta, jotka täyttävät seuraavat vaatimukset ei-toivottujen lähetysten osalta taajuusalueella 3400–3800 MHz:
 - –33 dBm/(5 MHz) E.I.R.P. (solua kohden) ei-AAS matalatehoisille WBB-tukiasemille.
 - –40 dBm/(5 MHz) T.R.P. (solua kohden) AAS keskitehoisille WBB-tukiasemille.

Synkronoimattomien verkkojen osalta voidaan siis joutua varaamaan joko 20 MHz:n tai 60 MHz:n suojakaista taajuusalueen alkupäästä häiriöiden välttämiseksi. Lisäksi 3800–4200 MHz:n taajuusalueen laitteille tultaneen asettamaan vaatimuksia ei-toivottujen lähetysten osalta osana EU:n harmonisointia.

ECC:n (26)024-päätösluonnos esittää kuitenkin mahdollisuutta joustolle tapauskohtaisesti niin, että sellaisilla maantieteellisillä alueilla, joilla ei ole olemassa olevia tai suunniteltuja tulevia matkaviestinverkon tukiasemia 3400–3800 MHz:n taajuusalueella, hallinnot voivat harkita WBB



LMP -verkon operaattoreille myönnettäväksi paikallista radiolupaa 3800 MHz:n läheisyydestä edellyttäen, että lisenssialueen rajan ulkopuolella kentänvoimakkuus ei ylitä tasoa, joka on luokkaa -72 dBm (RSRP-teho) 3800–3860 MHz:n taajuusalueella ja -57 dBm (RSRP-teho) kentänvoimakkuustasoa 3860–4200 MHz:n taajuusalueella. Tämän tarkoituksena on suojata paikallisverkon toiminta-alueen ulkopuolelle sijoitettua matkaviestinverkon tukiasemaa häiriöiltä. Kyseiset kentänvoimakkuustasot ovat hyviä tai erittäin hyviä (vahvoja). Käytännössä tämä tarkoittaa arviolta sitä, että lisensoidun 3800–3860 MHz taajuusalueella toimivan paikallisverkon alueen reunan välittömässä läheisyydessä, alle puolen kilometrin etäisyydellä reunasta (riippuen antennikorkeudesta ja käyttöympäristöstä), ei voi olla sijoitettuna keskitehoisia WBB LMP -tukiasemia, joiden antennisuunta olisi suoraan toimialueen reunalle päin. Matalatehoiselle tukiasemalle etäisyys on vastaavasti vain joitain satoja metrejä. On kuitenkin huomattava, että vaikka WBB LMP-verkko toteuttaisi edellä mainitut vaatimukset matkaviestinverkon tukiasemien suojaamiseksi, siihen itseensä kohdistuvat häiriöt matkapuhelinverkosta käsin voivat johtaa merkittäviin WBB LMP-verkon häiriötilanteisiin tai jopa toimimattomuuteen, mikäli suojakaista tai maantieteellinen etäisyys matkapuhelinverkon tukiasemiin ei ole riittävä.

5.2.2 Yli 4200 MHz:n alue

Yli 4200 MHz:n taajuusalueella on lentotoiminnan käytössä radiokorkeusmittareita, joiden toimivuus on Euroopan komission täytäntöönpanomääräyksen mukaisesti varmistettava. ECC:n harmonisointipäätöksessä (24)01 määritellään tehorajat harhalähetteille 4200–4205 MHz:n ja 4205–4240 MHz:n taajuusalueille ja nämä vaatimukset 3800–4200 MHz:n alueella käytettävien laitteiden tulee täyttää.

Tämän lisäksi radiokorkeusmittareiden häiriöttömän toiminnan varmistaminen voi vaatia koordinoitua AAS keskitehoisten WBB-tukiasemien osalta. Tämä voi käytännössä johtaa rajoituksiin taajuusalueen yläosan (4100–4200 MHz) käytössä lentokenttien välittömässä läheisyydessä. Euroopan komission täytäntöönpanomääräyksessä ja ECC:n raporttiluonnoksessa (26)011 mainitaan esimerkinomaisesti, että keskitehoisen AAS-tukiaseman käyttö on kielletty alle 1,2 km:n etäisyydellä kiitotien kynnyksestä ja sivusuunnassa alle 40 m päässä kiitotien reunasta.

5.3 Paikallisverkkojen välinen koordinointi taajuusalueen sisällä

3800–4200 MHz:n taajuusalueen sisällä toimivat verkot voivat myös häiritä toistensa toimintaa ilman riittävää koordinoitua. Koordinoinnilla pyritään varmistamaan häiriötön viestintä tukiaseman ja päätelaitteiden välillä verkon toiminta-alueella. Huomioiden verkkojen paikallisen luonteen, samaa taajuutta voi käyttää useampi verkko eri alueilla. Toisaalta samalla alueella voi olla verkkoja, jotka käyttävät saman taajuusalueen vierekkäisiä taajuuksia. Molemmissa tapauksissa verkkojen häiriöttömän toiminnan varmistaminen täytyy järjestää joko synkronoinnin, suojaetäisyyksien tai suojataajuuksien kautta.

Synkronoimalla eri verkkojen käyttämä aika ja kehysrakenne, voidaan viereisillä kanavilla toimivia verkkoja rakentaa päällekkäin. Jos verkkoja ei synkronoida keskenään, tarvitaan suojaetäisyyksiä tai suojataajuuksia. Paikallisverkkojen yhteydessä suojaetäisyydellä tarkoitetaan tässä häiritsevän tukiaseman etäisyyttä häiritsevän verkon lupa-alueesta. Suojataajuuksilla, eli radiolupien taajuuskaistojen väliin jäävällä suoja-alueella, voidaan mahdollistaa maantieteellisesti päällekkäisten synkronoimattomien paikallisverkkojen rakentaminen.



5.3.1 Samalla kanavalla toimivat verkot

Tässä yhteydessä samalla kanavalla toimivilla verkoilla tarkoitetaan verkkoja, joille on osoitettu sama taajuuskaista ko. taajuusalueelta, esim. 4100–4200 MHz. Näiden verkkojen häiriötön toiminta vaatii, että verkkojen välinen etäisyys on riittävän suuri, jotta häiritsevän signaalin voimakkuus laskee riittävän matalaksi siten, että se ei enää aiheuta häiriötä.

Synkronoitujen tai puolisyntronoitujen verkkojen osalta ECC:n päätösluonnoksessa (26)024 on annettu suositus kentänvoimakkuustasolle, jonka alittamisen jälkeen ei tarvita lisäkoordinointia verkkojen välillä, jos verkkojen synkronointisignaalien keskitaajuudet eivät ole linjassa tai jos keskitaajuudet ovat linjassa, ja verkoissa käytetään eri PCI:tä. Käytännössä tämä suositeltu kentänvoimakkuustaso on luokkaa -75 dBm (RSRP), joka tarkoittaa, että suuntaa antava tarvittava suojaetäisyys tällaisten matalatehoisten verkkojen välillä on etenemisympäristöstä (kaupunki, taajama, maaseutu) riippuen joidenkin satojen metrien luokkaa, ja keskitehoisia tukiasemia käyttäville verkoille noin kilometri (tukiaseman etäisyys toisen verkon palvelualueen rajasta). Sisäverkoissa suojaetäisyys voi kuitenkin olla huomattavasti pienempi, kunhan signaalin eteneminen rakennusten ulkopuolelle on estetty huolellisella sisäverkkosuunnittelulla.

Synkronoimattomien verkkojen osalta minimietäisyys verkkojen välillä on suurempi kuin synkronoitujen verkkojen tapauksessa. Minimietenemisvaimennuksen perusteella voidaan arvioida tarvittavaa minimietäisyyttä synkronoimattomien verkkojen osalta, esimerkkioletuksilla ja etenemismallilla⁷ tehtyjen laskelmien perusteella minimietäisyys on 1–10 km (tukiaseman etäisyys toisen verkon palvelualueen rajasta) riippuen etenemisympäristöstä, antennikorkeudesta ja käytetystä tehotasosta. Sisätilaratkaisuihin minimietenemisvaimennus tyypillisesti toteutuu myös pienemmillä etäisyyksillä, olettaen, että sisäverkko on suunniteltu siten, että signaali ei turhaan vuoda sisätilan ulkopuolelle.

Eri paikallisverkkojen välisiä häiriötä voidaan sekä synkronoitujen että synkronoimattomien verkkojen tapauksessa pienentää hyvällä radioverkkosuunnittelulla eli antennityyppien, -korkeuksien, -suuntien ja -tiltien sopivalla valinnalla. Kohdentamalla tukiaseman säteilyteho ensisijaiselle tavoitellulle palvelualueelle voidaan yhtäältä parantaa oman verkon suorituskykyä tavoitellulla alueella ja toisaalta välttää turhaa säteilyä ja häiriötä muille verkoille.

5.3.2 Vierekkäisillä kanavilla toimivat verkot

Viereisillä kanavilla toimivat synkronoidut verkot voivat toimia 3800–4200 MHz:n taajuusalueella ilman lisäkoordinointia tai häiriöiden riskiä. Myös puolisyntronoitujen verkkojen toiminta on mahdollista ilman lisäkoordinointia, tässä tapauksessa suurempaa UL-suhdetta käyttävä toimija voi kokea häiriötä UL-suunnassa osassa aikavälejä.

Synkronoimattomien verkkojen osalta verkkojen välinen häiriö on mahdollinen. Viereiseltä kanavalta tuleva ei-toivottu häiriö voi haitata verkkojen toimintaa. Siten viereisten kanavien yhteistoiminnalle ja vastaanottavan tukiaseman suojaamiseksi on hallittava sekä ei-toivotut häiriölähteet että häiritsevän tukiaseman aiheuttama estovaikutus. ECC:n (26)024-päätösluonnoksessa esitettyjen menetelmien ja 3GPP:n spesifikaatioiden (TS 38.104) avulla voidaan määrittellä minimietenemisvaimennus verkkojen välillä ja sitä kautta laskea arvio tarvittavasta suojaetäisyydestä. Tukiaseman tehotasosta, antennikorkeudesta ja etenemisympäristöstä riippuen suuntaa antava suojaetäisyys vaihtelee 100 metristä noin 1,5 kilometriin⁷ (tukiaseman etäisyys toisen verkon palvelualueen rajasta). Kuten yllä, paikallisverkon hyvällä suunnittelulla voidaan edelleen parantaa verkkojen yhteistoimintaa ja välttää turhaa häiriötä verkkojen välillä.

⁷ Etenemismalli: 3GPP Uma/Rma NLOS model (3GPP TR38.901)



5.4 Laitesaatavuus

Taajuusalue 3800–4200 MHz on osa 3GPP:n määrittelemään n77-taajuusaluetta (3300–4200 MHz). 3800–4200 MHz:n taajuusaluetta on jo otettu käyttöön paikallisverkoissa jossain maissa, esimerkiksi Isossa-Britanniassa se on varsin laajasti käytössä erilaisissa laajakaista- ja privaattiverkoissa. Lisäksi esimerkiksi Norjassa, Belgiassa ja Puolassa taajuusalue on osoitettu erityyppisten paikallisverkkojen käyttöön jo ennen EU:n harmonisointipäätöstä. Euroopan viestintätoimiston (European Communications Office, ECO) seurannan mukaan tällä hetkellä harmonisointipäätös on implementoitu 12 maassa ainakin osittain ja sen käyttöönotto on suunnitteilla tai selvityksessä suurimaassa osassa Euroopan maita. Implementointi ei kuitenkaan vielä tarkoita, että ko. taajuusalue olisi otettu aktiivisesti paikallisverkkokäyttöön, vaan tilanne maittain vaihtelee merkittävästi. Tämän lisäksi osassa maita, mm. Suomessa, on annettu testilupia taajuusalueelle, vaikka varsinaista harmonisointipäätöstä ei ole vielä viety käytäntöön.

Paikallisverkkojen lisäksi taajuusaluetta on osoitettu Euroopan ulkopuolella myös ns. perinteiseen matkaviestinverkkokäyttöön, raportin kirjoituksen aikaan tiedossa olevat laajemmat taajuustoimiluvat on myönnetty Japanissa (3800–3900 MHz) ja Uzbekistanissa (4000–4100 MHz).

5.4.1 Tukiasemaradioiden saatavuus

3800–4200 MHz:n taajuusalueelle on toteutettu erilaisia paikallisverkkoja ja sille löytyy tukiasemalaitteita eri verkkolaitetoimittajilta. Matala- ja keskitehoisia, ns. mikro- ja pikotukiasemia löytyy erilaisina taajuusvariantteina, esimerkiksi:

1. 3700–3980 MHz
2. 3800–4100 MHz
3. 3800–4200 MHz

Tyypilliset tuetut kanavanleveydet ovat 20–100 MHz. Tukiasemien toiminnallinen kaistanleveys vaihtelee ja saattaa osassa laitteita olla rajallinen, joten mahdollisuus siirtyä käyttämään taajuusalueen alareunaa yläreunan sijaan saattaa joissain laitteissa olla rajallinen.

Niin sanotuissa makrotukiasemissa eli suuremman lähetystehon tukiasemissa tuettu taajuusalue on tällä hetkellä tyypillisesti rajatumpi ja tuettuja taajuusvariantteja löytyy esim. alla oleville taajuusalueille:

1. 3700–3980 MHz
2. 3900–4100 MHz

Tukiasemaradioiden toiminnallinen kaistanleveys on yleensä enintään 200 MHz variantista riippumatta, tuetut kanavanleveydet ovat tyypillisesti 20–100 MHz.

Tällä hetkellä 3800–4200 MHz:n taajuusalueen laitteille ei vielä ole EU-tasoista harmonisoitua standardia, joka on yleisin tapa varmistaa radiolaitteiden EU-vaatimusten mukaisuus. Radioluvan ehdoissa Suomessa edellytetään, että käytettävät verkkolaitteet ovat vaatimusten mukaiset. Kaksi olennaista standardia^{8, 9} ovat kuitenkin parhaillaan eurooppalaisen telealan standardointijärjestön (European Telecommunications Standards Institute, ETSI) päivitettävänä, eli työ on käynnissä. Euroopan komission täytäntöönpanopäätös taajuusalueen käytön osalta edistää harmonisoinnin etenemistä ja tarvittavan radiolaitestandardin syntymistä ja sitä kautta soveltuvien laitteiden tuloa markkinoille.

⁸ EN 301 908-24 (NR), https://portal.etsi.org/eWPM/index.html#/schedule?WKI_ID=69967

⁹ EN 301 908-23 (AAS), https://portal.etsi.org/eWPM/index.html#/schedule?WKI_ID=69968



5.4.2 Pöätelaitteiden saatavuus

Lähtökohtaisesti päätelaitetuki n77-taajuusalueelle on erittäin kattava. Selvityksen mukaan lähes poikkeuksetta jokainen uudempi 5G-pöätelaite tukee n77-taajuusaluetta, tuki löytyy mm. Samsungin, Applen, Xiaomin, OnePlus:n, Googlen, Honorin (Huawei) ja Motorolan uudemmissa päätelaitteista. Lisäksi tuki on laajasti saatavilla kiinteissä 5G-reitittimissä (CPE), esimerkiksi Huaweiilta, ZTE:ltä, Oppolta ja ZYXELilta. Myös ns. mobiilimokkulat, jotka ovat tällä hetkellä kotimaisilla operaattoreilla myynnissä, tukevat pääosin n77-taajuusaluetta.

Vaikka päätelaite tukee tiettyä taajuuskaistaa, on kuitenkin mahdollista, että päätelaitteiden ohjelmistoversioissa on aluekohtaisia rajoituksia eri taajuusalueiden aktivoinnille. Lähtökohtaisesti voidaan kuitenkin olettaa, että tarvittava tuki 3800–4200 MHz:n taajuusalueelle on saatavissa keskeisissä kaupallisissa päätelaitteissa. Kaupallisten päätelaitteiden käytölle privaattiverkkoratkaisuissa saattaa kuitenkin olla rajoitteita ja käyttöönotto voi vaatia päätelaitetoimittajan hyväksyntää, mikä voi hidastaa käyttöönottoa käytännössä merkittävästikin.

Erityyppiset käyttökohteet paikallisissa verkoissa voivat myös vaatia erityyppisiä laitteita kuin perinteiset kännykät tai modeemit. Koska taajuusalueen tuki on yleisesti saatavilla päätelaitteissa käytettävissä piirisarjoissa, se on siten lähtökohtaisesti saatavilla eri laitevalmistajille ja mahdollistaa päätelaitteiden kehittämisen eri toimijoille. Kustannushyötyjen saavuttamiseksi suuremman yhtenäisen markkinan kehittyminen Euroopan tasolla on hyödyllistä ja edistää erityyppisten päätelaitteiden markkinaa ja hintakehitystä.



6 Taajuusalueen kansallinen hyödyntäminen

Taajuusalueen hyödyntämiseen vaikuttavat molemmissa skenaarioissa olemassa olevien palveluiden suojaamiseen liittyvät vaatimukset, joita on käsitelty edellisessä kappaleessa. Samalla taajuusalueella toimivien kiinteän liikenteen (Fixed Service, FS) ja kiinteän satelliittiliikenteen (Fixed Satellite Service, FSS) toimintojen suojaamiseksi taajuusalueen käyttöä voidaan joutua alueellisesti tai paikallisesti rajoittamaan. Suomen kansallisen käytön lisäksi FS- ja FSS-suojaus tulee huomioida myös naapurimaiden mahdollisten toteutusten osalta. Suoja-alue tulee käytännössä huomioitavaksi erityisesti itärajan osalta, sillä Venäjällä FS/FSS on vielä laajamittaisessa käytössä. Lisäksi viereisiltä taajuusalueilta tulevat suojausvaatimukset voivat jossain määrin rajoittaa taajuusalueen yläosan käyttöä lentokenttien välittömässä läheisyydessä.

Paikallisille langattomille laajakaistajärjestelmille asetetut tehorojoitukset helpottavat muiden palveluiden suojaamista ja suojaetäisyydet jäävät pienemmiksi kuin isommilla tehotasoilla. Tehorojoitukset toisaalta rajoittavat saavutettavaa peittoaluetta, mutta paikallisissa toteutuksissa tämä ei liene ongelma. Lisäksi tehorojoituksesta on mahdollisuus tapauskohtaisesti poiketa paikallisissa toteutuksissa tietyn reunaehdoin. Maanlaajuista toimintaa silmällä pitäen oletus on, että tehorojoituksista voidaan poiketa eli skenaario B tulee poikkeamaan komission toimeenpanomääräyksestä. Tämä helpottaa kattavamman verkon rakentamista, mutta käytännössä johtaa suurempiin suojaetäisyyksiin kuin matala- ja keskitehoisissa toteutuksissa, joka tulee huomioida käytännön toteutuksissa. Tässä dokumentissa suojaetäisyyksiä on arvioitu lähtökohtaisesti matala- ja keskitehoisten toteutusten lähtökohdista. Jos käytettävä tehotaso on korkeampi, tulee etäisyyksiä arvioida niiden osalta erikseen. Molemmissa skenaarioissa olemassa olevien palveluiden suojaaminen tulee huomioida ja voi johtaa paikallisiin rajoituksiin verkkojen toteutuksessa.

Kansallisen kuulemisen perusteella voidaan nähdä, että kiinnostusta ja kysyntää taajuusalueen käyttöön paikallisverkkojen toteutukseen on. Seuraavassa pohditaan taajuusalueen hyödyntämistä eri skenaarioiden kannalta huomioiden tekniset rajoitukset. Paikallisverkkototeutusten osalta on lähtökohtaisesti oletettu, että käytettävä kaistanleveys on 100 MHz, joka mahdollistaa monenlaisten palveluiden toteuttamisen.

6.1 Skenaario A: koko taajuusalue osoitetaan paikallisille langattomille laajakaistajärjestelmille

Jos koko 400 MHz:n taajuuskaista varataan paikallisten langattomien järjestelmien käyttöön, voidaan samalle alueelle rakentaa 3–4 päällekkäistä paikallisverkkoa 100 MHz:n kaistanleveydellä. Jos verkot synkronoidaan ja ne kaikki noudattavat samaa kehysrakennetta kuin nykyiset kaupalliset matkaviestinverkot, voidaan koko 400 MHz:n kaista myöntää käyttöön ilman häiriöitä verkkojen välillä. Näin ollen päällekkäisiä verkkoja 100 MHz:n kaistanleveydellä voidaan toteuttaa neljä.

Paikallisverkkojen käyttökohteet ja tarpeet huomioiden on kuitenkin varsin todennäköistä, että nykyinen kaupallisten verkkojen kehysrakenne ei täysin palvele paikallisverkkojen tarpeita ja käytännössä halutaan käyttää erilaista kehysrakennetta, erityisesti UL-suunnan osuutta halutaan



todennäköisesti kasvattaa. Tämä voidaan tehdä joko hyödyntäen puolisykronoituja verkkoja, jos paikallisverkoissa sallitaan oman UL-suunnan mahdolliset häiriöt. Tällöin koko taajuuskaista voidaan edelleen hyödyntää, mutta riski UL-suunnan häiriöille on olemassa.

Jos tämä UL-häiriö halutaan välttää tai päädytään synkronoimattomiin verkkoihin, joudutaan taajuuskaistan alapäästä varaamaan 20–60 MHz:n suojakaista paikallisverkon tehotasosta riippuen matkaviestinverkkojen suojaamiseksi. Lähtökohtaisesti sama pätee myös paikallisverkkojen välillä. Jos ne eivät ole synkronoituja, mutta häiriötön toiminta halutaan varmistaa, joudutaan myös paikallisverkkojen välille varaamaan suojakaista. Käytännössä tämä rajoittaa samalla alueella olevien päällekkäisten verkkojen määrää, matalatehoisia synkronoimattomia verkkoja voidaan tällöin ottaa käyttöön kolme, keskitehoisia mahdollisesti vain kaksi, olettaen, että verkkojen käyttämä kaistanleveys on 100 MHz.

Yllä oleva pätee, jos paikallisverkkojen toiminta-alue on sama eli verkkojen peittoalueet ovat samat tai merkittävältä osin päällekkäiset. Jos paikallisverkkojen toiminta-alueet ovat riittävän etäällä toisistaan, tai verkon peittoalueet rajoittuvat esimerkiksi erillisiin sisätiloihin, ei suojakaistaa tarvita tai ne voivat hyödyntää myös samaa taajuuskaistaa.

Jos paikallisverkot on synkronoitu keskenään, verkkojen väliseksi suojaetäisyydeksi on arvioitu alle kilometri samaa kanavaa käytettäessä eli kunhan verkkojen toiminta-alueiden etäisyys on vähintään tämä ei verkkojen välillä esiinny häiriöitä. Jos kyseessä ovat puhtaasti sisäverkot eli peittoalue rajoittuu sisätiloihin, on suojaetäisyys tätä pienempi. Synkronoitujen verkkojen tapauksessa viereisillä kanavilla toimivat verkot eivät häiritse toisiaan, eikä niiden välille tarvita maantieteellistä suojaetäisyyttä.

Synkronoimattomien verkkojen osalta suojaetäisyydet ovat pidempiä, samalla kanavalla toimivien synkronoimattomien verkkojen suojaetäisyydeksi on arvioitu 1–10 km riippuen toimintaympäristöstä ja käytetystä tehotasosta. Viereisillä kanavilla toimivien verkkojen osalta suojaetäisyysvaatimus on arvioitu pienemmäksi, luokkaa 0,1–1,5 km. Sisäverkkojen osalta suojaetäisyysvaatimukset ovat synkronoimattomien verkkojen osalta myös pienemmät.

6.2 Skenaario B: taajuusalueesta osa varataan maanlaajuisille langattomille laajakaistaverkoille ja loppuosa osoitetaan paikallisille langattomille laajakaistajärjestelmille

Toisessa tarkasteltavassa skenaariossa taajuuskaista jaetaan maanlaajuisten ja paikallisten langattomien järjestelmien kesken. Tämän vaihtoehdon osalta oletus on, että maanlaajuisten toteutusten osalta poiketaan Euroopan komission päätöksen ehdoista tehorojoitusten osalta, jotta laajemmat peittoalueet voidaan toteuttaa taloudellisesti järkevästi. Paikallisverkkojen osalta oletetaan edelleen matala- ja keskitehoiset toteutukset.

Jos osa taajuuskaistasta halutaan varata maanlaajuisille langattomille laajakaistaverkoille, on teknisesti helpompaa erottaa tämä taajuuskaista taajuusalueen alaosasta, jolloin se on heti nykyisen kaupallisille matkaviestinverkoille osoitetun taajuusalueen yhteydessä. Näin välttytään ylimääräisiltä suojakaistoilta ja mahdollistetaan yhtenäisen taajuusalueen luominen matkaviestinverkoille jatkossa.



Taajuusjakoa ajatellen on hyvä huomioida, että käytännössä kaupallisten matkaviestinverkkojen ja paikallisverkkojen välisestä suojauksesta täytyy edelleen huolehtia, vaikka itse Euroopan komission täytäntöönpanomääräys ei tätä käyttötapaa huomioi. Jos matkaviestinverkkojen häiriötön toiminta halutaan varmistaa synkronoimattomien verkkojen osalta, vaaditaan vastaavasti kuin skenaario A:ssa 20–60 MHz suojakaista verkkojen käyttämien taajuuksien välille. Käytännössä esimerkiksi 100 MHz:n osoittaminen maanlaajuiseen toimintaan voi siis tarkoittaa, että 120–160 MHz:n taajuuskaista on pois paikallisverkkojen käytöstä, jos verkot ovat synkronoimattomia ja suojakaista tarvitaan.

Vaikutusarvioinnin tueksi tarkastellaan maanlaajuisen osoituksen määrää esimerkkitapauksien kautta. Mahdollisia vaihtoehtoja voisivat olla esimerkiksi 60 MHz:n, 150 MHz:n tai 210 MHz:n osoittaminen maanlaajuiseen käyttöön. Nämä varaukset ottavat huomioon nykyisen alle 3800 MHz:n allokaation siten, että taajuudet on mahdollista yhdistää ja hyödyntää tehokkaasti. Seuraavassa on pohdittu näiden vaikutusta mahdollisiin paikallisverkkototeutuksiin.

1. Varataan 60 MHz maanlaajuisille verkoille: matkaviestinverkoille varattu kokonaiskaista 450 MHz (390 + 60 MHz).

Paikallisverkkojen käyttöön jää tässä vaihtoehdossa 340 MHz, joka synkronoitujen verkkojen osalta mahdollistaa kolme täysin päällekkäistä paikallisverkkoa 100 MHz:n kaistanleveydellä. Jos oletetaan, että myös tässä tapauksessa sama 20–60 MHz:n suojakaistavaatimus säilytetään synkronoimattomien verkkojen osalta, rajoittuu täysin samalla alueella toimivien 100 MHz:n paikallisverkkojen määrä kahteen keskitehoisten paikallisverkkojen osalta, matalatehoisia verkkoja voisi olla edelleen kolme. Tässä tapauksessa harkittavaksi voisi tulla suojakaistavaatimuksen pienentäminen tapauskohtaisesti, jos on tarvetta useammalle kuin kahdelle keskitehoiselle paikallisverkolle.

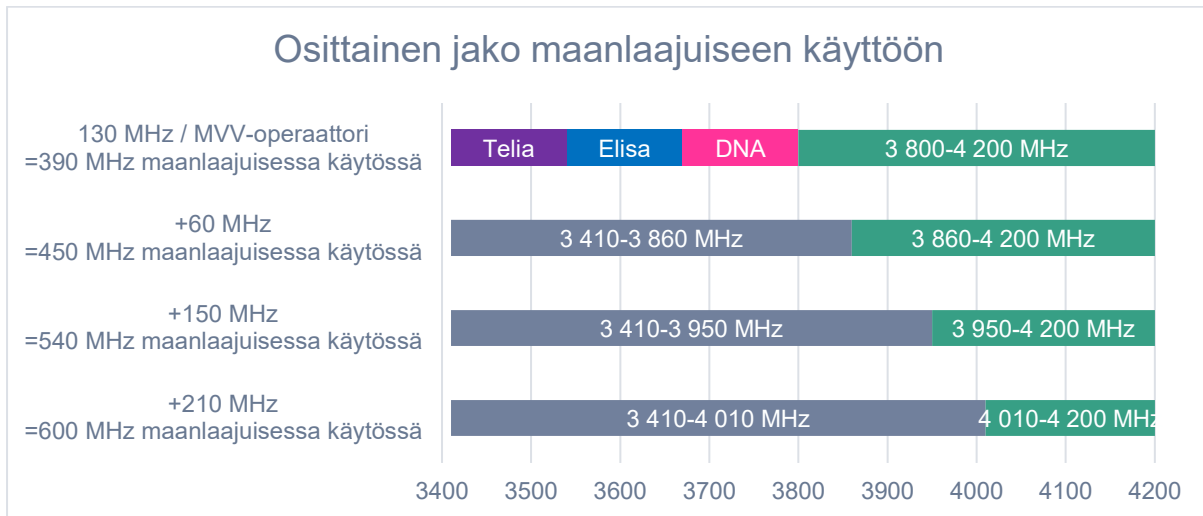
2. Varataan 150 MHz maanlaajuisille verkoille: matkaviestinverkoille varattu kokonaiskaista 540 MHz (390 + 150 MHz).

Paikallisverkkojen käyttöön jää tässä vaihtoehdossa 250 MHz, joka synkronoitujen verkkojen osalta mahdollistaa kaksi päällekkäistä paikallisverkkoa 100 MHz:n kaistanleveydellä. Jos jälleen oletetaan, että 20–60 MHz:n suojakaistavaatimus säilytetään synkronoimattomien verkkojen tapauksessa, jää keskitehoisten paikallisverkkojen käyttöön vain 190 MHz, joten kahden päällekkäisen 100 MHz:n verkon toteutus ei olisi mahdollista. Kuten vaihtoehdossa 1, harkittavaksi voisi tulla suojakaistavaatimuksesta tinkiminen tapauskohtaisesti.

3. Varataan 210 MHz maanlaajuisille verkoille: matkaviestinverkoille varattu kokonaiskaista 600 MHz (390 + 210 MHz).

Paikallisverkkojen käyttöön jää tässä vaihtoehdossa 190 MHz, joka mahdollistaa vain yhden 100 MHz:n paikallisverkon käyttöönoton sekä synkronoidussa että synkronoimattomassa tapauksessa. Tämä vaihtoehto rajaa paikallisverkoille tarjolla olevaa kapasiteettiä merkittävästi.

Osittainen jako maanlaajuiseen käyttöön



Kuva 4. Mahdollisia taajuusosituksia maanlaajuisen ja paikallisen toiminnan välillä

Maanlaajuisille verkoille varattava taajuuskaista voidaan osoittaa nykyisille matkaviestinverkko-operaattoreille tai mahdollisesti uudelle valtakunnalliselle toimijalle. Käytännössä tällaisen uuden toimijan rooli tulisi olemaan varsin hankala, kattavan peiton rakentaminen ilman matalampien taajuuksien käyttöä ei ole taloudellisesti järkevää ja pelkästään kaupunkiin keskittyvä matkaviestinverkko ei liene kilpailukykyinen. Oletettavasti uudet taajuudet siis tulisivat nykyisten matkaviestinverkko-operaattorien käyttöön. Jos mahdolliset uudet taajuustoimiluvat tulisivat matkaviestinverkko-operaattoreille irrallisina taajuuksina taajuusalueen 3800–4200 MHz alapäästä, tarkoittaisi se sitä, että uudet taajuudet saataisiin käyttöön kapeampina lisäkanavina nykyisille kanaville. Toisin sanoen, matkaviestinverkko-operaattorit saisivat käyttöönsä 5G-verkoissa edellä kuvatuissa esimerkeissä kolmessa osassa: 100 MHz + 30 MHz + 20/50/70 MHz. Taajuuksia voitaneen käyttää yhdistämällä ne Carrier Aggregation -menetelmää hyödyntäen, mutta tämä on kuitenkin tehottomampaa kuin laajemman yhtenäisen kaistan käyttö.

Jotta uudet taajuudet saataisiin mahdollisimman tehokkaaseen käyttöön siten, että operaattoreille saataisiin riittävän isot yhtenäiset taajuuskaistat, vaaditaan taajuuksien uudelleenjärjestelyä. Jos matkaviestinverkko-operaattorien taajuusportfoliot 3410–3800 MHz:n taajuusalueella ja mahdolliset uudet taajuudet 3800–4200 MHz:n taajuusalueelta yhdistettäisiin, mahdollistaisi se suuremmat yhtenäiset kaistat, jotka tehostaisivat taajuuksien teknistä hyödyntämistä matkaviestinverkoissa. On syytä huomioida, että taajuuksien uudelleenjärjestely on suunniteltava huolella, koska olemassa oleva 5G-verkkolaitekanta ei välttämättä tue edes koko 3410–3800 MHz (n78) taajuusaluetta, puhumattakaan 3800–4200 MHz:n taajuusalueesta. Toisin sanoen, esimerkkinä käytettyjen 130+20/50/70 MHz skenaarioiden yhdistäminen jatkuviksi yhtenäisiksi taajuusosiksi johtaisi siihen, että ylimmän osan saava matkaviestinverkko-operaattori ei todennäköisesti pystyisi hyödyntämään nykyisiä n78-alueen aktiiviantennejaan tai radioyksiköitään. Nykyisellään ei 5G-tekniikka myöskään tue kuin enintään 100 MHz:n kaistanleveyttä kanavaa kohden näillä taajuusalueilla. Käytännössä taajuusportfolioiden järkevä uudelleenjärjestely voisi siis koostua esimerkiksi kahdesta erillisestä osasta, 100 MHz + 50/80/100 MHz. Jos tällaiseen järjestelyyn päädytään, tämä tulee vaatimaan hyvää yhteistyötä ja koordinaatiota kaupallisten operaattoreiden kanssa aikataulutuksen ja käytännön toteutuksen suhteen.



6.3 Skenaarioiden vertailu

Jos tarkastellaan skenaarioita paikallisverkkojen kannalta, merkittävin kysymys on taajuusalueen riittävyys paikallisille toteutuksille skenaariossa B. Skenaario A tarjoaa runsaasti kapasiteettia paikallisverkkojen käyttöön myös tulevaisuuden mahdolliset tarpeet huomioiden. Vaihtoehdossa 1, jossa maanlaajuinen varaus on varsin maltillinen, ero skenaarioiden A ja B välillä ei ole vielä erityisen merkittävä. Vaihtoehdoissa 2 ja 3 mahdollisuudet useamman paikallisverkon alueellisesti päällekkäiseen toteutukseen rajoittuvat selvemmin.

Taajuuksien tehokkaan käytön osalta kysymykseksi muodostuu paikallisverkkojen kapasiteetti- ja taajuustarve. Jos pohditaan tarpeita paikallisille langattomille laajakaistajärjestelmille, ne lähtökohtaisesti palvelevat rajattua toiminta-aluetta ja useamman paikallisverkon tarve täysin samalla maantieteellisellä alueella ei ole erityisen todennäköinen useimmissa käyttökohteissa. Tällöin verkkototeutusten väliset maantieteelliset etäisyydet useimmissa tapauksissa mahdollistavat saman kanavan tai viereisen kanavan käytön ilman ongelmia. Tämä luonnollisesti vaatii hyvää koordinoitua lupia myönnettäessä ja verkkojen teknisessä toteutuksessa tulee huomioida myös muiden verkkojen olemassaolo ja toiminta. On kuitenkin melko todennäköistä, että ainakin alkuvaiheessa yksi 100 MHz:n taajuuskaista riittää palvelemaan merkittävää osaa paikallisverkoista.

Mahdollisia poikkeuksia tästä voivat todennäköisimmin olla erilaiset tapahtumiin liittyvät tarpeet, joissa useammalla toimijalla saattaa olla erilaisia käyttökohteita samanaikaisesti samalla rajatulla alueella. Näissä tapauksissa tapahtumatuottajalla voi olla tarve omaan privaattiverkkoon ja mahdolliset mediatoimijat voivat olla kiinnostuneita omasta verkosta sisällön välittämiseksi tapahtumasta. Korkealaatuisen audio- ja videosisällön välittäminen asettaa myös vaatimuksia verkon kapasiteetille eli 100 MHz:n kaistavaatimus on hyvinkin perusteltu. Näissä tilanteissa eri verkkojen kokonaistaajuustarve voi hyvinkin olla yli 200 MHz.

Periaatteessa päällekkäisiä tarpeita voisi olla myös teollisuusalueella, jossa useampi toimija olisi rakentamassa omaa paikallisverkkoa, mutta todennäköisyys tälle ei liene erityisen suuri ainakaan lähitulevaisuudessa. Tyypilliset teollisuustoteutukset ovat toistaiseksi olleet enemmänkin isoihin kokonaisuuksiin tehtyjä ratkaisuja, jotka tyypillisesti ovat myös maantieteellisesti erillään muista mahdollista käyttäjäorganisaatioista. Pienemmille toimijoille oman verkon rakentaminen ei välttämättä ole kustannusmielessä järkevää, joten pienteollisuusalueella keskitetty ratkaisu kolmannen osapuolen toimesta voisi olla toteutettavampi ratkaisu ainakin lähitulevaisuudessa. Eri käyttökohteiden mahdollisesti kehittyessä tulevaisuudessa käyttötarpeet myös pienteollisuudessa voivat kasvaa ja sitä kautta lisätä kysyntää erillisille paikallisverkoille voi jatkossa olla enemmän.

Kampusalueilla voi useammalle paikallisverkoille olla tarvetta tutkimus- ja tuotekehityskäyttöön, jos samalla alueella on useampia erillisiä toimijoita. Kampusalueilla, kuin myös TTO-alueilla tapahtuva kehitysyhteistyö voi olla merkittävässä roolissa tulevaisuuden innovaatioiden ja osaamisen kehittymisen mahdollistajana. Tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminta voi vaatia poikkeuksellisia taajuusosoituksia, joko pitkäaikaiseen tai mahdollisesti lyhyt- tai väliaikaiseen käyttöön ja johtaa merkittävään kokonaistaajuustarpeeseen paikallisverkoille paikallisesti.

Todellisen kysynnän arviointiin privaattiverkoille ja niille varatuille taajuuksille liittyy vielä merkittäviä epävarmuuksia. Privaattiverkkomarkkina kehittyä edelleen ja sen myötä voidaan olettaa, että uusia erilaisia käyttökohteita syntyy jatkossa. Yhtenäinen Euroopan laajuinen markkina tukee sekä laitekehitystä ja -saatavuutta että palvelukehitystä ja edistää siten markkinakehitystä ja mahdollistaa uusia sovelluskohteita. Tämä saattaa lisätä tarvetta paikallisille verkoille ja niihin käytössä oleville taajuuksille jatkossa.



6.3.1 Taajuuskaistojen mahdollinen käyttö 3800–4200 MHz:n taajuusalueella

Mahdollisten lähekkäisten tai päällekkäisten paikallisten laajakaistaverkkojen tapauksessa voidaan harkita erilaisia ratkaisuja. Jos lähdetään oletuksesta, että paikallisverkkoa varten tarvitaan usein 100 MHz:n taajuuskaista, niin koko taajuusalue on mielekästä jakaa ensin 100 MHz:n osiin. Näiden osien sisällä voidaan tarpeen mukaan myöntää myös kapeamman taajuuskaistan lupia.

Osa:	Osa A	Osa B	Osa C	Osa D
Taajuus:	3800–3900 MHz	3900–4000 MHz	4000–4100 MHz	4100–4200 MHz

4100–4200 MHz

Ylimmän osan, 4100–4200 MHz, käyttöä rajoittavat toteutukset lentokenttäympäristössä radiokorkeusmittauksen suojaamiseksi, sekä koko taajuusaluetta koskevat kiinteän liikenteen (FS) ja kiinteän satelliittiliikenteen (FSS) suojaaminen. Nämä vaatimukset huomioiden voidaan taajuuskaista osoittaa pitkäaikaisiin paikallisverkkototeutuksiin ilman suurta riskiä mahdollisen myöhemmän tarpeen uudelleentarkastelun vaikutuksista radiolupiin. Taajuuden ylin osa soveltuisi erinomaisesti pysyviin sisäverkkototeutuksiin, sillä juuri matalatehoisissa pikotukiasemaratkaisuisissa ylimmän taajuuskaistan tuki on hyvin saatavilla.

Osa:	Osa A	Osa B	Osa C	Osa D
Taajuus:	3800–3900 MHz	3900–4000 MHz	4000–4100 MHz	4100–4200 MHz
Radioluvat:				100 MHz

Käyttökohteet: pitkäaikaiset radioluvat, sisäverkkototeutukset, sekä lyhytaikaiset radioluvat, kun alueella ei päällekkäistä tai lähekkäistä tarvetta. Esimerkiksi teollisuuden ja julkisen palvelun tarpeet, tapahtumapaikkojen pysyvät paikallisverkkototeutukset.

4000–4100 MHz

Toiseksi ylintä 100 MHz:n taajuuskaistaa voidaan ottaa useissa tapauksissa käyttöön, kun ylimmältä osalta myönnetyn radioluvan läheisyyteen on tarvetta toiselle toteutukselle. Myös päällekkäiset 100 MHz:n kaistan lupa-alueet ovat mahdollisia, jos verkot synkronoidaan keskenään.

Osa:	Osa A	Osa B	Osa C	Osa D
Taajuus:	3800–3900 MHz	3900–4000 MHz	4000–4100 MHz	4100–4200 MHz
Radioluvat:			20–100 MHz	100 MHz

Käyttökohteet: lyhyt- tai pitkäaikaiset radioluvat, kun alueella tarve lähekkäisille verkoille, joiden synkronointi ei vastaa tarpeisiin tai päällekkäisille verkoille, jotka voidaan synkronoida keskenään, kun tarve liikenneprofiilille on samankaltainen. Esimerkiksi lyhytaikaiset tapahtumatuotannon tai mediatuotannon tarpeet, jos tapahtuma-alueella on jo esimerkiksi pysyvä paikallisverkkototeutus, jonka kanssa synkronointi on toteutettavissa.

3900–4000 MHz

Kun kysyntää on päällekkäisen peiton luvulle, esimerkiksi suurten yleisötapahtumien ajaksi, ja tarpeet eroavat riittävästi toisistaan, ettei kehysrakenteen synkronointi tai puolisyntakronointi tule kyseeseen, voi olla tarpeen myöntää tapahtuma-aikaiset luvat riittävällä suojakaistalla toisiinsa nähden. Tässä



tapauksessa synkronoimattomille verkoille voitaisiin myöntää luvat ylimmältä (D) ja toiseksi alimmalta (B) 100 MHz:n taajuuskaistalta. Väliin jäävältä 100 MHz:n kaistalta (C) olisi mahdollista vielä myöntää lupa esimerkiksi vähemmän taajuuskaistaa vaativalle toteutukselle, esimerkiksi erilliselle maksupäätetoteutukselle tai sensorien etäluentaan siten, että taajuuskaistojen väliin olisi mahdollista jättää suojakaista, jos synkronoitu toteutus ei ole tarpeiden eri luonteen vuoksi mahdollista.

Osa:	Osa A	Osa B	Osa C	Osa D
Taajuus:	3800–3900 MHz	3900–4000 MHz	4000–4100 MHz	4100–4200 MHz
Radioluvat:		100 MHz lyhytaikainen	20–100 MHz	100 MHz

Käyttökohteet: lyhytaikaiset radioluvat, kun alueella tarve päällekkäisille verkoille, joiden synkronointi ei ole toteutettavissa tarpeiden erojen takia. Esimerkiksi suuren yleisötapahtuman mediatuotannon tarpeisiin, kun tapahtumapaikalla on joko pitkäaikainen radiolupa tapahtumatuotannon paikallisverkolle tai tapahtuman aikainen tarve usean toimijan privaattiverkkototeutuksille.

3800–3900 MHz

Ylimmän 3410–3800 MHz:n taajuusalueen toimiluvan matkaviestinverkon suojaamiseksi ei matkaviestinverkon kanssa synkronoimaton käyttö ole mahdollista alimman 100 MHz:n taajuuskaistan (Osa A) alaosassa. Matalatehoisissa (LP) verkoissa vaadittava suojakaista on 20 MHz ja keskitehoisissa (MP) 60 MHz, mikä mahdollistaa edelleen 40–80 MHz:n radioluvat kaistalta, jos tarpeen sovittaminen ja synkronointi tai riittävä suojaetäisyys osan B radiolupien kanssa on toteutettavissa.

Osa:	Osa A	Osa B	Osa C	Osa D
Taajuus:	3800–3900 MHz	3900–4000 MHz	4000–4100 MHz	4100–4200 MHz
Radioluvat:	20 60 MHz	LP MP		

Jos lyhytaikainen tarve vaatii, voitaisiin alinta 100 MHz:n kaistaakin hyödyntää jopa kokonaisuudessaan synkronoiden paikallinen verkko ylimmän 3,5 GHz:n toimiluvan verkon kanssa, tarjoten mahdollisuuden esimerkiksi hallittaville toteutuksille usealle eri toimijalle lyhytaikaisissa suurissa tapahtumissa.

Osa:	Osa A	Osa B	Osa C	Osa D
Taajuus:	3800–3900 MHz	3900–4000 MHz	4000–4100 MHz	4100–4200 MHz
Radioluvat:	20–100 MHz	100 MHz	20–100 MHz	100 MHz

Käyttökohteet: lyhytaikaiset radioluvat tapauksissa, joissa kysyntää päällekkäisille tai lähekkäisille lyhytaikaisille luvulle on paljon. Esimerkiksi suuret yleisötapahtumat, joissa usealla tapahtumatuotantoon ja mediatuotantoon osallistuvia toimijoita, joilla on tarve omalle paikallisverkkototeutukselle. Vaihtoehtoisesti alimmalta taajuusalueelta voitaisiin myöntää myös lyhytaikaisia 100 MHz:n lupia käytölle, joka on synkronoitavissa ylimmän 3,5 GHz:n toimiluvan haltijan verkkototeutuksen kanssa. Esimerkiksi viimeisen yhteyden lyhyt- tai väliaikaiset toteutukset, jotka jättävät mahdollisuuden myöntää lupia ylemmiltä osilta muihin tarpeisiin lähialueilla.



6.3.2 Vaiheittainen lähestymistapa

Euroopan komission täytäntöönpanopäätöksessä todetaan, että taajuusalueen taajuuksien käyttöä tullaan uudelleentarkastelemaan jossain vaiheessa. Lisäksi todetaan, että tätä helpottaisi taajuuksien yhdenmukaisten osien yhdenmukainen käyttö kaikkialla EU:ssa, esimerkiksi taajuusalueen yläosasta alkaen.

Koska paikallisverkkojen tarpeet ja tulevaisuuden kysyntä on vielä jossain määrin epävarmaa, yksi lähestymistapa, jolla voidaan pyrkiä taajuuksien tehokkaan hyödyntämisen varmistamiseen, voisi olla vaiheittainen osoitus, jossa todellista tarvetta tarkastellaan uudelleen myöhemmin. Tässä vaiheittaisessa lähestymistavassa pitkäaikaiset paikalliset luvat voitaisiin ensisijaisesti myöntää taajuusalueen yläpäästä Euroopan komission täytäntöönpanopäätöstä noudatellen. Tämä mahdollistaa tapahtumia ja muuta lyhytaikaista käyttöä varten taajuuksien osoituksen alemmaa ja joustavasti, ilman merkittävää häiriöriskiä mahdollisille läheisille pitkäaikaisille paikallisverkoille, mikäli maantieteellisesti päällekkäistä tarvetta ilmenee. Myöhemmin tehtävässä tarpeen arvioinnissa voitaisiin hyödyntää käytännön kokemuksia verkkojen tarpeista, eivätkä pitkäaikaiset luvat taajuuden yläosassa rajoita mahdollisuutta harkita alaosan osoittamista maanlaajuiseen matkaviestinverkkokäyttöön tai taajuuksien uudelleenjärjestelyä esimerkiksi n78-taajuuden toimilupien kanssa (voimassa 2033 asti), jos nähdään, että tarvetta koko taajuusalueen osoittamiselle paikallisverkoille ei ole syntynyt.

6.3.3 Lupaprosessiin liittyviä huomioita taajuustehokkuuden varmistamiseksi

Taajuusalueen käytettävyyden osalta radiolupaprosessilla ja sen toteutuksella sekä lupien ehtoilla ja periaatteilla on oleellinen merkitys.

Maantieteellisesti hajautuneiden erillisten paikallisverkkojen radiolupia voidaan myöntää samalle taajuuskaistalle ilman koordinoitua vaatimusta verkkojen välillä, oli kyse sitten matala- tai keskitehoisista toteutuksista. Sisäverkkojen tapauksessa paikallisia lupia matalatehoisille laajakaistaverkoille samalla taajuuskaistalla voidaan myöntää myös maantieteellisesti hyvin lähekkäin.

Alueilla, joissa kysyntää olisi mahdollisesti enemmän lähekkäisille tai jopa päällekkäisille radioluville, on lupien myöntämisessä harkittava erilaisia koordinaatoratkaisuja.

- Samalla taajuuskaistalla toimiville verkoille on varattava riittävä maantieteellinen suojaetäisyys. Verkkojen välinen synkronointi pienentää tarvittavaa suojaetäisyyttä merkittävästi. Samalla taajuuskaistalla ei kuitenkaan voida rakentaa täysin päällekkäistä peittoa.
- Vierekkäisillä taajuuskaistoilla toimiville verkoille on myös varattava riittävä suojaetäisyys, jos niitä ei synkronoida keskenään. Tämä suojaetäisyys on kuitenkin murto-osa samalla kanavalla toimivien verkkojen tarvitsemasta suojaetäisyydestä. Verkkojen välinen synkronointi mahdollistaa täysin päällekkäiset luvat.
- Jos alueella on tarve täysin päällekkäisille paikallisille privaattiverkoille, on vaihtoehtoina seuraavat ratkaisut:
 - Verkkojen välinen synkronointi (aika ja kehysrakenne) mahdollistaa radioluvat vierekkäisiltä taajuuskaistoilta
 - puolisyntronointi mahdollistaa erilaisen UL:DL-suhteen, mutta suurempaa UL-osuutta käyttävä verkko altistuu UL-häiriöriskille.



- Suojakaista paikallisten privaattiverkkojen taajuuskaistojen välillä, joka mahdollistaa synkronoimattomat päällekkäiset verkot

Taajuustehokkuuden ja paikallisverkkojen teknisen toteutettavuuden osalta merkittäviä tekijöitä lupaehdoissa ovat lisäksi ainakin:

- Haettavan taajuuskaistan leveys (esim. 10–100 MHz) ja todellisen taajuustarpeen arviointi tehokkaan käytön varmistamiseksi
 - mitä kaistanleveysvaihtoja voi hakea
 - miten osoitetaan tarve haetulle kaistanleveydelle, jotta voidaan välttää turhat varaukset
 - miten huomioidaan esimerkiksi UL:DL-suhteen ja sen osalta mahdollisten synkronoinnista johtuvien kompromissien vaikutus kaistatarpeeseen
- Tekninen toteutus mukaan lukien tarvittava tehotaso (matala, keski, mahdollinen korkeampi tehotaso) ja vastaava vaikutus suoja-/koordinointietäisyyteen
 - miten varmistetaan optimaalinen tehotaso toisaalta huomioiden itse toteutus ja toisaalta mahdolliset häiriöt
 - mahdolliset aluekohtaiset tehorajoitukset (esim. joissain maissa kaupunkialueilla lähtökohtaisesti vain matalatehoisia verkkoja)
 - millä perusteella taajuusalueen yleisestä tehorajoituksesta voidaan poiketa
 - antenniratkaisut (korkeus, suuntaavuus, jne.) ja niiden vaikutus palvelu-/häiriöalueeseen
 - miten koordinointi paikallisverkkojen välillä tehdään: tapauskohtaisesti toteutusten mukaan, kentänvoimakkuusrajoilla tai jotenkin muuten, miten huomioidaan muut suojattavat järjestelmät
- UL:DL-suhteen määrittäminen ja synkronointivaatimus
 - millä periaatteella UL:DL-suhteita koordinoidaan vai koordinoidaanko: esim. määritteleekö ensimmäisen hakija käytettävän kehysrakenteen tietyllä alueella
 - sallitaanko kokonaan synkronoimaton käyttö tapauksissa, jossa nähdään, ettei isompi suoja-alue (joko taajuus tai etäisyys) esim. syrjäisen sijainnin takia aiheuta ongelmia
- Lyhytaikaisten tapahtumakohtaisten taajuuslupien osalta eri toimijoiden välinen koordinaatio, jos luvanhakijoita on useampia
 - jos kysyntä ylittää tarjonnan, millä periaatteilla lupahakemuksia voidaan arvioida ja vertailla esimerkiksi taajuuksien käytön tehokkuuden osalta, kun lupaa tarvitaan vain lyhyelle ajalle
 - kuinka varmistaa, että tapahtuman toteutuksen kannalta kriittisimmät toiminnot saavat riittävät taajuusresurssit käyttöönsä
- Taajuuksien käyttö, miten seurataan tai varmistetaan haetun luvan todellista käyttöä
 - asetetaanko toteutuksen aikataululle vaatimuksia
 - jossain maissa on esitetty käytettäväksi ”use it or loose it” -periaatetta, jossa käyttämättömät taajuudet palautuvat

Yllä olevat tekijät vaikuttavat oleellisesti paikallisverkkojen taajuustarpeeseen kokonaisuudessaan eli mitä tehokkaammin taajuuksia voidaan hyödyntää ja koordinoida eri verkkojen toimintaa sitä tehokkaammin taajuusalueita voidaan hyödyntää. Tästä on hyötyä erityisesti skenaariossa B, jossa paikallisverkoille osoitettuja taajuuksia on vähemmän ja niistä voi jossain kohtaa tulla rajoittava tekijä toteutuksille, kysynnän kasvaessa myös paikallisesti skenaariossa A.



7 Taloudellisten vaikutusten arviointi

Taloudellisen arvioinnin tavoite on täydentää teknistä arviointia ja näin tukea kansalliseen taajuusallokointiin liittyvää päätöksentekoa¹⁰. Kun tarkastelussa on kaksi skenaariota, taloudellisten vaikutusten arvioinnissa olennaisinta on skenaarioiden keskinäisen paremmuuden arviointi, ei niinkään skenaarioiden absoluuttisesti mahdollisesti tuottamat hyödyt. Kerrataan tarkasteltavat skenaariot tässä:

- A. Koko taajuusalue 3800–4200 MHz osoitetaan paikallisille langattomille laajakaistajärjestelmille (WBB LMP) komission täytäntöönpanopäätöksen mukaisilla teknisillä ehdoilla
- B. Taajuusalueesta 3800–4200 MHz osa varataan maanlaajuisille langattomille laajakaistaverkoille ja loppuosa osoitetaan paikallisille langattomille laajakaistajärjestelmille

Skenaarioiden kuvauksissa korostuu valinta paikallisen ja maanlaajuisen välillä, mutta ero on tosiasiaa suurempi. Paikallinen allokointi rajoittaa käytön matala- ja keskitehoisiin järjestelmiin, kun taas maanlaajuisessa allokointiossa tästä rajoituksesta luovuttaisiin (ainakin hallinnollisena päätöksenä). Kuten raportissa aikaisemmin arviointiin, paikallisessa käytössä esimerkiksi 100 MHz:n kaistanleveydellä toimivalle tukiasemalle sallittu EIRP-teho olisi 31–51 dBm, kun se maanlaajuisessa käytössä voisi olla jopa yli 75 dBm. Maanlaajuisessa käytössä tukiaseman teho voi siten hyvinkin olla yli 250-kertainen paikallisen käytön tukiasemaan verrattuna. Maanlaajuinen allokointi mahdollistaa matkaviestinverkon rakentamisen samaan tapaan kuin nykyisin jo käytössä oleva 3410–3800 MHz:n taajuusalue.

Taloudellisen tarkastelun lähtökohtana on siten tilanne, jossa paikalliseen ja maanlaajuisen käyttöön allokoitaisiin erilaiset taajuudet tai ainakin hyvin erilaiset käyttöoikeudet. Hieman ehkä yksinkertaistaen voidaan todeta, että paikallinen käyttö olisi vain osajoukko maanlaajuisesta käytöstä. Tämä ohjaa myös taloudellisten vaikutusten arviointia, sillä tuotantoteknisesti paikallinen allokointi ei mahdollista mitään sellaista, mitä ei voitaisi toteuttaa osana maanlaajuisesta allokoinnista. Skenaarioiden taloudellisten vaikutusten erot syntyvät muualla.

7.1 Paikallinen langaton laajakaista

7.1.1 Paikallisten 4G/5G-verkkojen toteutusmalleja

Tällä hetkellä paikallisille 4G/5G-verkoille on Traficomien radioluovalla käytettävissä taajuuskaistat 2300–2320 MHz ja 24,25–25,1 GHz¹¹. Seuraavissa kappaleissa kommentoidaan lyhyesti joitakin paikallisten verkkojen toteutusmalleja.

7.1.1.1 Paikalliset verkot omilla radioluovilla (2,3 GHz & 26 GHz)

Paikallinen verkko omilla radioluovilla mahdollistaa itsenäisen toteutuksen. Kun verkon rakentaminen on omalla vastuulla ja verkko tulee omaan omistukseen, toimija voi määrittää verkon tekniset ratkaisut itsenäisesti ja halutessaan pitää kaiken verkkoon liittyvän toiminnan ja tilaajatiedon paikallisena. Lisäksi itsenäisen verkon avulla voi tarvittaessa verkon tasolla varmistaa, että liikenne

¹⁰ Ensisijaisesti valtioneuvoston taajuusasetus

¹¹ <https://www.traficom.fi/fi/radioluovat-ja-taajuudet/radiotaajuuksien-kaytto/paikalliset-4g5g-verkot#accordion-62641>



ja kaikki käyttäjädatta pysyvät oman organisaation sisällä. Toisaalta oma toteutus on kaikkein vaativin. On esimerkiksi itse investoitava kohteeseen, joka ei yleensä ole toimijan omalla ydinosaamisalueella, ja kohdattava investoinnin riskit. Lisäksi vastuu mm. taajuuksien luvanvaraisesta käytöstä, verkon turvallisuudesta ja varmistamisesta jää toimijalle itselleen. Paikallisverkkojen radiolupia on esimerkiksi joillakin teollisuusyrityksillä.

7.1.1.2 Paikalliset verkot teleoperaattoreiden taajuuksilla

Paikallista liiketoimintaa voidaan harjoittaa myös esimerkiksi teleoperaattoreiden taajuuksilla, mikä tuo käyttöön laajemman taajuusportfolion. Esimerkiksi ainoa paikallisten verkkojen käytössä oleva keskitaajuus, 2,3 GHz, on kaistaltaan hyvin kapea verrattuna teleoperaattorien käytettävissä oleviin keskitaajuuksiin.

Huutokaupalla myönnettyjen taajuuksien vuokraaminen on sallittua (SVPL 20 §), mutta siihen on kuitenkin saatava lupa valtioneuvostolta tai Traficomilta. Lisäksi ainakin 3,5 GHz:n toimiluvissa on velvollisuus vuokrata taajuuksia paikalliseen toimintaan kohtuullisin ja syrjimättömin ehdoin, jos toimiluvanhaltija ei itse verkkopalvelua tarjoa. Paikallisesta toiminnasta esimerkkeinä mainitaan teollisuuslaitokset, satamat, sairaalat ja kauppakeskukset. Ei ole tiedossa, onko tätä ehtoa koeteltu.

7.1.1.3 Matkaviestinverkko-operaattoreiden toteuttamat paikalliset verkot

Paikalliset verkot kuuluvat valtakunnallisten operaattoreiden palveluvalikoimaan. Ne ovat toteuttaneet paikallisia verkkoja esimerkiksi lentokentillä, satamissa ja teollisuudessa. Näissä tapauksissa teollinen toimija tai muu käyttäjä hankkii paikallisen verkon palveluna operaattorilta. Operaattoreilla on luonnollisesti täydet tekniset valmiudet tarjota palveluja, sillä paikallisverkkoja voidaan pitää valtakunnallisten verkkojen osajoukkona. Esimerkiksi Elisa ja Telia ilmoittavat omina referensseinään sairaaloita, satamia ja kaivoksia sekä joitakin teollisuuden kohteita¹². Paikallisverkkojen palvelumalleja on erilaisia ja palveluja tuottavat muutkin kuin valtakunnalliset matkaviestinverkko-operaattorit. Palveluntuotantoon voi myös osallistua usea eri yritys eri rooleissa.

7.1.1.4 Paikalliset laajakaistaliittymät

Yleinen teletoiminta edellyttää yleensä verkkotoimilupaa, mutta SVPL:n mukaan radiolupiin perustuvilla taajuuksilla voi kuitenkin tietyn ehdoin harjoittaa myös vähäistä yleistä teletoimintaa.

Poiketen siitä, mitä 1 momentissa säädetään, vähäisen paikallisen verkkopalvelun tarjoaminen sellaisessa rajatulla alueella toimivassa matkaviestinverkossa, jossa harjoitetaan yleistä teletoimintaa, ei edellytä verkkotoimilupaa, jos verkkopalvelua tarjotaan 95 §:n 1 momentin nojalla annetussa valtioneuvoston asetuksessa tällaiseen käyttöön osoitetulla taajuusalueella. (30.12.2020/1207) – SVPL 6 § 4 mom.

Laajakaistamarkkinoita ajatellen ehkä ilmeisin soveltamiskohde olisi kiinteän langattoman laajakaistan liittymät (FWA, Fixed Wireless Access). Ne voisivat toimia erityisesti valokuituverkon jatkeena alueilla, joilla kuituverkkoja ei ole saatavilla ja joilla kiinteiden verkkojen rakentaminen on haastavaa.

Maaseudulla valokuituverkon saatavuus jää usein 50–60 prosenttiin eikä saatavuuden edes ennusteta etenevän merkittävästi lähivuosina. Omnitelen vuonna 2024 tekemässä tv-jakelun tulevaisuutta pohtivassa selvityksessä arvioitiin, että myös mobiililaajakaistan saatavuudessa on merkittäviä haasteita maaseudulla. Harvaan asutulla maaseudulla voi olla haasteita jopa tavanomaisen ns. best effort -tyyppisen 4G-laajakaistan saatavuudessa. 100 Mbit/s:n tasoisen palvelun saatavuus voi jäädä noin 50 prosenttiin. 5G-palvelujen saatavuudessa on merkittäviä

¹² <https://yrityksille.elisa.fi/privaaattiverkko> & <https://www.telia.fi/yrityksille/artikkelit/artikkeli/telia-rakentaa-kultakaivokseen-5g-verkon-joka-toimii-kilometrin-syvyydessa>



puutteita myös ydinmaaseudulla. Itse asiassa 5G-laajakaistan tarjonnassa on lähes aina varaa parantaa kaupunkikeskustojen ulkopuolella. Siten vaihtoehtoisille ratkaisuille olisi ainakin teknisesti ajatellen tarvetta.

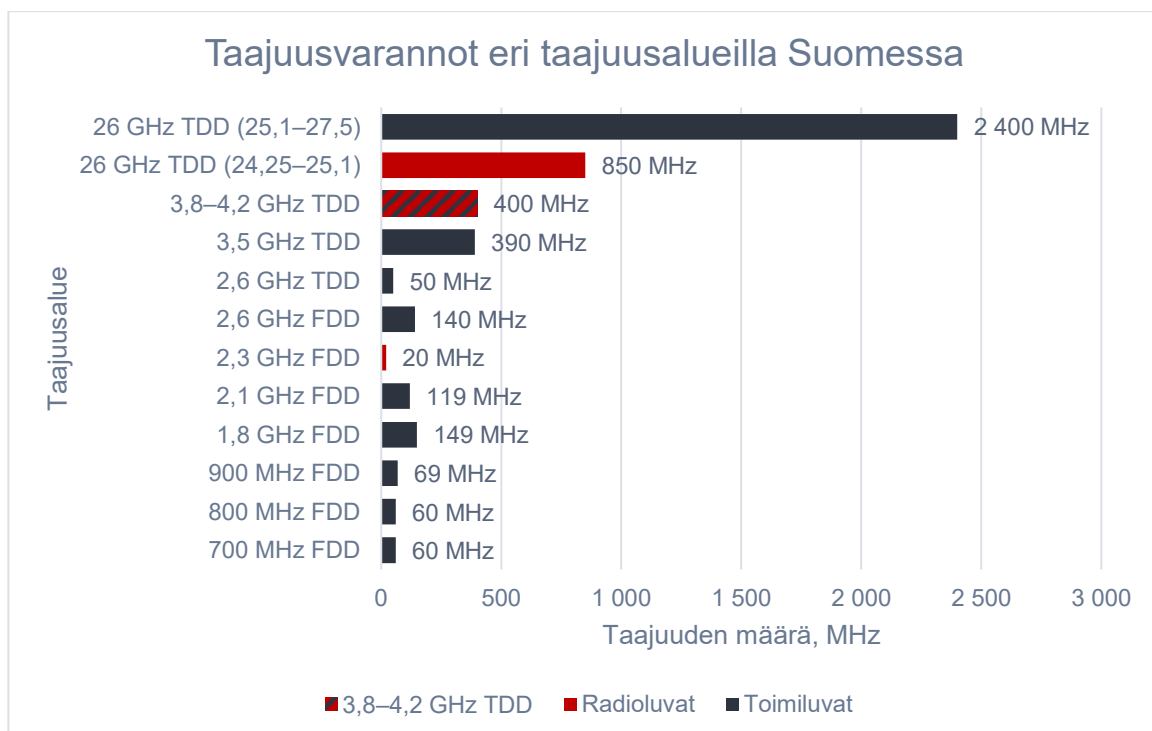
7.1.1.5 Yhteenveto

Yhteenvetona voidaan todeta, että omat paikalliset taajuudet eivät ole välttämätön ehto paikallisen verkkopalvelun tarjoamiseen. Esimerkiksi teollisuusyritysten ei itse ole välttämätöntä hankkia radiolupia saadakseen paikallisia verkkopalveluja. Palveluntarjontaan on kehittynyt oma markkinansa. Omat taajuudet ovat yksi keino, jolla voi toteuttaa itsenäisen toteutuksen ja mm. varmistaa tilaajatietojen täysin paikallisen hallinnan.

Varsinaisen verkkopalvelun toiminnallisuuden kannalta toteutusmalleja on useita ja palvelun voi oman toteutuksen sijaan hankkia markkinoilta. Tämä kannattaa ottaa huomioon skenaarioiden vertailussa erityisesti siksi, että skenaariossa B mahdollistetaan suorituskykyisemmät verkkototeutukset. Paikallisten radiolupien ohella tai sijaan voi olla yhtä arvokasta varmistaa, että kansallisten toimilupien taajuudet ovat kohtuudella käytettävissä myös paikalliseen toimintaan.

7.2 Maanlaajuinen langaton laajakaista

Skenaariossa B oletetaan, että taajuusalueesta 3800–4200 MHz osa – ei siis koko alue – varattaisiin jaettavaksi kansallisille toimijoille toimilupien nojalla. Edellisessä luvussa tunnistettiin kolme esimerkkiä mahdollisista vaihtoehtoisista allokatioista maanlaajuiseen käyttöön: 60 MHz, 150 MHz ja 210 MHz. Jos oletetaan, että taajuudet päätyisivät nykyisille matkaviestinverkko-operaattoreille, operaattorikohtainen lisäys olisi 20, 50 tai 70 MHz. Uudet taajuudet eivät ratkaisevasti muuttaisi operaattoreiden nykyisiä taajuusportfolioita. Kullakin operaattorilla on nykyisin yli 300 MHz:n taajuusvaranto alle 6 GHz:n taajuusalueella ja yksistään 3,5 GHz:n alueellakin 130 MHz.



Kuva 5. Taajuusvarannot eri taajuusalueilla Suomessa



Käsittääksemme maanlaajuudessa toiminnassa taajuudet eivät ole niukka resurssi tällä hetkellä. Pula taajuuksista ei esimerkiksi estä laajentamista 5G-verkkojen saatavuutta. Jos suurikapasiteettinen 5G puuttuu haja-asutusalueilta, se ei johdu taajuuksien vaan investointikannusteiden puutteesta. Usein kyse lienee haasteista kannattavuudessa. Lisätaajuuksista voisi olla hyötyä lähinnä tiheästi asutuilla alueilla ja niilläkin todennäköisesti vasta myöhemmin tulevaisuudessa. Siten lisätaajuudet maanlaajuiseen toimintaan tuskin ratkaisevasti muuttaisivat mitään ainakaan lyhyellä aikavälillä.

7.3 Skenaarioiden vertailu

7.3.1 Taajuusallokoinnin tehokkuus

Taajuudet ovat yhteiskunnan kannalta niukka resurssi ja siksi ne tulee saada tehokkaaseen käyttöön. Käyttöoikeuksia myöntävät sekä valtioneuvosto että Traficom. Valtioneuvosto voi myöntää käyttöoikeuksia joko huutokaupalla tai vertailevalla menettelyllä, kun taas Traficom myöntää niitä radioluvilla. Taajuusalueen 3800–4200 MHz allokointi paikallisen ja maanlaajuisen käytön välillä vaikuttaa myös käyttöoikeuksien myöntämiseen.

Jos taajuudet osoitetaan kansalliseen matkaviestinkäyttöön, ne voidaan myöntää huutokaupalla. Yleisesti huutokaupan keskeisenä vahvuutena pidetään sitä, että taajuudet todennäköisemmin päättyvät sellaiselle hakijalle, joka arvostaa niitä eniten. Huutokaupan voittaa se, joka uskoo saavansa taajuuksista suurimman inkrementaalisen hyödyn. Huutokaupat eivät kuitenkaan aina ole toimivia. Itse asiassa monet markkinat ovat niin keskittyneitä, että huutajia on liian vähän tehokkaan huutokaupan järjestämiseksi. Siten huutokauppa ei välttämättä johda tehokkaaseen taajuuksien käyttöön.

Kansalliseen käyttöön allokoitavat uudet taajuudet voidaan myöntää myös vertailevalla menettelyllä eli ns. kauneuskilpailun avulla (kun kysyntä ylittää tarjonnan). Toimiluvat myöntää valtioneuvosto. Jos toimilupien kysyntä ylittää tarjonnan, toimiluvat myönnetään niille hakijoille, joiden toiminta parhaiten edistää SVPL:ssä (1 §) asetettuja tavoitteita. Niitä ovat esimerkiksi palvelujen tarjonnan ja käytön samoin kuin kilpailun edistäminen.

Paikalliseen käyttöön tulevat taajuudet myönnetään radioluvilla. Radioluvat myöntää pääsääntöisesti Traficom¹³. Prosessi on yleensä vähemmän muodollinen kuin toimiluvissa. Yksinkertaisimmillaan luvat myönnetään hakemusjärjestyksessä, jos hakijat ja hakemukset täyttävät asetetut vähimmäisehdot eikä taajuuksista ole ylikysyntää. Jos sen sijaan radiolupien kysyntä ylittää tarjonnan, virasto noudattaa vertailevan menettelyn periaatteita ja siten pyrkii tehokkaaseen taajuuksien käyttöön.

Mahdollisuus taajuuksien myöntämiseen huutokaupalla ei ole ratkaiseva tekijä, kun jaetaan taajuuskaistaa 3800–4200 MHz kansallisten toimilupien ja paikallisten radiolupien välillä. Taajuusallokaation tehokkuutta kannattaa arvioida toimivien markkinoiden näkökulmasta. Taajuuksien myöntämisestä tai esimerkiksi vuosittaisista taajuusmaksuista suoraan saatavat tulot ovat vähemmän tärkeitä kuin uusien taajuuksien käytöstä seuraava markkinakehitys. Suomen nykyisessä markkinatilanteessa tehokkaita markkinoita voidaan edistää sekä huutokaupalla että vertailevalla menettelyllä.

¹³ Vain jos radioluvan myöntämisellä voi olla huomattavia vaikutuksia viestintämarkkinoiden yleiseen kehitykseen tai ilmeisesti kansalliseen turvallisuuteen, radioluvan myöntää valtioneuvosto (SVPL 40 §).



7.3.2 Tulot toimiluvista vs. radioluvista

Suomessa lähin noteeraus huutokaupasta on taajuusalueen 3410–3800 MHz huutokauppa vuonna 2018. Huutokaupassa oli tarjolla kolme 130 MHz:n toimilupaa ja ne päättyivät Elisalle, Telialle ja DNA:lle seuraavan taulukon mukaisesti¹⁴.

Taulukko 2. Vuoden 2018 huutokaupan tulokset

	Taajuudet MHz	Taajuusmäärä MHz	Lähtöhinta milj. €	Myyntihinta milj. €	Voittaja
Toimilupa A	3410–3540	130	23	30	Telia
Toimilupa B	3540–3670	130	21	26	Elisa
Toimilupa C	3670–3800	130	21	21	DNA
Yhteensä	3410–3800	390	65	77	

Huutokauppa tuotti yhteensä noin 77 miljoonaa euroa. Summa ei ole erityisen merkittävä, kun ottaa huomioon, että lisenssit ovat voimassa 15 vuotta ja että viime vuosina vuosittaiset investoinnit matkaviestinverkkoihin ovat olleet noin 250 miljoonaa euroa. Uudella 3800–4200 MHz:n kaistalla taajuuksia olisi tarjolla enimmillään noin sama määrä, joten odotusarvo huutokaupan tuloista voisi olla samaa luokkaa¹⁵.

Viraston vuosittaisia taajuusmaksuja koskevien laskentakaavojen¹⁶ mukaan kansalliset operaattorit maksavat 3,5 GHz:n alueen taajuuksista vuosittaisia taajuusmaksuja noin 270 000 euroa per operaattori eli yhteensä noin 814 000 euroa vuodessa.

Valtion toimiluvista saamat tulot eivät ole erityisen merkittäviä, mutta ne ovat kuitenkin huomattavasti suurempia kuin radioluvista saatavat tulot. Radiolupia ei ensinnäkään huutokaupata tai myydä muuten ja lisäksi kertymä vuosittaisista taajuusmaksuista jää alhaisemmaksi. Tavanomaisilla oletuksilla esimerkiksi 100 MHz:n radioluvan taajuusmaksu olisi noin 4000 euroa vuodessa.

Taajuusalueen 3800–4200 MHz allokoinnin kansallisen ja paikallisen käytön välillä voi odottaa vaikuttavan merkittäväällä tavalla valtion taajuusalueesta suoraan saamiin tuloihin. Jos otetaan tarkastelujaksoksi 15 vuotta, yksinkertaisilla oletuksilla kansalliset toimiluvat voisivat tuottaa noin 90 miljoonaa euroa koko tarkastelujakson aikana (huutokaupan tuotot & vuosittaiset taajuusmaksut), kun radiolupien tuottamat tulot jäisivät hyvin alhaisiksi (vuosittaiset taajuusmaksut). Ei ole kuitenkaan selvää, onko ero merkityksellinen, sillä allokoitipäätöksestä seuraavalla markkinakehityksellä voi olla suurempi vaikutus taloudellisen vertailun kannalta. Selvää kuitenkin on, että paikallisen allokoinnin tulisi tuottaa dynaamisia markkinakehityksen hyötyjä selvästi enemmän kuin kansallisen allokoinnin, jotta valinta kääntyisi paikallisen allokoinnin puolelle.

7.3.3 Allokoinnin vaikutus markkinakehitykseen

Taajuusalueen 3800–4200 MHz allokointi kokonaan tai edes suurelta osin radioluvilla paikalliseen toimintaan kasvattaisi merkittävästi mahdollisuuksia nykyisistä operaattoreista riippumattoman verkkotoiminnan rakentamiseen. Suurin muutospotentiaali on juuri tässä: uudet taajuudet antavat

¹⁴ <https://traficom.fi/fi/radioluvat-ja-taajuudet/radiotaajuuksien-kaytto/matkaviestinverkkojen-taajuudet-ja-luvanhaltijat>

¹⁵ 3,6 GHz:n huutokaupassa lisenssit tosin koostuivat kaistan ala- ja yläosasta, ja yläosassa oli merkittäviä käytön rajoitteita. Tämä näkyi osien lähtöhinnoissa, mutta operaattorit ostivat osat yhtenä kokonaisuutena eikä eri osien arvostus siten ole nähtävissä huutokaupan tuloksissa. 800 MHz:n huutokaupassa vuonna 2013 tulot olivat 106 milj. €, 700 MHz:n huutokaupassa 66 milj. € (2016) ja 26 GHz:n huutokaupassa 21 milj. € (2020). Voidaan olettaa, että mahdollisen uuden huutokaupan tulot riippuvat merkittävässä määrin asetettavasta lähtö hinnasta.

¹⁶ <https://traficom.fi/fi/radioluvat-ja-taajuudet/radiotaajuuksien-suunnittelu-ja-valvonta/taajuusmaksulla-ohjataan-taajuuksien-kayttoa>



mahdollisuuden vaihtoehtoisille toimijoille. Esimerkiksi teollisuusyritykset voivat rakentaa omia itsenäisiä verkkojaan tai hankkia verkkototeutukset suuremmalta joukolta palveluntarjoajia. Lisäksi laajakaistatarjontaan voi syntyä uusia toimijoita tai uusia toimintamalleja.

7.3.3.1 Itsenäiset paikalliset verkot

Ehkä keskeisin paikallisverkkojen sovelluskohde on teollisuuden digitalisaatio. Usein keskiössä on nimenomaan digitalisaatio pelkkien yhteyksien rakentamisen sijaan, ja tällöin kyse on laajemmin esimerkiksi tuotannon optimoinnista uuden tekniikan tukemana. Yleensä teollisuuden prosessit vaativat, että data reititetään paikallisesti, jotta vältetään mm. viivevaihtelut. Useimmiten paikallinen verkko (rajattu alue) halutaan toteuttaa itsenäisenä tai vähintään siten, että data reititetään paikallisesti yrityksen/organisaation lähiverkkoon. Tämä ei ole riippuvainen taajuuden käytöstä tai palvelumallin toteutuksesta.

Esimerkiksi verkkolaitetoimittajat Nokia ja Ericsson ovat panostaneet paikallisiin verkkoihin merkittävästi viime vuosina, ja paikallisverkoista on avautunut niille uusi markkina. Keskeisiä käsitteitä heidän tarjonnassaan ovat teollinen IoT ja Industry 4.0. Teollisille toimijoille on avautunut mahdollisuus hakea uusia ratkaisuja itsenäisesti, eivätkä ne ole sidottuja esimerkiksi matkaviestinverkko-operaattoreiden tarjontaan.

Nokia ja Ericsson viittaavat Industry 4.0 -käsitteellä teollisuuden neljänteen vallankumoukseen höyryn, sähkön ja tietotekniikan (ICT) jälkeen¹⁷. Näistä puhutaan myös yleiskäyttöisinä teknologioina (GPT, general-purpose technology). Keskeistä on, että teknologian avulla voidaan muuttaa olemassa olevia tuotantorakenteita ja kehittää uutta tuotantoa. Uuden teknologian arvo syntyy juuri tästä mahdollisuudesta: teknologia itsessään ei ole yhtä arvokasta kuin sen muutosvoima taloudessa. Ericsson on toimittanut Industry 4.0 -ratkaisun esimerkiksi autonvalmistaja Jaguar Land Roverille Englannissa¹⁸, ja tavoite on nimenomaan järjestää tuotanto uudelleen 5G-tekniikan tarjoamien mahdollisuuksia avulla. Myös Saksassa paikallisia lisenssejä ovat hakeneet useat autonvalmistajat, kuten BMW, Mercedes ja Volkswagen¹⁹, samoin useat teollisuusyritykset, kuten Lufthansa, Bosch ja Siemens. Lufthansan toteutuksessa on kiinnostavaa se, että verkon käytännön toteutuksesta vastaa operaattori Vodafone, mutta taajuudet ovat Lufthansan²⁰. Paikallisverkkojen toteutuksista löytyy siis useita eri kombinaatioita.

Voinee turvallisesti todeta, että toistaiseksi itsenäiset paikalliset verkot eivät ole markkinoita mullistaneet, mutta toisaalta taajuuksia on ollut niukasti saatavilla ja teollisuuden digitalisaatio on monelta osin vasta alussa. Industry 4.0 sisältää sen verran merkittäviä lupauksia, että paikallisille verkoille kannattaa antaa ainakin mahdollisuus. Taajuuksien allokaation näkökulmasta tilannetta kuvaa hyvin Britannian regulaattorin Ofcomin linjaus osana päätöstä osoittaa taajuuksia, myös 3800–4200 MHz, paikalliseen käyttöön²¹:

“To ensure that lack of access to the radio spectrum does not prevent innovation, we are introducing a new licensing approach to provide localised access to spectrum bands that can support mobile technology. Local access to these bands could support growth and innovation across a range of sectors, such as manufacturing, enterprise, logistics, agriculture, mining and health. It

¹⁷ <https://www.nokia.com/private-networks/private-wireless-explained/> & <https://www.ericsson.com/en/industry4-0>

¹⁸ <https://www.ericsson.com/en/news/2025/2/ericsson-private-5g-to-support-irls-digital-manufacturing-transformation>

¹⁹ <https://digitalregulation.org/spectrum-licensing-local-and-private-networks/> & <https://www.gsma.com/solutions-and-impact/technologies/internet-of-things/digital-industries-20/benefits-use-case/mercedes-benz-5g-factory/> & [BMW uses private 5G to deliver AI automation in Hungary & Intelligent connected factory with 5G technology: Autonomous logistics at BMW Group Plant Landshut calculates data in the cloud](https://www.bmw.com/press-releases/2025/01/2025-01-20-intelligent-connected-factory-with-5g-technology-autonomous-logistics-at-bmw-group-plant-landshut-calculates-data-in-the-cloud)

²⁰ <https://www.telecomtv.com/content/5g/vodafone-lufthansa-deal-shows-telcos-dont-need-spectrum-to-operate-mobile-networks-37847/>

²¹ <https://www.ofcom.org.uk/siteassets/resources/documents/consultations/category-1-10-weeks/129951--enabling-opportunities-for-innovation/associated-documents/enabling-wireless-innovation-through-local-licensing.pdf?v=324096>



could enable organisations to set up their own local networks with greater control over security, resilience and reliability than they may have currently. For example, manufacturers connecting machinery wirelessly, farmers connecting agricultural devices such as irrigation systems and smart tractors wirelessly, enterprise users setting up secure private voice and data networks within a site, as well as rural wireless broadband connectivity using fixed wireless access (FWA).”

Ofcomin päätös on jo vuodelta 2019, jolloin kyse oli vielä enimmäkseen tulevaisuuden odotuksista. Olennaista päätöksessä oli kuitenkin avata uusia mahdollisuuksia, uusia tapoja toteuttaa verkkoratkaisuja ja mahdollistaa esimerkiksi teollisuusyrityksille suurempi ja itsenäisempi rooli. Ofcom halusi päätöksellä osaltaan varmistaa, että kehitys ja sen mukaan tuomat innovaatiot eivät jää ainakaan taajuuksien puutteesta kiinni.

7.3.3.2 Paikalliset verkot palveluna

Kuten jo aikaisemmin todettiin, paikalliset verkot eivät edellytä paikallisia taajuuksia. Eivät siis teknisessä ja tuotannollisessa mielessä ainakaan. Jo nyt mobiilioperaattorit tarjoavat paikallisia verkkoja palveluna. Vähemmän yllättäen mobiilioperaattoreiden etujärjestö GSMA korostaa, että taajuuksien allokointi paikalliseen käyttöön on paitsi turhaa, myös tehotonta. GSMA jopa nostaa Suomen 3,5 GHz:n allokointitavan hyväksi esimerkiksi siitä, miten paikallisten verkkojen rakentamista voidaan edistää ilman erityistä taajuusallokaatiota. GSMA:n mukaan toimituvissa oleva vuokrausvelvoite takaa sen, että paikallisten verkkojen kehitys ei jää taajuuksista kiinni.²² Toimituvissa on tavallaan yhdistetty rakentamis- ja vuokrausvelvoite²³:

”Mikäli toimituvanhaltija ei tarjouspyynnöstä huolimatta tarjoa 3,5 GHz taajuusalueella asiakkaan erityisiä tarpeita huomioivaa verkkopalvelua satamalle, teollisuuslaitokselle, sairaalalle, kauppakeskukselle tai vastaavalle rajattua maantieteellistä aluetta käyttävälle taholle, toimituvanhaltijalla on velvollisuus vuokrata kohtuullisin ja syrjimättömin ehdoin 3,5 GHz taajuuden käyttöoikeus edellä mainitulle asiakkaalle tai asiakkaan valitsemalle toimijalle verkkopalvelun tarjoamiseksi edellä mainitulla alueella.”

Teknisesti tarkastellen GSMA:n väite pitää paikkansa, mutta mukana lienee myös aimo annos edunvalvontaa. Toimituvanhaltijoille jää nimittäin selvä etulyöntiasema rakentaa ne alueet ja paikalliset verkot, jotka sopivat omiin suunnitelmiin parhaiten. Toimituvanhaltija voi myös aina tarjouspyynnön saatuaan harkita, rakentaako verkon itse vai antaa taajuuden vuokralle. Toimituvanhaltija voi tavallaan ulkoistaa kysynnän epävarmuudesta syntyvän riskin ulkopuolisille toimijoille ja edetä investointeihin vasta saatuaan varmistuksen riittävästä kysynnästä. Matkaviestinverkko-operaattoreiden tavoite on usein maksimoida olemassa olevan julkisen verkon tai verkon osien hyödyntäminen ja siten niiden motiivi pitkälle räätälöityjen paikallisten verkkojen tarjoamiseen voi olla heikompi kuin uusilla toimijoilla.

Paikallisverkkojen tarjontaan erikoistuneet yritykset ovat tyypillisesti joustavampia ja niiden toiminnan luonteeseen kuuluu valmius toteuttaa paikallisverkkoja juuri asiakkaiden tarpeisiin. Riittävä taajuusallokointi paikallisverkkokäyttöön mahdollistaneen suuren kirjon erilaisia toteutuksia, sekä avaa markkinaa erikoistuneille paikallisverkkoratkaisuja tarjoaville yrityksille. Markkina voi kehittyä sekä verkkoratkaisuja tarjoavien, kuin myös verkkolaitteita valmistavien yritysten osalta. Kansalliset matkaviestinverkko-operaattorit tyypillisesti hankkivat verkkolaiteratkaisunsa suurilta

²² <https://www.gsma.com/connectivity-for-good/spectrum/private-fashion-vertical-set-asides-versus-spectrum-capacity-for-operators/>

²³ https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/13fb2669-4043-4a3f-8de9-d4ddef2ac71c/fba8d1f1-c02f-4619-bd4f-fab495d66d66/KIRJE_20180711055000.PDF



kansainvälisiltä laitevalmistajilta, kun taas pienemmät paikallisverkkotarjontaan erikoistuneet yritykset voivat hankkia laitteita myös pienemmiltä laitevalmistajilta. Suurempi määrä toteutuksia tarjoavia toimijoita edistää toimivan markkinan kehitystä ja kustannustehokkaita paikallisverkkoratkaisuja niitä tarvitseville tahoille.

Paikallisverkot palveluna on teknisesti toimiva ja koeteltu konsepti. Monelle teolliselle tai muulle paikalliselle toimijalle se on muutenkin käypä ratkaisu, mikä nähdään jo nykyisessä markkinarakenteessa. Osa toimijoista kuitenkin tarvitsee tai haluaa täysin itsenäisen ratkaisun ja mahdollisuuden esimerkiksi määrittää verkon tekniset ratkaisut, käyttöoikeudet ja verkon hallinnan itsenäisesti. Osa paikallisten taajuuksien kysynnästä kohdistuu varmasti tällaisiin ratkaisuihin. Myös sääntelyssä verkkotason kilpailua pidetään usein tavoiteltavana, ja paikalliset taajuudet tukevat myös tätä tavoitetta. 3,5 GHz:n toimiluvissa olevaa vuokrausvelvoitetta voidaan pitää eräänlaisena perälautana, mutta yksin sellaisen varaan tuskin kannattaa jäädä.

7.3.3.3 *Vaihtoehtoinen laajakaistatarjonta*

Taajuusalueen 3800–4200 MHz allokointi paikalliseen käyttöön parantaisi laajakaistan tarjonnan edellytyksiä. Se avaisi markkinaa niin, että useammalla yrityksellä olisi mahdollisuus tarjota FWA-palveluja. Ja kapasiteettia olisi siis selvästi enemmän kuin nykyisinkin käytössä olevalla 2,3 GHz:n alueella. Tämä lisäisi kilpailua markkinoilla, mikä puolestaan voisi johtaa tarjonnan lisääntymiseen. Vaikutus syntyisi lähinnä markkinadynamiikasta, sillä esimerkiksi itsenäisillä kuituverkon operaattoreilla ja yleensä vaihtoehtoisilla toimijoilla voi olla parempi motivaatio tarjota FWA-palveluja kuin jo tällä hetkellä sekä kiinteän että matkapuhelinverkon laajakaistaa tarjoavilla yhtiöillä.

Skenaarioiden oletukset jättävät paikalliset toimijat valtakunnallisia toimijoita heikompaan asemaan, koska paikalliset toimijat saavat käyttää vain matala- ja keskitehoisia lähettimiä. Silti tällaisellakin rajoituksella esimerkiksi Britanniassa on syntynyt vaihtoehtoisia FWA-toimijoita. Tällaisia ovat esimerkiksi maaseutukohteisiin keskittyvät kuituverkko-operaattorit Airband²⁴ ja Quicline²⁵, jotka täydentävät tarjontaansa FWA-palveluilla. Molemmilla on radiolupia 3800–4200 MHz:n alueella²⁶ ja ainakin Quicline nimenomaisesti toteaa, että FWA-toteutus perustuu näihin Shared Access -lupiin.

Kansalliset matkaviestinverkko-operaattorit tarjoavat FWA-palveluja jo nyt mm. 3,5 GHz:n taajuusalueella ja ne voivat hyödyntää suurempia tehoja. Jos vaihtoehtoja tarkastellaan tuotantoteknisesti, maanlaajuisilla taajuuksilla toimivat operaattorit ovat vahvoilla. Tämä johtuu siitä, että maanlaajuisessa allokoinnissa sallitaan suuremmat lähetystehot ja siksi taajuuksien tuotannollinen potentiaali on suurempi. Maanlaajuisessa allokoinnissa toteutusten tehokirjo voi vaihdella matalasta korkeaan, kun se paikallisessa voi vaihdella vain matalasta keskitehoiseen. Siten paikallisen allokoinnin toteutuksilla ei voi tehdä oikein mitään sellaista, mitä ei voisi tehdä myös maanlaajuisen allokoinnin toteutuksilla.

Paikallisen allokoinnin edut eivät synny tuotannollisista tekijöistä. Edut syntyvät markkinadynamiikan muutoksesta. FWA-palveluja voi tarjota useampi toimija ja ne voivat tarjota palveluja uusilla tavoilla tai uusilla alueilla. Uusien toimijoiden motiivi investoida on erilainen nykyisiin toimijoihin verrattuna ja myös niiden investointilaskelmien oletukset ovat erilaisia. Uusille toimijoille kaikki tulot ovat inkrementaalisia, kun taas olemassa oleville toimijoille esimerkiksi FWA-rakentaminen voi osin tarkoittaa nykyisten tulojen uhraamista tai päällekkäisen tuotannon rakentamista.

Suomessa tällaisia vaihtoehtoisia laajakaistaverkkoja tarjottiin ainakin 2000-luvulla, ja Wimax-verkkoja rakennettiin mm. Savossa, Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla²⁷. Joidenkin ennusteiden

²⁴ <https://www.airband.co.uk/technology/fixed-wireless-broadband/>

²⁵ <https://quickline.co.uk/blog/news/uks-first-broadband-provider-to-deliver-5g-sa-cloud-native-open-ran-solution/>

²⁶ <https://www.ofcom.org.uk/spectrum/frequencies/spectrum-information-portal>

²⁷ <https://www.is.fi/digitoday/mobiili/art-2000001452538.html> & <https://yle.fi/a/3-5216764>



mukaan Wimax-verkoilla oli jopa loistoajat edessään vuonna 2006²⁸, mutta todellisuudessa ne eivät koskaan saaneet merkittävää jalansijaa, mobiililaajakaista vei voiton. Nyt vaihtoehtoisille verkoille avautuu uusi mahdollisuus, ja niillä on mahdollisuus tarjota kilpailukykyistä kapasiteettia. Lisäksi tekniikka ja päätelaitteet ovat samoja kuin mobiililaajakaistassakin.

7.3.4 Inkrementaalinen taloudellinen hyöty

7.3.4.1 Nollasummapeli

Taajuudet ovat niukka luonnonvara ja siten niiden allokoinnissa on taajuuksien määrän suhteen kyse nollasummapelistä. Jos taajuus allokoidaan paikalliseen toimintaan, se on pois maanlaajuisesta toiminnasta (kuten edellä keskusteltiin, maanlaajuinen allokaatio sen sijaan ei ainakaan täysin estä paikallista käyttöä). Tämä asetelma aiheutti jonkin verran jännitteitä esimerkiksi Saksassa vuonna 2019, kun taajuusalueen 3400–3800 MHz ylin 100 MHz päätettiin varata paikalliseen käyttöön. Sääntelyviranomaisen mukaan oli tavoiteltavaa, että teolliset toimijat saattoivat hyödyntää 5G-tekniikan etuja matkapuhelinoperaattoreista riippumatta²⁹:

“Industrial users can use the potential and technical advantages of 5G without having to resort to public mobile networks. Germany is one of the global pioneers in the private use of 5G. Here we lay the foundation for disruptive change. The local frequencies now allow companies to build their own network from day one. For example, for car makers local frequencies mean a chance to gain independence from traditional telecom providers, and build mobile networks disconnected from the Internet. Thus, car makers would not have to rely on German carriers’ future 5G network infrastructure. This, according to the authority, offers a whole new level of security.”

Markkinamurros tunnetusti kohtelee eri toimijoita eri tavoin. Myös Saksassa matkapuhelinoperaattorit olisivat mieluiten ottaneet koko taajuuskaistan 3400–3800 MHz omaan käyttöönsä, ja valittivat mm. sitä, että varaus paikallisverkoille loi keinotekoista niukkuutta, mikä nosti taajuuksien hintaa huutokaupassa³⁰. Kritiikin ymmärtää ainakin siinä mielessä, että huutokauppa osoittautui kilpailulliseksi ja kokonaishinta nousi 4,2 miljardiin euroon.

7.3.4.2 Inkrementaalinen hyöty paikallisessa ja maanlaajuisessa käytössä

Suomessa kaikilla kolmella suurella matkaviestinverkko-operaattorilla on mittava taajuusportfolio ja lisäksi kaikilla on tasapainoinen portfolio matalia taajuuksia, keskitaajuuksia ja korkeita taajuuksia. Tämä on melko laajasti vallitseva tilanne kehittyneillä eurooppalaisilla markkinoilla. Suomessa harva asutus aiheuttaa ehkä monia muita maita vähemmän paineita taajuuksien riittävyyden suhteen. Vaikka taajuusportfolio kokonaisuudessaan on operaattoreille eksistentiaalinen kysymys, yksittäisen lisätaajuuden arvoa on vaikeampi arvioida.

Suurella varmuudella voidaan arvioida, että vähenevien rajahyötyjen laki pätee: lisätaajuuksien tuottama rajahyöty on alhaisempi kuin jo olemassa olevien taajuuksien. Näin vielä selvemmin, kun operaattoreilla on jo keskitaajuusalueella 100 MHz:n kaistanleveydet mahdollistavat allokaatiot. Vähenevien rajahyötyjen laki pätee myös paikalliseen allokaatioon.

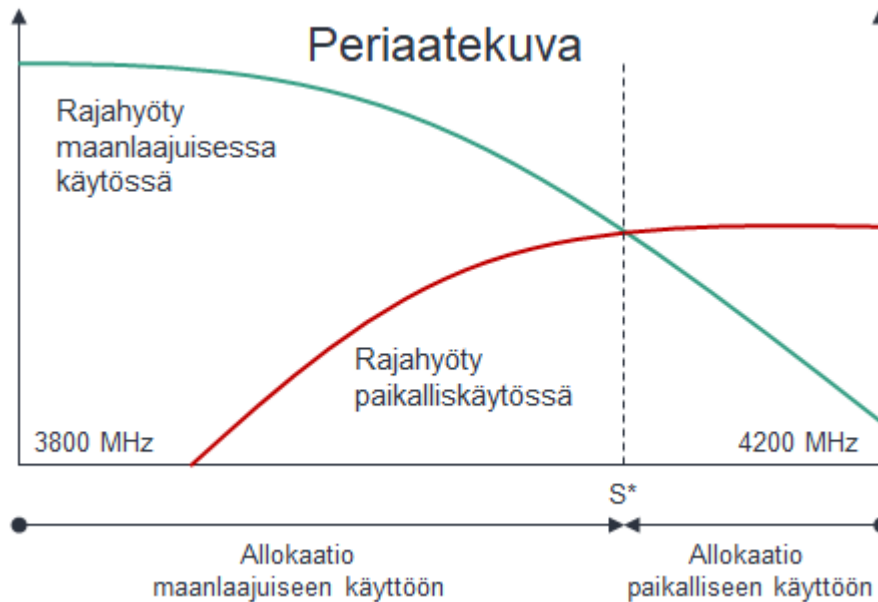
Tämän tarkastelun skenaarioissa on kyse nimenomaan valinnasta paikallisen ja maanlaajuisen allokaation välillä: tulisiko taajuusalue 3800–4200 MHz allokoida kokonaan paikalliseen käyttöön vai tulisiko se osin allokoida maanlaajuisen käyttöön. Tässä valinnassa allokaatio toiselle on toiselta pois. Olennaista on arvioida taajuuksien tuomaa rajahyötyä vaihtoehtoisissa käyttötarkoituksissa:

²⁸ <https://www.is.fi/taloussanomat/art-2000001455593.html>

²⁹ <https://www.rcwireless.com/20191121/5g/germany-opens-process-for-private-5g-licenses>

³⁰ Ks. esim. <https://www.telecomtv.com/content/5g/german-telcos-take-turns-to-lambaste-newly-concluded-5g-auction-35477/>

optimaalinen allokaatio löytyy pisteessä, jossa rajahyödyt ovat yhtä suuria. Tätä havainnollistaa seuraava periaatekuva³¹.



Kuva 6. Periaatekuva rajahyötyjen arvioinnista taajuuksien allokoitipäätösten tueksi

On syytä korostaa, että kuvassa asiaa tarkastellaan periaatetasolla. Kuvasta ei siis voi päätellä mitään optimaalisesta allokaatiosta juuri tässä tapauksessa. Käytännön tasolla haaste on siinä, että rajahyötyjen arviointi on vaikeaa, käytännössä mahdotonta ainakin sääntelyviranomaiselle tai ylipäätään operaattoreiden tai paikallisia verkkoja hyödyntävien yritysten liiketoiminnasta irrallisessa selvityksessä. Rajahyötyjä voidaan oikeastaan mitata vain markkinamekanismeilla, jossa toimijoiden on punnittava lisätaajuuksien tuomia rajahyötyjä ja rajakustannuksia osana investointipäätöksiään. Kuten edellä keskusteltiin, edes maanlaajuisten taajuuksien huutokaupat eivät useinkaan paljasta taajuuksien todellista arvoa. Paikallisten taajuuksien kohdalla arvoa on vielä vaikeampi arvioida, koska radioluvat myönnetään ilman mitään markkinamekanismia ja koska arvo syntyy useimmiten teollisten prosessien optimoinnista, ei verkoista itsestään. Jos kuitenkin uskotaan paikallisten verkkojen tukevan neljättä teollista murrosta, niiden arvo taloudelle voi olla hyvin mittava.

Allokaatiovalintojen kannalta on lupaavaa, että täysin toisensa poissulkevaa valintaa paikallisen ja maanlaajuisen allokaation välillä ei todennäköisesti ole tarpeen tehdä. Ei ainakaan välittömästi tai edes lähivuosina. Maanlaajuisessa käytössä ei ole taajuuksista niukkuutta ainakaan tällä hetkellä eikä kiirettä lisäallokointiin siten ole. Paikalliskäytössä niukkuutta on, mutta toisaalta nykyinen käyttö ei viittaa siihen, että koko taajuusalue tarvittaisiin. Useimmiten käyttö on nimenomaan paikallista, joten moni toimija voi hyödyntää samoja taajuuksia. Vaikka allokointi siten olisikin nollasummapeleä, ei ole tarpeen hakea täyttä allokaatiota kumpaankaan suuntaan.

7.3.4.3 Varmuusekvivalenssi (*Certainty equivalent*),

Allokaatiota paikallisen ja maanlaajuisen käytön välillä voidaan lähestyä myös ns. varmuusekvivalenssin avulla. Maanlaajuisesta käyttöä voidaan pitää tunnettuna toimintana, ja lisätaajuuksien avulla operaattoreiden voisi odottaa jatkavan mobiilipalvelujen tarjontaa ja kehitystä nykyiseen tapaan. Suomi pärjää matkaviestinmarkkinoiden kansainvälisissä vertailuissa hyvin, ja markkinaa voidaan siten pitää toimivana. Lisätaajuuksien avulla operaattorit saisivat lisää yhtä

³¹ Teorialähteenä hyödynnetty kirjaa Martin Cave, Chris Doyle & William Webb 2007. Essentials of modern spectrum management.



tuotannontekijää, palvelutaso ehkä jonkin verran kohentuisi ja operaattorit voisivat tarjota myös paikallisia palveluja nykyistä laajemmin. Toisaalta markkinassa ei haettaisi murrosta tai muutenkaan erityistä muutosta.

Paikallinen toiminta suuressa mittakaavassa on vielä katsomaton kortti. Se voi tarjota potentiaalia murrokseen ja se voi johtaa merkittävään tuotannon tehostumiseen teollisuudessa ja laajasti yhteiskunnassa. Tämä näkyy esimerkiksi Ofcomin esittämissä perusteluissa: “Local access to these bands [mm. 3800–4200 MHz] could support growth and innovation across a range of sectors, such as manufacturing, enterprise, logistics, agriculture, mining and health.” Samoin Saksan viranomaisen esittämissä perusteluissa paikallisen allokation puolesta: “Germany is one of the global pioneers in the private use of 5G. Here we lay the foundation for disruptive change.” Toisaalta odotukset voivat osoittautua ylioptimistisiksi. Odotusten vaihteluväli on siis suurempi kuin maanlaajuisessa allokatiossa, riski on suurempi.

Valinta paikallisen ja maanlaajuisen allokation välillä riippuu osin siis suhtautumisesta riskiin. Jos suhtautuminen on neutraalia, paikallisen allokation tuoman hyödyn odotusarvon pitäisi olla vähintään yhtä suuri kuin varmana pidetyn maanlaajuisen allokation. Jos taas on valmis ottamaan riskejä, allokatiota voi siirtää enemmän paikalliseen suuntaan. Onneksi täysin toisensa poissulkevaa valintaa paikallisen ja maanlaajuisen allokation välillä ei todennäköisesti ole tarpeen tehdä.