

# Väestön altistuminen matkapuhelintukiasemien radiotaajuisille kentille Suomessa

Sami Kännälä



# Väestön altistuminen matkapuhelintukiasemien radiotaajuisille kentille Suomessa

Sami Kännälä

ISBN 978-952-309-023-1 (pdf)  
ISSN 1796-7171

---

*KÄNNÄLÄ Sami*

**Avainsanat:** radioaalto, matkapuhelin, tukiasema, tehotiheys, altistumissuhde, SAR.

## Alkusanat

Asuntojen lähellä sijaitsevien tukiasemien säteily herättää huolta ihmisissä. Säteilyturvakeskus teki vuosien 2010 ja 2012 välillä mittauskampanjan, jossa arvioitiin tukiasemien radiotaajuisille kentille altistumista asunnoissa. Mittauskampanjan avulla haluttiin saada kattavampi kuva tukiasemien aiheuttamasta väestön altistumisesta. Mittauksia tehtiin asuntojen lisäksi kouluissa, työpaikoilla ja yhdessä päiväkodissa. Mittauskohteiksi valittiin paikkoja, joissa tukiasemien arvioitiin aiheuttavan keskimääräistä suuremman radiotaajuisen kentän. Tässä raportissa kerrotaan taustatietoa radioaalloista ja tukiasemista, esitellään mittauskampanjan päätulokset sekä käytetty mittauslaitteisto, -asetukset ja -menetelmä.

# Sisällysluettelo

ALKUSANAT	3
1. JOHDANTO	5
2. YLEISTÄ RADIOAALLOISTA	6
3. RADIOAALTOJEN TERVEYSVAIKUTUKSET JA VÄESTÖÄ KOSKEVAT RAJA-ARVOT	7
4. MATKAPUHELINJÄRJESTELMÄT	8
4.1 Matkapuhelinjärjestelmien taajuudet	8
4.2 Tukiasema-antennit ja tukiasemien luokittelu	9
4.3 Tukiaseman aiheuttaman tehотиheyden laskennallinen arviointi	10
5. MITTAUKSET	11
5.1 Mittauskalusto ja -asetukset	11
5.2 Mittauskohteet	11
5.3 Mittausten suoritustapa ja tulosten käsittely	12
6. MITTAUSTULOKSET	13
6.1 Mittausepävarmuus	14
7. JOHTOPÄÄTÖKSET	15
8. LÄHDELUETTELO	16

# 1. Johdanto

Lähes jokainen suomalainen omistaa nykyään matkapuhelimen. Lisääntyneiden käyttäjämäärien ja tiedonsiirtotarpeiden myötä tukiasemien määrä on kasvanut. Matkapuhelinverkko kattaa käytännössä koko Suomen, jolloin lähes mistä tahansa pisteestä mitattuna parin kilometrin säteellä on vähintään yksi tukiasema.

Liikenne matkapuhelinten ja tukiasemien välillä hoituu radioaaltojen avulla. Tukiasemat on sijoitettu yleensä taajamien ulkopuolella mastoihin

ja kaupungeissa kerrostalojen katoille eli paikkoihin, joihin väestöllä ei ole pääsyä.

Väestön altistuminen tukiasemien radiotaajuisille kentille on hyvin pientä. STUKin tekemien mittausten perusteella tukiasemien aiheuttamat radiotaajuiset kentät ovat asunnoissa suurimmillaankin alle prosentin verran enimmäisarvoista. Tämän tasoinen altistuminen ei nykytiedon mukaan aiheuta haitallisia terveysvaikutuksia, vaikka altistuminen olisi pitkäkestoista.

## 2. Yleistä radioaalloista

Radioalloiksi kutsutaan sähkömagneettisen (SM) spektrin osaa, joka kattaa taajuudet välillä 100 kHz–300 GHz (kuva 1). Radioaalloja hyödyntävät muun muassa matkapuhelimet, niiden tukiasemat ja langattomat verkot kuten WLAN. Taajuustasossa radioaaltojen alapuolella ovat pientaajuiset ja staattiset sähkö- ja magneettikentät ja yläpuolella infrapunasäteily sekä näkyvä valo. Radioaallot ovat ionisoimatonta säteilyä eli säteilyn energia ei riitä irrottamaan elektroneja väliaineen atomeista, joten radioaallot eivät esimerkiksi voi vaurioittaa DNA:ta samalla tavalla kuin ionisoiva säteily (muun muassa röntgen- ja gammasäteily).

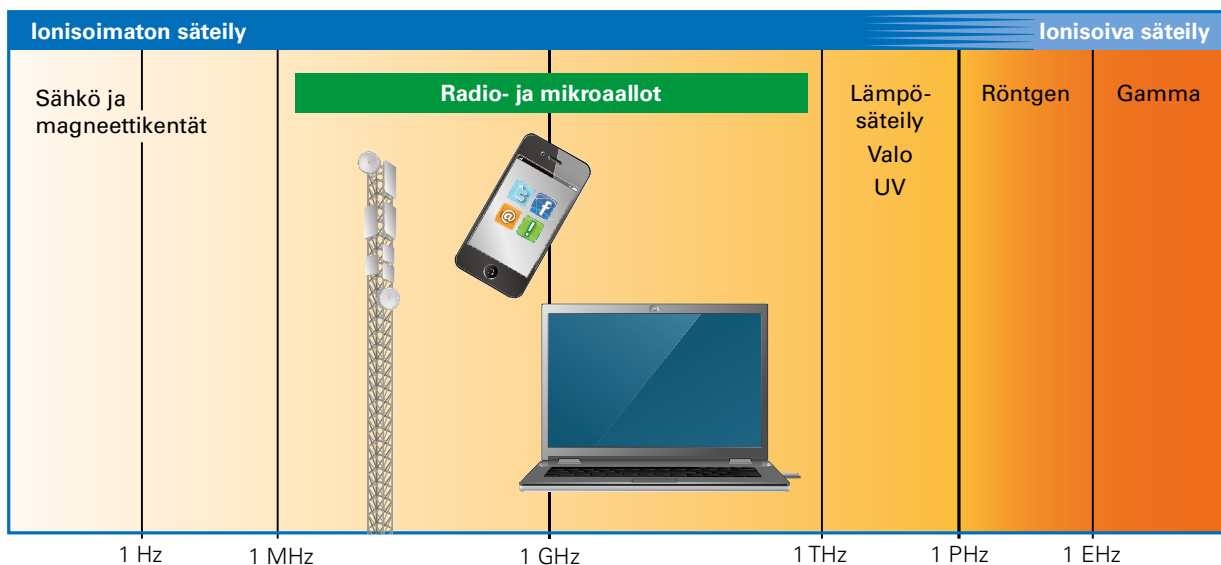
Radioaaltojen etenemisnopeus riippuu väliaineesta. Radioaallot etenevät vapaassa tilassa valon nopeudella, joka on ilmassa noin  $3 \cdot 10^8$  m/s. Aallonpituus ( $\lambda$ ) voidaan määrittää taajuuden ( $f$ ) ja valon nopeuden ( $c$ ) avulla.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (\text{kaava 1})$$

Radioaallot kuljettavat mukanaan energiaa, jota kuvataan tehotiheydellä. Tehotiheyden yksikkö on  $W/m^2$ . Kaukana radioaaltojen lähteestä (kaukokentässä) tehotiheys ( $S$ ) voidaan laskea sinimuotoiselle kentälle sähkö- ja magneettikentän voimakkuuksien ( $E$  ja  $H$ ) tulona. Lähteen lähellä (lähikentässä) kentänvoimakkuuksista laskettu tehotiheys ei kuvaa altistumista, koska sähkö- tai magneettikentän voimakkuus voi olla nolla toisen ollessa hyvin suuri. Lähikentässä voidaan käyttää kentänvoimakkuuksien lisäksi sähkö- tai magneettikentän ekvivalenttista tehotiheyttä ( $S_E$  ja  $S_H$ ), joka lasketaan kentänvoimakkuuksista ja kaukokentän aaltoimpedanssista ( $Z_0 = 377 \Omega$ ). Kaukokentässä kaavat 2 ja 3 antavat saman tuloksen.

$$S_E = \frac{E^2}{Z_0} \quad (\text{kaava 2})$$

$$S_H = H^2 Z_0 \quad (\text{kaava 3})$$



Kuva 1. Sähkömagneettisen säteilyn spektri

### 3. Radioaaltojen terveysvaikutukset ja väestöä koskevat raja-arvot

Radioaaltojen tunnetut terveysvaikutukset johtuvat aaltojen energian imeytymisestä kehoon ja sen aiheuttamasta lämpötilan noususta kudoksissa. Aineenvaihdunta pyrkii poistamaan ylimääräisen lämpötehon kudoksista verenkiertoa kiihdyttämällä ja lopulta kehosta pois muun muassa hikoilun avulla. Terveyshaittoja syntyy, mikäli radioaaltojen aiheuttamaa ylimääräistä lämpökuormaa ei pystytä poistamaan kehosta.

Radioaaltojen mahdolliset terveysvaikutukset aiheutuvat välittömästi. Aaltojen energia ei kerry elimistöön, joten pitkäkestoinen altistuminen heikoille radiotaajuisille kentille ei ole nykytiedon mukaan haitallista. Tunnetuista haitallisista terveysvaikutuksista on johdettu väestöä koskevat altistumisen enimmäisarvot, jotka sisältävät suuren turvamarginaalin.

Euroopan unionin neuvosto antoi vuonna 1999 suosituksen (1999/519/EY) väestöön kohdistuvien sähkömagneettisten kenttien aiheuttaman altistumisen rajoittamiseksi taajuuksilla 0–300 GHz. Neuvoston suositus perustuu kansainvälisen riippumattoman asiantuntijakomission ICNIRPin (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) suosittelemiin ohjearvoihin. Suomessa

neuvoston suositus vahvistettiin vuonna 2002 sosi- aali- ja terveysministeriön asetuksella (294/2002) kansallisiksi enimmäisarvoiksi.

Radiotaajuisille SM-kentille altistumista rajoite- taan ominaisabsorptionopeuden (SAR) avulla. SAR kuvaa kudoksiin absorboituvaa radiotaajuista tehoa massayksikköä kohden (W/kg). Perusrajoituksista (taulukko 1) on johdettu ulkoista kentänvoimak- kuutta ja ekvivalenttista tehotiheyttä koskevat viitearvot helpottamaan altistumisen arviointia käytännön tilanteissa (taulukko 2). Perusrajoituk- set eivät ylity missään tilanteessa, kun ulkoinen kentänvoimakkuus on viitearvojen alapuolella.

Sähkömagneettiselle kentälle altistuminen tulee määrittää kokonaisaltistumisena (kaava 4), koska kenttä voi sisältää useita taajuuskomponentteja. Kokonaisaltistumista voidaan arvioida vertaamalla kunkin taajuista tehotiheyden arvoa ( $S_i$ ) kyseisen taajuuden viitearvoon ( $S_{VA,i}$ ) ja summaamalla saa- dut suhdeluvut keskenään. Summattu suhdeluku saa olla korkeintaan 1.

$$\sum_i^n = \frac{S_i}{S_{VA,i}} \leq 1 \quad (\text{kaava 4})$$

**Taulukko 1.** Väestön altistumista koskevat perusrajoitukset taajuuksilla 10 MHz –10 GHz

Taajuus	Keskimääräinen SAR (W/kg)	Paikallinen SAR, pää ja vartalo (W/kg)	Paikallinen SAR, raaja (W/kg)
10 MHz –10 GHz	0,08	2	4

*Ominaisabsorptionopeus määritetään keskiarvona kuuden minuutin ajalta.*

*Paikallisilla SAR-arvoilla tarkoitetaan kymmenen gramman (10 g) kudossmassan keskiarvoja.*

**Taulukko 2.** Väestön altistumista koskevat viitearvot taajuuksilla 10 MHz – 300 GHz.  $f$  on taajuus hertseinä (Hz).

Taajuusalue	Sähkökentän voimakkuus (V/m)	Magneettikentän voimakkuus (A/m)	Ekvivalenttinen tehotiheys (W/m <sup>2</sup> )
10–400 MHz	28	0,073	2
400–2000 MHz	$1,38 \cdot 10^{-3} f^{1/2}$	$3,7 \cdot 10^{-6} f^{1/2}$	$0,5 \cdot 10^{-6} f$
2–300 GHz	61	0,16	10

*Taajuusalueella 100 kHz–10 GHz kentänvoimakkuudet lasketaan kuuden minuutin keskimääräisenä tehollisarvona.*



## 4. Matkapuhelinjärjestelmät

Suomen ensimmäinen matkapuhelinjärjestelmä oli 150 MHz taajuusalueella toiminut Autoradiopuhelin (ARP), joka aloitti toimintansa vuonna 1971. NMT-verkko (Nordisk Mobil Telefon) otettiin käyttöön 450 MHz taajuusalueella vuonna 1982. NMT-verkkoa laajennettiin 900 MHz taajuusalueelle vuonna 1987 turvaamaan taajama-alueiden kapasiteettitarpeet.

Suomessa on ollut vuodesta 1992 lähtien käytössä 900 MHz taajuusalueella toimiva digitaalinen GSM 900 -matkapuhelinjärjestelmä (alun perin Groupe Spécial Mobile, nytemmin Global System for Mobile Communications). Käyttäjämäärän lisääntyessä järjestelmän rinnalle otettiin taajamissa käyttöön korkeampitaajuinen GSM 1800 -järjestelmä.

Lisääntyneiden tiedonsiirtotarpeiden myötä otettiin vuonna 2004 käyttöön noin kahden gigahertsin (2 GHz) taajuudella toimiva UMTS-järjestelmä (Universal Mobile Telecommunications System), jota kutsutaan kolmannen sukupolven (3G) matkapuhelinjärjestelmäksi. Vuonna 2007 matkapuhelinverkkoa täydennettiin 900 MHz taajuusalueella toimivalla UMTS-järjestelmällä, jonka avulla saadaan aikaan suurempi peittoalue ja suuremmat tiedonsiirtonopeudet haja-asutusalueille.

Neljännän sukupolven LTE-matkapuhelinjärjestelmä (Long Term Evolution) on ollut kuluttajien käytössä vuodesta 2010 lähtien muutamassa suuremmassa kaupungissa. LTE-järjestelmää on sittemmin laajennettu myös pienempiin asutuskeskuksiin. Tällä hetkellä LTE on ainoastaan datansiirtokäytössä, jolloin puhelut kulkeutuvat muiden järjestelmien kautta. Kasvavien tiedonsiirtotarpeiden takia myös 800 MHz taajuuskaista otetaan LTE-järjestelmän käyttöön lähivuosina.

### 4.1 Matkapuhelinjärjestelmien taajuudet

Suomessa käytössä olevien matkapuhelinjärjestelmien tukiasemien taajuudet ovat:

- GSM (925–960 MHz, 1805–1880 MHz)
- UMTS (925–960 MHz, 2110–2170 MHz)
- LTE (1805–1880 MHz, 2620–2690 MHz, 791–821 MHz\*)

\*Taajuushuutokauppa päättyi 30.10.2013.

Väestöä koskevat altistumisen viitearvot poikkeavat toisistaan eri matkapuhelinjärjestelmille. Viitearvot eri järjestelmille on esitetty taulukossa 3.

**Taulukko 3.** Väestön altistumista koskevat tehottiheyden viitearvot Suomessa käytössä olevilla matkapuhelinjärjestelmien tukiasemataajuuksilla.  $f$  on taajuus hertseinä (Hz).

Matkapuhelinjärjestelmä	Keskitaajuus (MHz)	Ekvivalenttinen tehottiheys (W/m <sup>2</sup> )
GSM	942,5	4,7
	1842,5	9,2
UMTS	942,5	4,7
	2140,0	10,0
LTE	806,0	4,0
	1842,5	9,2
	2655,0	10,0

## 4.2 Tukiasema-antennit ja tukiasemien luokittelu

Matkapuhelinverkkojen tukiasemat luokitellaan erilaisiin solukokoihin niiden kuuluvuusalueen perusteella (taulukko 4). Suurin osa Suomessa käytettävistä tukiasema-antenneista on sektoriantenneja, jotka lähettävät radiotaajuista säteilyä vain yhteen sektoriin. Antennit kiinnitetään yleensä talojen katoille, seinille tai mastoihin. Tukiasemat eivät juuri säteile muihin suuntiin kuin suoraan eteenpäin. Tästä johtuen tehottiheydet antennien ala- ja yläpuolella tai takana olevissa tiloissa ovat melko pienet.

Makrosolujen tukiasemissa käytetään suurimpia lähetystehoja ja niiden toimintasäde on suurin. Väestöä koskevat enimmäisarvot voivat ylittyä noin kymmenen metrin etäisyydellä suoraan antennin edessä. Antennit sijoitetaan yleensä taajamissa ja maaseudulla mastoihin ja kaupungeissa kerrostalojen katoille, jolloin väestöllä ei ole pääsyä niiden läheisyyteen. Makrosolujen antennit ovat korkeita kapeita elementtejä, jotka muodostavat matalan ja

leveän viuhkamaisen keilan antennin etupinnan suuntaan (kuva 2). Viuhkamaisen keilan ansiosta tukiaseman peittoalue on laaja. Antennien 3 dB keilanleveys on vaakatasossa tyypillisesti 60–70°. Pystysuunnassa keilanleveys on tyypillisesti pienempi kuin 10°.

Mikrosolujen tukiasemat hoitavat kaupungeissa liikennettä muutamien satojen metrien säteellä. Lähettimien tehot ovat muutamia watteja, jolloin altistumisen enimmäisarvot voivat ylittyä vain muutaman kymmenen sentin etäisyydellä antennin edessä. Mikrosolujen antennit ovat matalampia kuin makrosolujen, jolloin niiden säteilykeila on korkeampi. Antennit osoittavat yleensä alaviistoon katolta tai talon seinältä.

Pikosolujen tukiasemilla saadaan parempi kuuluvuus katvealueille kuten rakennusten sisätiloihin tai sisäpihoille. Lähetystehot ovat vain satojen milliwattien luokkaa. Pikosolujen aiheuttama altistuminen ei ylitä enimmäisarvoja edes kosketusetäisyydellä. Pikosolujen tukiasemat ovat pienikokoisia elementtejä, jotka on kiinnitetty tavallisesti seinälle katon rajaan.

Taulukko 4. Tukiasemien luokittelu

	<b>Makrosolu</b>	<b>Mikrosolu</b>	<b>Pikosolu</b>
<b>Toimintasäde</b>	Useita kilometrejä	100–1000 m	Alle 100 m
<b>Lähetysteho</b>	Enimmillään muutama sata wattia	Muutamia watteja	Alle 1 W
<b>Antennin sijainti</b>	Katoilla, mastoissa	Katoilla, seinillä	Sisäkatoissa, seinillä
<b>Käyttöalue</b>	Taajama, maaseutu, kaupunki	Kaupunki	Tiivis kaupunkirakentaminen, rakennusten sisätilat
<b>Etäisyys, jolla altistuminen saattaa ylittää enimmäisarvot</b>	Noin 10 m (antennin edessä)	Alle 30 cm (antennin edessä)	Ei edes kosketusetäisyydellä



Kuva 2. Makrosolun tukiaseman säteilykeila

### 4.3 Tukiaseman aiheuttaman tehotiheyden laskennallinen arviointi

Radioaallot vaimenevat nopeasti edetessään ilmassa. Kaukokentässä tukiaseman aiheuttamaa tehotiheyttä voidaan arvioida yksinkertaisen kaavan avulla.

$$S = \frac{PG}{4\pi r^2} \quad (\text{kaava 5})$$

Kaavassa  $P$  on antennin lähetysteho,  $G$  antennin vahvistus pääkeilan suuntaan ja  $r$  etäisyys. Lähi-kentässä kaava yliarvioi tehotiheyden.

## 5. Mittaukset

### 5.1 Mittauskalusto ja -asetukset

Matkapuhelintukiasemien aiheuttama altistuminen sisältää yleensä useita taajuuskomponentteja. Samanaikaisesti voidaan altistua monen tukiaseman tai matkapuhelinjärjestelmän aiheuttamalle säteilylle. Yksittäinen tukiasema voi myös palvella useaa asiakasta kerrallaan, jolloin useita kanavia on samanaikaisesti käytössä.

Kaikki projektin mittaukset suoritettiin taajuusselektiivisellä mittaumenetelmällä, jolloin voidaan tarkastella kunkin taajuuskomponentin aiheuttamaa altistumista ja vertailla eri matkapuhelinjärjestelmien aiheuttamaa altistumista. Sähkömagneettisille kentille altistumista arvioitiin kussakin kohteessa kaavan 4 mukaisesti ottaen huomioon kaikki matkapuhelintukiasemien aiheuttamat taajuuskomponentit.

Mittalaitteena käytettiin kannettavaa spektrianalysaattoria (Narda SRM3000, taajuusalue 100 kHz – 3 GHz), johon oli kiinnitetty laajakaistainen isotrooppinen mittapää (taajuusalue 75 MHz – 3 GHz). Mittalaite (kuva 3) kiinnitettiin kolmijalkaan, jotta laite pysyisi tarkasti paikoillaan mittauksen aikana.



**Kuva 3.** Mittauksissa käytetty kannettava spektrianalysaattori

Spektrianalysaattorin resoluutiokaistanleveydeksi (RBW, resolution bandwidth) asetettiin kullekin matkapuhelinjärjestelmälle parhaiten soveltuva arvo. GSM-järjestelmille RBW:ksi asetettiin 200 kHz, joka vastaa yhden GSM-kanavan varaa- maan taajuusikkunaa. UMTS-järjestelmälle käytettiin laitteessa olevaa dekooderia, jonka avulla monimutkaisen UMTS-signaalin aiheuttamaa altistumista voidaan verrata suoraan viitearvoihin. Spektrianalysaattorissa ei ole LTE-signaalille dekooderia. LTE-mittauksissa käytettiin mahdollisimman tarkkaa RBW:tä ja saadut tulokset integroitiin LTE-signaalin varaaman taajuusikkunan yli. Integraalitulosta verrattiin signaalin keskitaajuuden viitearvoon.

Mittauksissa käytettiin max hold -toimintoa, jonka avulla laite tallentaa kunkin taajuuskomponentin suurimmat arvot tarkastelujakson ajalta. Tarkastelujakso oli kullekin mittaukselle niin pitkä, että mittaustulos tasaantui. Yleensä tähän riitti noin puolen minuutin tarkastelu. Max hold -toimintoa käyttämällä saadaan konservatiivinen arvio altistumisesta tarkastelujakson ajalta, koska toiminto tallentaa eritaajuisten komponenttien huippuarvot, vaikka ne eivät todellisuudessa olisi- kaan samanaikaisia. Tästä johtuen projektissa tehdyt mittaukset vastaavat riittävän hyvin tilannetta, jossa hetkellinen mittaus skaalattaisiin tukiaseman maksimiliikennemäärälle.

### 5.2 Mittauskohteet

Projektissa mitattiin Suomessa käytössä olevien matkapuhelinjärjestelmien tukiasemien aiheuttamaa altistumista erilaisissa ympäristöissä. Suurin osa mittauksista suoritettiin vuosien 2011 ja 2012 aikana. Muutama mittaus on vuodelta 2010.

Mittauskohteiksi valikoitui erityisesti paikkoja, joissa tukiasemien aiheuttama altistuminen voi olla hieman keskimääräistä suurempi. Tällaisia

paikkoja ovat huoneistot, joiden lähellä sijaitsee tukiasema-antenni. Suurin osa kohteista on valittu kansalaisten kyselyiden perusteella. Muutamassa kohteessa ei ollut tietoa lähimpien antennien sijainnista. Mittauskohteita oli yhteensä 74. Mittauksia tehtiin yhdeksässä kunnassa Uudellamaalla, Pirkanmaalla ja Varsinais-suomessa. Mittauskohteita oli sekä kaupunki- että haja-asutusalueilla.

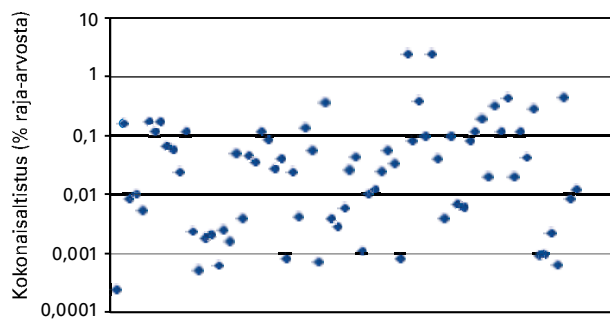
Suurin osa mittauksista tehtiin kerrostaloyhtiöissä, joiden katolle oli asennettu tukiasema-antenneja. Muutamassa kerrostalokohteessa antennit sijaitsivat viereisen talon katolla tai seinällä. Mittauksia tehtiin myös viiden koulun ja yhden päiväkodin sisä- ja ulkotiloissa. Näiden lisäksi mittauksia tehtiin kolmella työpaikalla ja kolmen tukiasemamaston lähistöllä.

### 5.3 Mittausten suoritustapa ja tulosten käsittely

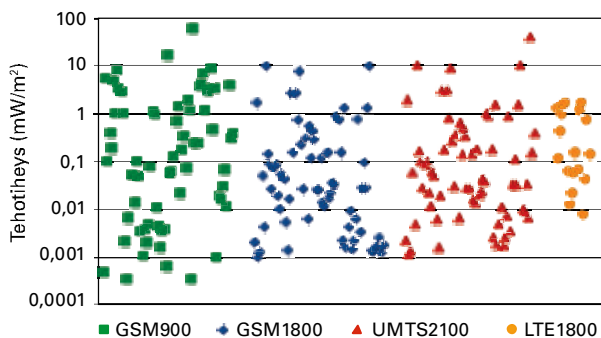
Mittaukset tehtiin etsimällä mittauskohteesta ensin huone, jossa kokonaisaltistuminen (kaava 4) oli suurin. Mittaukset suoritettiin vyötärön korkeudella (metrin korkeudella lattiasta), koska se kuvaa parhaiten koko kehon keskimääräistä altistumista. Mittauspaikaksi valittiin kohteissa noin metrin etäisyys ikkunasta, koska suurimmat kentät ovat yleensä ikkunan läheisyydessä. Sälekaihtimet pidettiin mittauksen ajan auki, koska ne voivat vaimentaa ikkunan kautta huoneeseen eteneviä radioaaltoja. Osassa kohteista mittaus suoritettiin sisätilojen lisäksi parvekkeella. Muutamassa kohteessa mittaus suoritettiin myös ulkona antennin päikeilan suunnassa.

## 6. Mittaustulokset

Kappaleessa esitellään mittauskampanjan päätulokset. Mittaustuloksista nähdään, että tukiasema-antennien aiheuttama altistus vaihtelee huomattavasti paikasta riippuen (kuva 4). Pienimmän ja suurimman mitatun kokonaisaltistuksen välinen suhde on noin 10 000. Vastaavasti yksittäiselle matkapuhelinjärjestelmälle (kuva 5) suhde on noin 100 000.

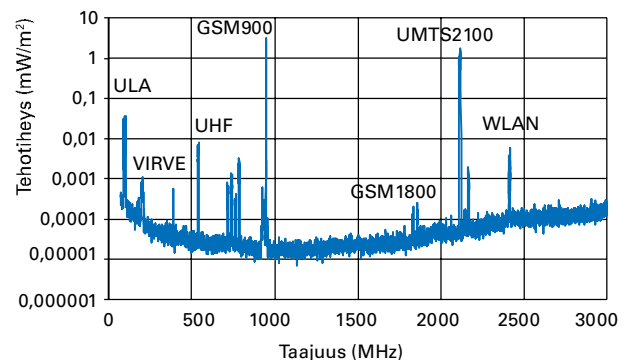


**Kuva 4.** Matkapuhelinjärjestelmien aiheuttama kokonaisaltistus mittauskohdeissa



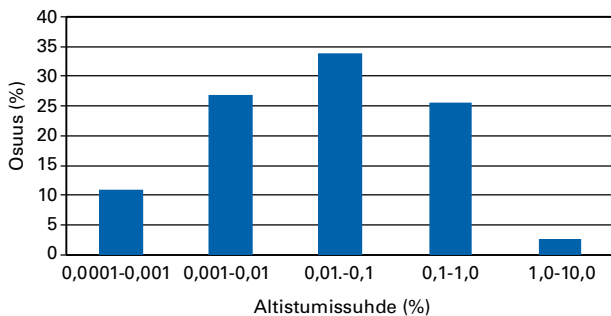
**Kuva 5.** Eri matkapuhelinjärjestelmien aiheuttamat tehotiheydet mittauskohdeissa

Kuvassa 6 on esitetty esimerkkspektri kaupungissa sijaitsevan kerrostalon ylimmässä kerroksessa suoritettua mittauksesta. Talon katolle oli sijoitettu tukiasema-antenneja. Suurimmat tehotiheydet aiheutuivat matkapuhelinverkon tukiasemista (GSM900 ja UMTS2100). Muita spektrissä näkyviä lähteitä ovat yleisradio- ja TV-lähetykset (ULA ja UHF), langaton verkko (WLAN) ja viranomaisverkko (VIRVE).



**Kuva 6.** Esimerkkspektri kaupungissa sijaitsevan kerrostalon ylimmässä kerroksessa suoritettua mittauksesta. Kerrostalon katolle on asennettu matkapuhelintukiaseman antenneja. Matkapuhelinjärjestelmien aiheuttamien taajuuskomponenttien lisäksi spektrissä näkyvät radio- ja TV-lähetykset (ULA, VHF), TETRA-tekniikalla toteutetun viranomaisverkon (VIRVE) ja langattoman verkon (WLAN) aiheuttamat komponentit.

Mittausten perusteella tukiasemien aiheuttama väestön altistuminen radiotaajuisille kentille on hyvin pientä, vaikka tukiasema-antenni sijaitsisi lähellä asuntoa. Kuvassa 7 on esitetty kaikki mittaustulokset altistumissuhteena (prosentuaalinen osuus enimmäisarvoista). Yli 95 prosenttia mittaustuloksista oli alle yhden prosentin enimmäisarvoista. Suurin asunnossa mitattu altistumissuhde oli 0,5 prosenttia (taulukko 5). Suurin altistumissuhde mitattiin työpaikalla ja se oli 2,5 prosenttia. Toinen yli prosentin suuruinen altistumissuhde mitattiin koulun käytävällä. Kaikkien mittaustulosten keskiarvo oli 0,14 prosenttia ja mediaani 0,03 prosenttia.



**Kuva 7.** Mitattujen altistumissuhteiden jakauma

**Taulukko 5.**

Mitattujen altistumissuhteiden tunnuslukuja

Altistumissuhde	
<b>Maksimi</b>	2,5 % (kaikki mittaustulokset) 0,5 % (asuntojen mittaustulokset)
<b>Minimi</b>	0,0003 %
<b>Mediaani</b>	0,03 %
<b>Keskiarvo</b>	0,14 % (kaikki mittaustulokset) 0,07 % (asuntojen mittaustulokset)

## 6.1 Mittausepävarmuus

Mittausten arvioitu epävarmuus on  $\pm 3$  dB (+100%, -50%). Siihen sisältyvät muun muassa kalibroinnin epävarmuus  $\pm 1$  dB ( $\pm 25$  %) ja mittaustilanteessa vaikuttavat epävarmuustekijät kuten mittapään epäisotrooppisuus ja heijastukset ympäristöstä ja mittaajasta.

## 7. Johtopäätökset

Mittauskampanjan tulosten perusteella väestön altistuminen tukiasemien radiotaajuisille kentille on hyvin pientä, vaikka tukiasema-antenni sijaitsisi lähellä asuntoa. Tukiasemien kentille altistuminen on asunnoissa suurimmillaankin alle prosentin verran enimmäisarvoista. Tämäntasoisella altistuksella ei ole nykytiedon mukaan haitallisia terveysvaikutuksia.



## 8. Lähdeluettelo

Ionisoimaton säteily - Sähkömagneettiset kentät, Säteily- ja ydinturvallisuus -kirjasarja, 2006

Alanko T, Hietanen M, von Nandelstadh P. Työntekijöiden altistuminen tukiasemien radiotaajuisille kentille. Työympäristötutkimuksen raporttisarja, Työterveyslaitos, 2006

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus ionisoimattoman säteilyn väestölle aiheuttaman altistumisen rajoittamisesta, 294/2002

Euroopan unionin neuvoston suositus, annettu 12. päivänä heinäkuuta 1999, väestön sähkömagneettisille kentille (0 Hz – 300 GHz) altistumisen rajoittamisesta (1999/519/EY). Council recommendation on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz), 1999/519/EC

ICNIRP. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection: Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics, 74:494-522, 1998

TR



Laippatie 4, 00880 Helsinki  
Puh. (09) 759 881, fax (09) 759 88 500  
[www.stuk.fi](http://www.stuk.fi)

ISBN 978-952-309-023-1 (pdf)  
ISSN 1796-7171