

Kuuluvuusselvitys

SUOMESSA TOIMIVIEN UMTS-MATKAVIESTINVERKKOJEN  
KUULUVUUSSELVITYS



EuropeanCommunicationsEngineering

Tekniikantie 12  
FI-02150 Espoo, Finland

Tel. +358 9 2517 3300  
Fax +358 9 2517 3301

eceltd@eceltd.com  
www.eceltd.com

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>YLEISTÄ .....</b>	<b>3</b>
<b>TAVOITE .....</b>	<b>3</b>
<b>TIIVISTELMÄ .....</b>	<b>4</b>
<b>PAIKKAKUNNAT .....</b>	<b>5</b>
<b>MITATUT SUUREET JA MITTAUSJÄRJESTELMÄ.....</b>	<b>8</b>
MITATUT SUUREET .....	8
MITTAUSJÄRJESTELMÄ .....	8
<b>VERTAILUPERIAATE .....</b>	<b>9</b>
<b>TULOKSET .....</b>	<b>10</b>
KUULUVUUSALUE.....	10
KENTÄNVOIMAKKUUS .....	13
SOLUJEN MÄÄRÄ .....	15
<b>JOHTOPÄÄTÖKSET .....</b>	<b>17</b>

## Yleistä

Tämä raportti esittelee tulokset selvitystyöstä, jossa tutkittiin kolmen kotimaisen matkaviestinoperaattorin verkkojen kuuluvuutta. Selvitystyön aikana tehtiin kenttätutkimus mittauksin 100 paikkakunnalla eri puolilla Suomea. Hanke toteutettiin 20.8.–4.11.2008. Aiempi vastaava tutkimus suoritettiin tammi-helmikuussa 2008.

## Tavoite

Selvitystyön tavoitteena oli määrittää Suomessa toimivien 3G-verkkojen alueellinen kuuluvuus sekä kuuluvuuden laatu eli kentänvoimakkuuden signaalitaso. Alueellisen kuuluvuuden määrittäminen perustuu mittauksiin liikenneväylillä. Tämä ei välttämättä anna täsmällistä kuvaa kuuluvuusalueen pinta-alasta. Mitattujen paikkakuntien määrä on kuitenkin huomattava: mittausreitistö on laaja, joten tutkimuksen tulos antaa luotettavan kokonaiskuvan 3G-verkkojen kuuluvuudesta yleisesti. Kuuluvuuden analysointiperiaate on esitelty tulosten esittelyn yhteydessä. Tulosten perusteella pyrittiin arvioimaan eri operaattorien välisiä eroja puhe- ja datapalveluiden saatavuudessa.

Kuuluvuusmittaukset tehtiin asettamalla mittausyksiköt ns. idle-tilaan. Yksiköt olivat päälle kytkettyinä, mutta niillä ei muodostettu puhe- tai datayhteyksiä mittausten aikana.

European Communications Engineering (ECE Ltd) on suorittanut kuuluvuus selvityksen Elisan toimeksiannosta. ECE on riippumaton suomalainen asiantuntijayritys, jonka toimialueena on radioverkkojen suunnittelu-, koulutus- ja kehitystoiminta.

Lisätietoja:

Elisa / Eetu Prieur puh. 010 26000

European Communications Engineering / Matti Manninen puh. 09 2517 3300



## Tiivistelmä

Tässä tutkimuksessa selvitettiin Suomessa toimivien 3G-operaattoreiden (Elisa, DNA ja Sonera) verkkojen kuuluvuus sadalla paikkakunnalla. Mukana oli 50 suurinta kuntaa tai kaupunkia väestömäärän perusteella. Muut paikkakunnat valittiin 51–100:n suurimman joukosta (25 paikkakuntaa) ja 101.:n tai sitä pienempien joukosta (25 paikkakuntaa). Mitatuilla paikkakunnilla asuu 70 prosenttia koko maan väestöstä.

Kenttätutkimuksen aikana selvitettiin kunkin paikkakunnan kuuluvuus mittaamalla keskusta-alue sekä asuin- ja teollisuusalueet. Kuuluvuusalueen rajat selvitettiin ajamalla paikkakunnalta johtavia pääväyliä pitkin kunnes kuuluvuus loppui. Tutkimuksessa kertyi kaikkiaan 17 090 ajokilometriä, ja siitä mittausreitistön osuus oli 12 849 km. Mittausreiteiltä kerättiin yhteensä 3 813 273 mittausnäytettä.

Analyysivaihe suoritettiin tietokoneohjelmistolla, jossa kukin paikkakunta jaettiin pienempiin alueisiin ruudukon avulla. Sitten selvitettiin kultakin operaattorilta niiden ruutujen lukumäärä, joissa on kuuluvuutta. Vertailu tehtiin kentänvoimakkuuden eri kynnyksarvoilla.

Tarkasteltaessa tuloksia koko maan tasolla voidaan tässä tutkimuksessa käytettyjen mittarien perusteella todeta, että Elisalla on edelleen kattavin 3G-verkon kuuluvuusalue. Kun tarkasteltiin kuuluvuuden laatua eli kentänvoimakkuutta, Elisan verkossa saavutettiin korkein signaalitaso eli paras kuuluvuus. Toiseksi tässä vertailussa tuli Sonera ja kolmanneksi DNA.

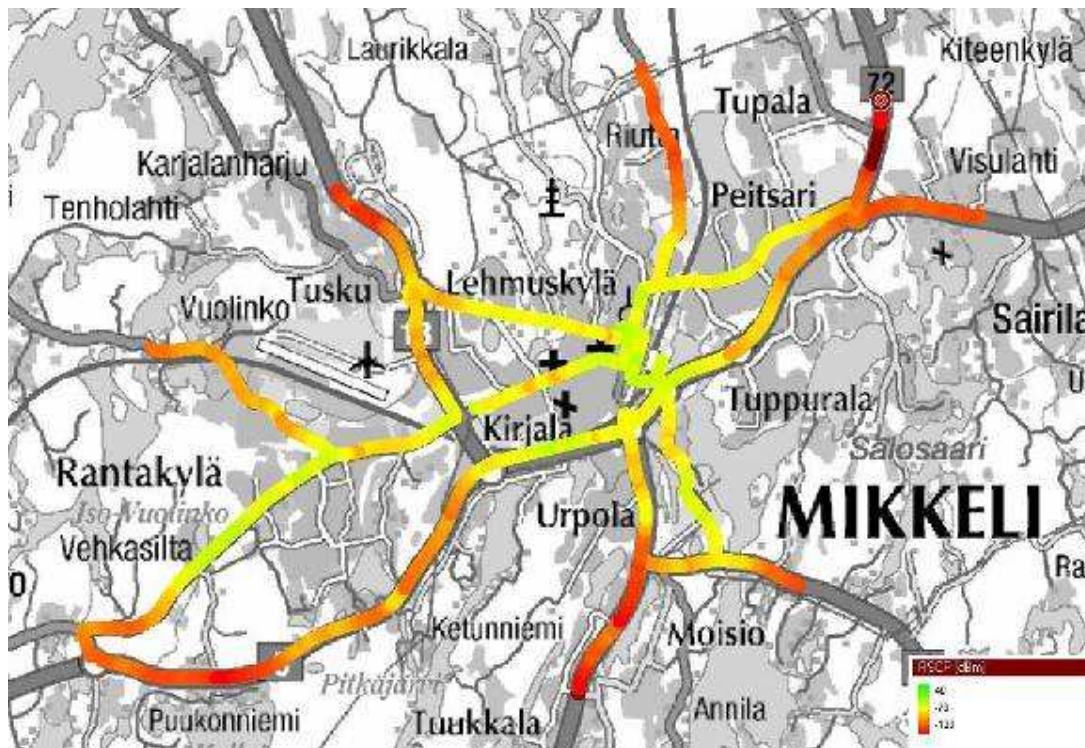
Verkkoon asennettujen tukiasemien lukumäärää tarkasteltaessa voidaan havaita, että Elisa on rakentanut kattavamman 3G-verkon kuin Sonera ja DNA. Suuri tukiasemasolujen lukumäärä tarkoittaa yleensä kattavaa kuuluvuutta ja tiheää verkkoa. Toiseksi tässä vertailussa tuli Sonera ja kolmanneksi DNA.

## Paikkakunnat

Mittaukset suoritettiin kaikkiaan sadalla paikkakunnalla. Kullakin paikkakunnalla mittausreitti koostui seuraavasti:

- keskusta-alue: pääkadut
- keskustaa ympäröivät alueet ja muut merkittävät alueet: päätiet
- paikkakunnalle johtavat pääväylät

Kuuluvuusalueen rajat selvitettiin mittaamalla pääväyliä paikkakunnalta pois päin ajaen, kunnes kuuluvuusalue loppui. Eri operaattoreiden verkkojen rakenne ei ollut mittausryhmän tiedossa, ja mittausreitit valittiin satunnaisesti siten, että ne kattoivat alueet hyvin laajasti. Kaikkiaan kenttätutkimusjaksoon sisältyi yhteensä 17 090 ajokilometriä. Tästä mittausreittien osuus oli 12 849 km. Mittausreiteiltä kertyi yhteensä 3 813 273 mittausnäytettä. Seuraava havainnekuva esittää tyypillistä mittausreittiä (Kuva 1).



Kuva 1. Havainnekuva kenttätutkimuksessa suoritetusta mittauksesta.

Tutkimuksen tehnyt ECE Oy valitsi mitattavat paikkakunnat seuraavasti:

- 50 kpl asukasluvultaan suurinta kuntaa
- 25 kpl satunnaisesti 51–100 suurimman paikkakunnan joukosta
- 25 kpl satunnaisesti suuruusjärjestykseltään 101. suurimman ja sitä pienempien paikkakuntien joukosta

Lisäksi otettiin huomioon paikkakuntien maantieteellinen kattavuus. Valitut paikkakunnat edustavat väestömäärältään noin 70:tä prosenttia Suomen väestöstä.

50 suurinta kuntaa suuruusjärjestyksessä:

Helsinki	Joensuu	Jyväskylänmlk	Raisio
Espoo	Kotka	Tuusula	Varkaus
Tampere	Mikkeli	Kirkkonummi	Kemi
Vantaa	Hämeenlinna	Kerava	Kaarina
Turku	Porvoo	Kouvola	Raahe
Oulu	Hyvinkää	Nokia	Tornio
Lahti	Nurmijärvi	Imatra	Iisalmi
Kuopio	Kajaani	Riihimäki	Hamina
Jyväskylä	Järvenpää	Kangasala	Hollola
Pori	Lohja	Vihti	Siilinjärvi
Lappeenranta	Seinäjoki	Savonlinna	Heinola
Rovaniemi	Kokkola	Ylöjärvi	
Vaasa	Rauma	Salo	

25 paikkakuntaa 51–100 suurimman joukosta suuruusjärjestyksessä:

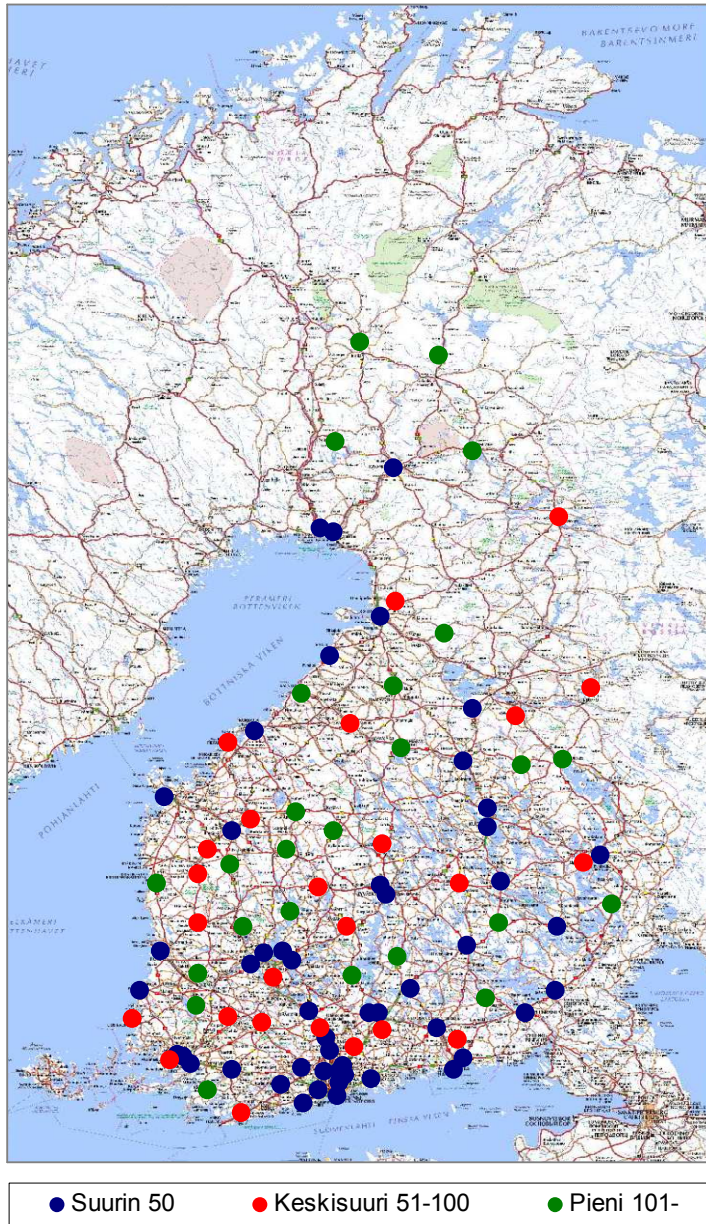
Pieksämäki	Anjalankoski	Lapua	Keuruu
Äänekoski	Janakkala	Naantali	Sotkamo
Pietarsaari	Jämsä	Loimaa	Kurikka
Lempäälä	Uusikaupunki	Kiiminki	Kuhmo
Mäntsälä	Tammisaari	Kankaanpää	
Forssa	Orimattila	Liperi	
Kuusamo	Kauhajoki	Nivala	

25 paikkakuntaa 101. ja sitä pienempien joukosta suuruusjärjestyksessä:

Kitee	Kokemäki	Säkylä	Kemiö
Kalajoki	Ikaalinen	Karstula	Utajärvi
Sodankylä	Kristiinankaupunki	Pello	Rautavaara
Kemijärvi	Juva	Savitaipale	Pulkkila
Nurmes	Pyhäjärvi	Hartola	
Alajärvi	Kittilä	Padasjoki	
Jalasjärvi	Ruovesi	Töysä	

Paikkakuntien sijainti on esitelty seuraavassa kartassa (Kuva 2).





Kuva 2. Mitatut paikkakunnat.

## Mitatut suureet ja mittausjärjestelmä

### Mitatut suureet

Mittaukset suoritettiin asentamalla mittausajoneuvoon erikoisjärjestelmä, jolla voitiin mitata kutakin verkkoa yhtäaikaaisesti. Mittausyksiköt lukittiin mittaamaan ainoastaan UMTS-järjestelmää 900:n ja 2100:n MHz:n taajuudella.

Kuuluvuusmittauksessa mitattu suure oli kentänvoimakkuus, joka mitattiin sijainnin suhteen. Kentänvoimakkuutta kuvataan yleisesti yksiköllä dBm\*), jonka arvo on negatiivinen. Suurempi arvo merkitsee parempaa kentänvoimakkuutta. Sisätiloissa hyvään puheyhteyteen tarvittava kentänvoimakkuus vastaa autossa mitattua noin -95 dBm:n kentänvoimakkuusarvoa ja nopeaan datayhteyteen tarvittavaa noin -75 dBm:n arvoa. Tyypillinen vaihteluväli matkaviestinverkoissa on -60...-100 dBm.

Lisäksi mittauksissa selvitettiin kussakin verkossa olevien tukiasemasolujen määrä. Tämä kertoo verkon rakenteesta: mitä enemmän soluja on, sitä tiheämpi tai kattavampi on yleensä myös verkko. Verkon laatu ja kattavuus paranevat siis solujen määrää kasvattamalla.

\*) Desibeli kuvaa kahden samaa yksikköä olevan luvun suhdetta toisiinsa. Tällöin käytetään logaritimista asteikkoa lineaarisen (suoraviivaisen) sijaan. dBm puolestaan tarkoittaa desibelimäärän suhdetta milliwattiin. Esimerkkiarvoja:

dB m	W	dBm	W	dB m	W
-10	0.0001	-30	0.000001	-50	0.00000001
-20	0.00001	-40	0.0000001	-60	0.000000001

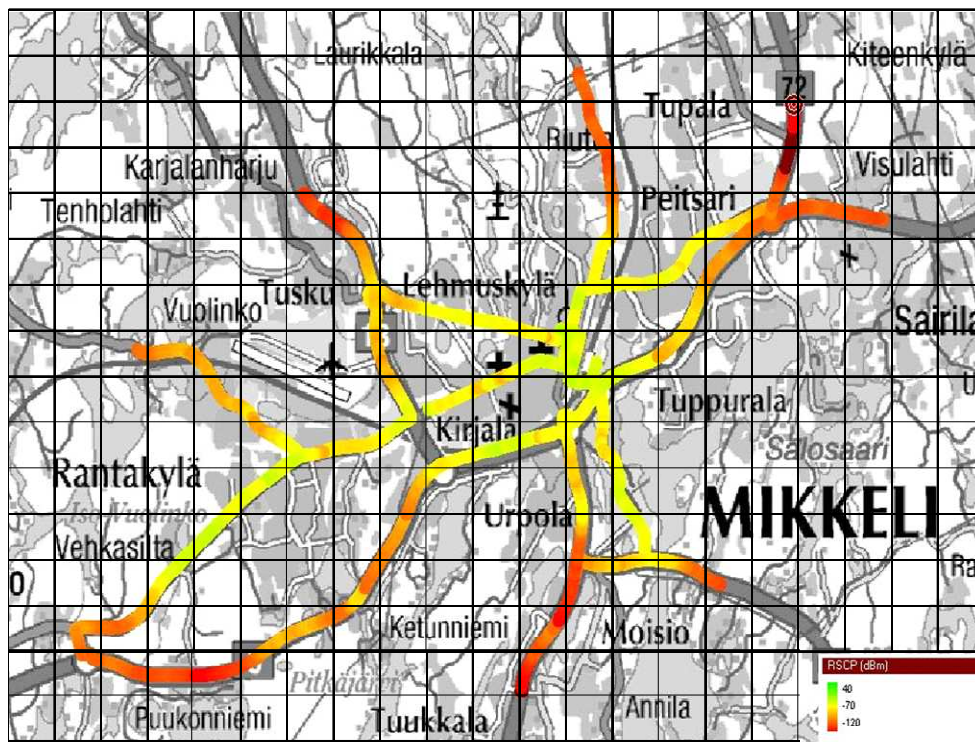
### Mittausjärjestelmä

Mittausjärjestelmänä käytettiin Nemo Outdoor -järjestelmää, joka koostui seuraavista osista:

- Mittausohjelmisto: Nemo Outdoor v.4.24.90
- Mittausyksikkö: Nokia 6121 (3 kpl)
- GPS vastaanotin: RoyalTek RGM-3600 /LP
- PC tietokone: Dell D630

## Vertailuperiaate

Tuloksia vertailtiin paikkakunnittain siten, että mitattu alue jaettiin GPS-koordinaattien avulla ruudukoksi (100 m x 100 m). Tämän jälkeen jokainen mitattu näyte sijoitettiin ruudukolle koordinaattiarvon perusteella. Näin ollen se operaattori, jolla oli näytteiden perusteella eniten ruutuja tietyllä paikkakunnalla, edustaa laajinta kuuluvuusalueita. Kuva 3 havainnollistaa analysointiperiaatteen.



Kuva 3. Kuuluvuuden analysointiperiaate.

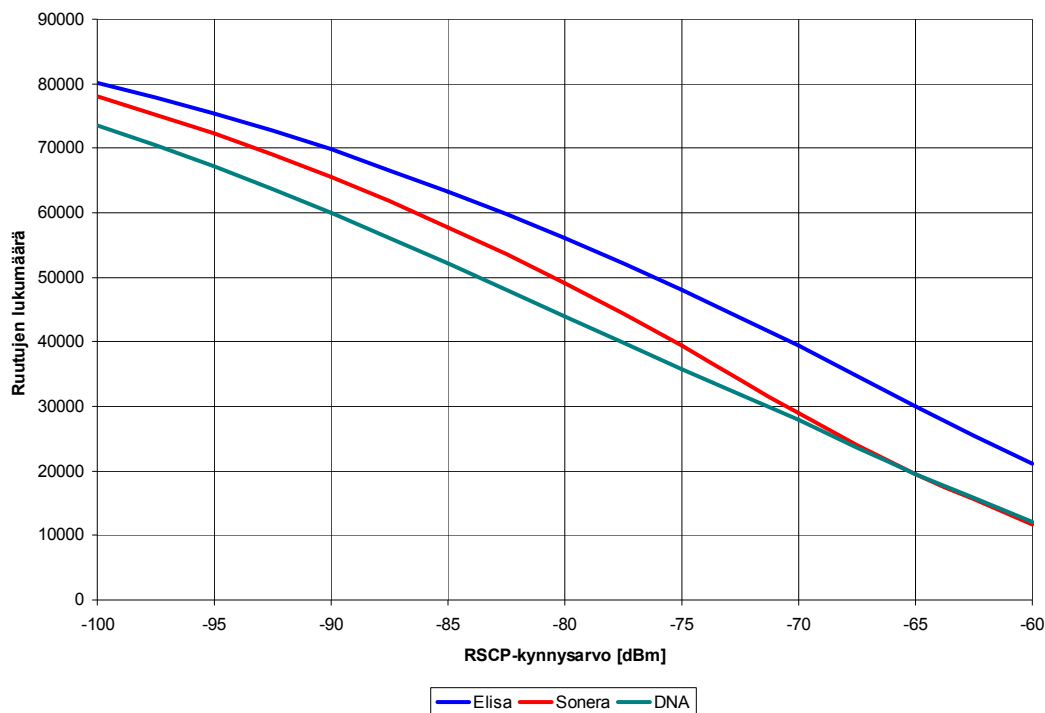
Vertailtaessa kuuluvuuden laatua analysoitiin kentänvoimakkuuden taso kussakin ruudussa. Näytteiden jakaantuminen eri kentävoimakkuusluokkiin osoittaa kuuluvuuden laadun: korkeammille arvoille sijoittuvat näytteet kertovat myös paremmasta kuuluvuudesta.

## Tulokset

Mittausten tuloksista esitetään ensin tarkempi ja teknisempi kuva ja tämän jälkeen yksinkertaistettu lopputulos, jolla pyritään tuomaan esille loppukäyttäjän näkökulma.

### Kuuluvuusalue

Kuuluvuusalueen kattavuutta tutkittiin mittauksissa laskemalla sellaisten maantieteellisten paikkojen (ruutujen) lukumäärä, jossa operaattorien 3G-signaali (ns. pilot-signaali, RSCP) oli ennalta määritetyn raja-arvon yläpuolella. Koska ruutujen lukumäärä kullakin operaattorilla määräytyy käytetyn raja-arvon mukaan, analyysi suoritettiin useilla eri raja-arvoilla. Kuvassa 4 raja-arvoina on käytetty pilot-signaalin arvoja  $-100$  dBm:n ja  $-60$  dBm:n välillä. Ruutujen lukumäärät, joissa operaattoreilla on ollut parempi signaali kuin raja-arvo, on esitetty käyrinä. Tulokset on koottu kaikista tehdyistä mittauksista sadalla paikkakunnalla.

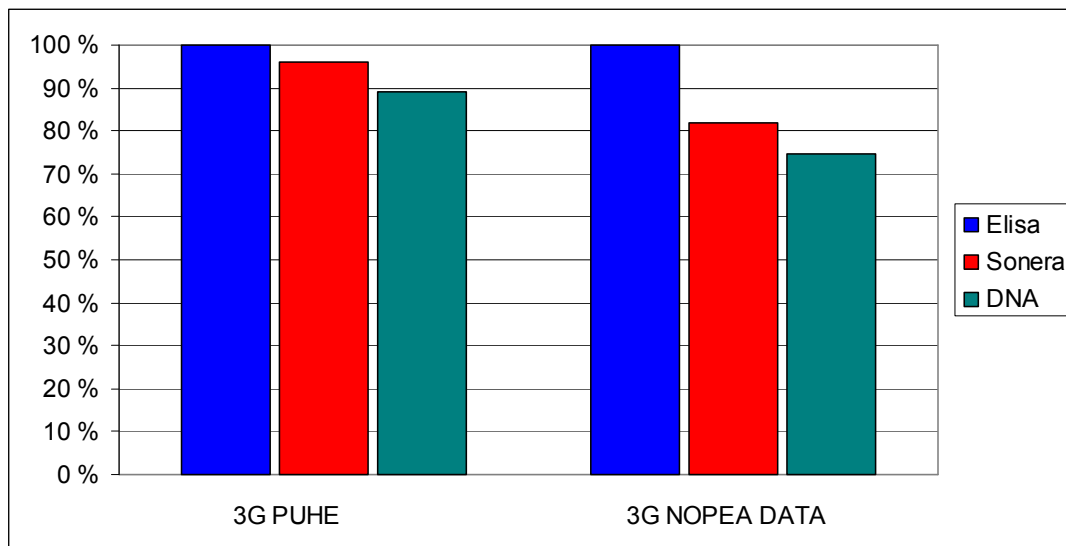


Kuva 4. Ruutujen lukumäärä eri kynnsarvoilla.

Kuvaajassa on huomioitu kaikki mitatut ruudut, joissa jollakin operattorilla on ollut peittoa (Kuva 4). Kuvaajasta voidaan todeta, että Elisan 3G-kuuluvuusalue on laajin kaikilla signaalitasoilla. Alemmilla signaalitasoilla Soneran tulos on lähellä Elisan tulosta, kun taas korkeammilla signaalitasoilla Soneran ja DNA:n tulokset näyttävät yhteneväsiltä.



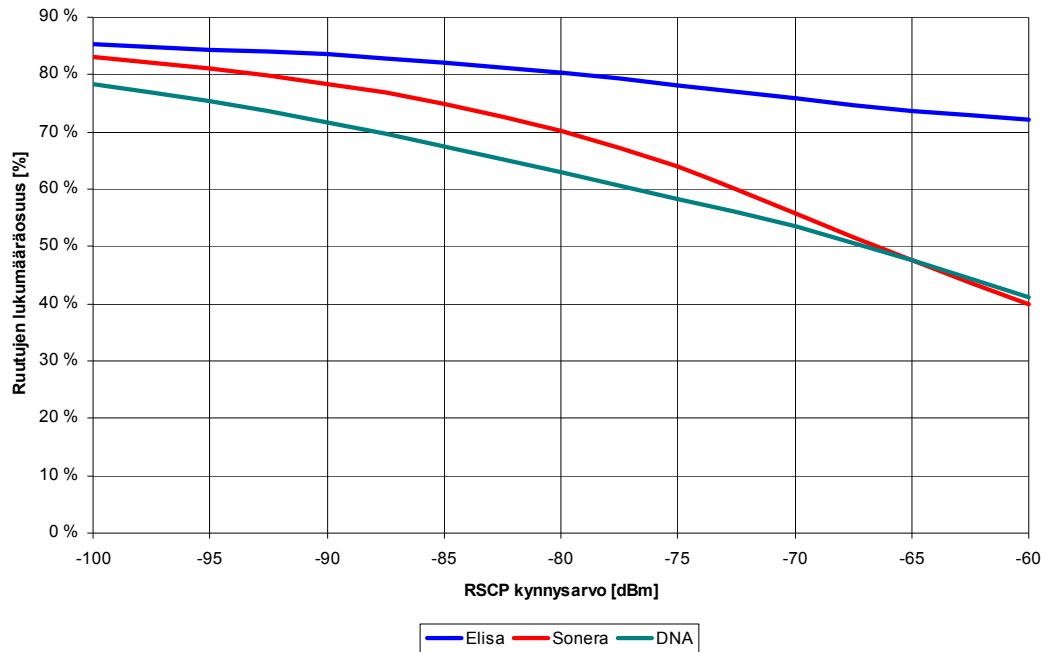
Mikäli oletetaan, että  $-95$  dBm:n pilot-signaalitaso mahdollistaa 3G-puhepalvelun sekä  $-75$  dBm:n taso 3G:n nopean datapalvelun (esim. 1 Mbps) sisätiloissa erittäin todennäköisesti, voidaan näiden palveluiden peittoa kuvata kuvan 5 mukaisesti.



Kuva 5. Peitettyjen ruutujen suhteelliset määrät 3G-puheelle ja 3G:n nopealle datalle (Korkeimman arvon saaneen operaattorin ruutujen lukumäärät on skaalattu 100 prosenttiin).

Kuvassa kunkin operaattorin saavuttamat ruutumäärät on skaalattu siten, että korkeimman arvon saaneen operaattorin ruutumäärä on 100 prosenttia. Tämän kuuluvuusmittauksen perusteella Elisa saa parhaan tuloksen 3G-puhepalvelulle oletetulla signaalitasolla (mitta-autossa  $-95$  dBm). Sonera on toisena ja DNA kolmantena. Myös 3G-datapalvelulle oletetulla signaalitasolla (mitta-autossa  $-75$  dBm) järjestys on sama. Elisa on kuitenkin selvästi edellä Soneraa ja DNA:ta.

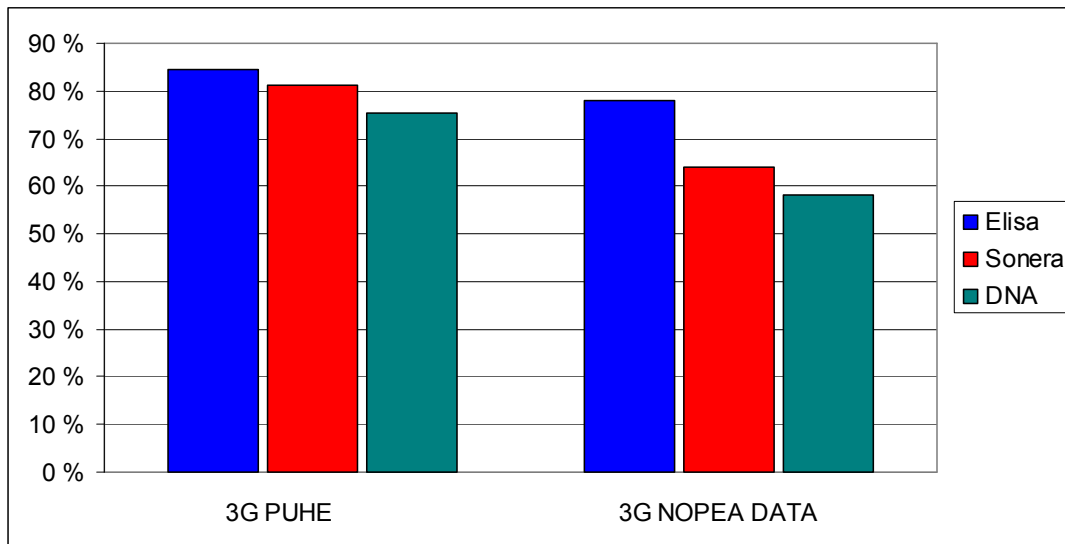
Jos operaattoreiden saavuttamia ruutumääriä verrataan niihin mitattuihin ruutuihin, joissa ainakin yhdellä operaattorilla on ollut raja-arvon ylittävä peitto, voidaan ruutujen lukumäärä esittää seuraavan kuvan mukaisesti (Kuva 6).



Kuva 6. Peitettyjen ruutujen suhteelliset määrät. Referenssimääränä on käytetty sellaisten ruutujen lukumäärää, joissa vähintään yhdellä tai useammalla operaattorilla on kynnyksarvon ylittävä peitto.

Yllä olevasta kuvasta voidaan havaita, että operaattoreiden 3G-puhepalvelujen (-95 dBm) kuuluvuudessa on jonkin verran eroa maantieteellisesti. Elisan kuuluvuus on laajin, Soneran toiseksi ja DNA:n kolmanneksi laajin. Kun tarkastellaan 3G-datapalvelulle oletettua signaalitasoa (-75 dBm) ja etenkin sitä korkeampia signaalitasoja (-70...-60 dBm), niin Elisan ero Soneraan ja DNA:han kasvaa, kun taas Soneran ja DNA:n tulokset lähentyvät toisiaan.

Seuraava kuva havainnollistaa asiaa edelleen puhepalvelun (-95 dBm) ja nopean datapalvelun (-75 dBm) mukaisilla signaalin voimakkuuksilla (Kuva 7).



Kuva 7. 3G-palveluiden todennäköinen kuuluvuus mitatuilla alueilla, joilla ainakin yhdellä operaattorilla on 3G-peittoa.

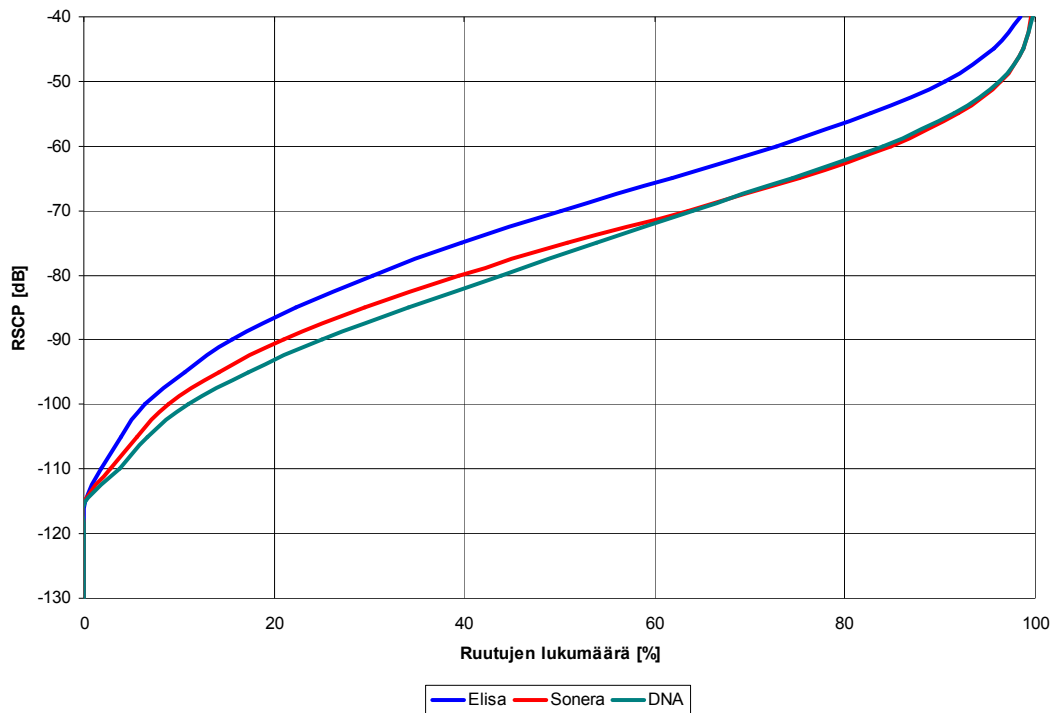
Tehtyjen kuuluvuusmittausten perusteella voidaan puhepalveluja vastaavilla kentänvoimakkuuksilla havaita eroavaisuutta, vaikka järjestys on edelleen sama: Elisa, Sonera ja DNA. Datapalveluja vastaavilla kentänvoimakkuuksilla erot ovat selvempiä Elisan eduksi. Soneran ja DNA:n ero on samanlainen kuin puhelupalveluissa.

### Kentänvoimakkuus

Operaattoreiden välistä 3G-peittoa tutkittaessa peiton kattavuuden lisäksi tutkittiin kuuluvuuden laatua. Verkkojen rakentamisstrategiat saattavat poiketa toisistaan esimerkiksi siten, että yksi operaattori voi pyrkiä rakentamaan hyvin kattavaa, mutta ohutta peittoa eli palvelu voi olla heikko mm. sisätiloissa. Toinen operaattori voi puolestaan rakentaa maantieteellisesti suppeampaa verkkoa, mutta verkko tarjoaa ylivertaista kuuluvuutta sisätiloissa sekä nopeita datayhteyksiä.

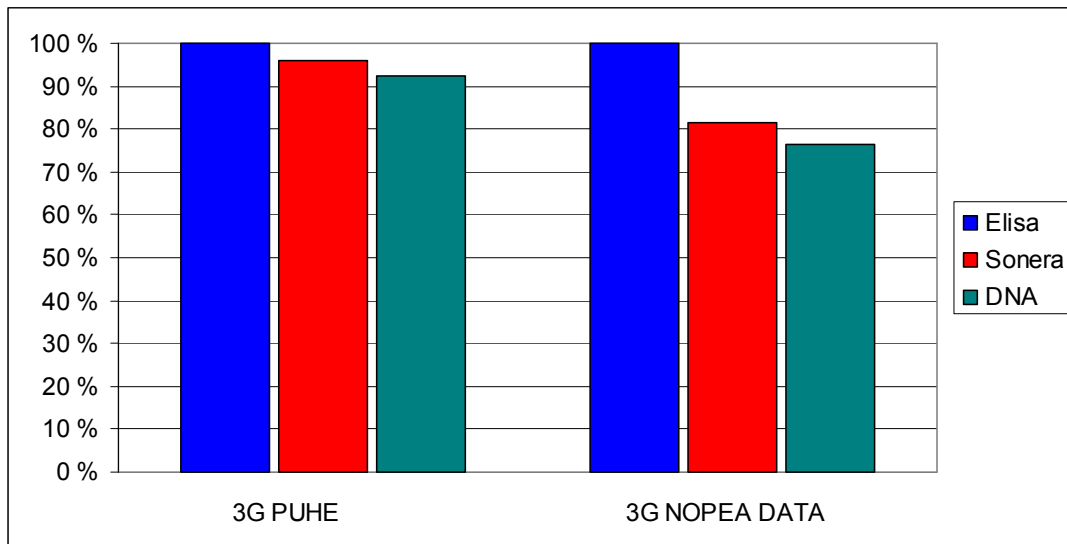
3G-kentänvoimakkuutta arvioitiin sellaisilla maantieteellisillä alueilla, joilla kaikilla kolmella operaattorilla oli peittoa. Myös tässä tapauksessa maantieteelliset alueet määriteltiin ruutuina, joissa 3G-peittoa tutkittiin.

Kuvassa 8 on esitetty operaattoreiden yhteisellä 3G-kuuluvuusalueella mitattujen signaalivoimakkuuksien suhteellinen jakauma kumulatiivisena. Kuvaajasta voi arvioida todennäköisyyttä (vaaka-akseli), jolla saavutetaan tietty signaalitaso (pystyakseli) eri operaattoreiden 3G-verkossa. Soneran ja DNA:n tulosta esittävät käyrät ovat melko lähellä toisiaan ja osin päällekkäin, jolloin siis eri signaalitasojen todennäköisyys on samaa luokkaa. Elisan tulos erottuu selvästi muista osoittaen suurempaa todennäköisyyttä tietyn signaalitason saavuttamiseen kuin muut. Yhteisellä peittoalueella Elisan signaalivoimakkuus on 50 prosentilla paikoista parempi kuin  $-70$  dBm. Vastaava todennäköisyys jää Soneralla ja DNA:lla alle 40 prosenttiin.



Kuva 8. 3G-peitto operaattoreiden yhteisillä peittoalueilla.

3G-peiton kattavuutta arvioitaessa voidaan operaattoreiden yhteisellä peittoalueella tutkia 3G-puhepalvelun ja nopean datapalvelun saatavuutta. Kuvassa on esitetty tulokset mittausten pohjalta tulokset (Kuva 9).

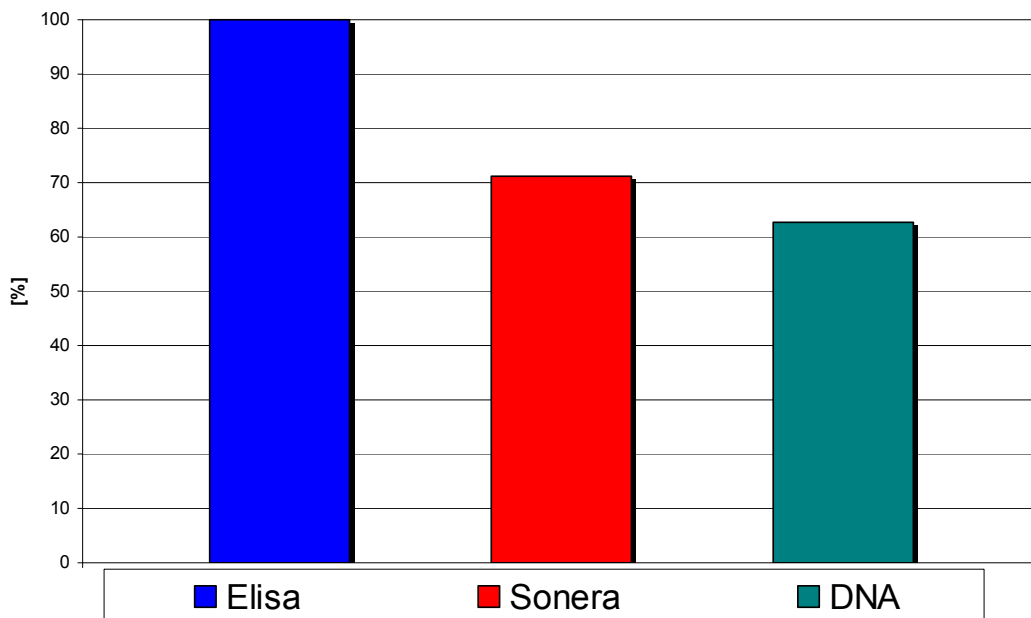


Kuva 9. 3G-palveluiden kuuluvuuden todennäköisyys yhteisillä peittoalueilla signaalitason perusteella. Puheelle vaaditaan vähintään  $-95$  dBm:n signaalitaso ja nopealle datalle vähintään  $-75$  dBm:n signaalitaso (Korkeimman arvon saaneen operaattorin tulokset on skaalattu 100 prosenttiin).

Signaalitasojen perusteella operaattoreiden 3G-puhepalvelut toimivat yhteisillä peittoalueilla jokseenkin tasaveroisesti. 3G:n nopealle datapalvelulle oletetulla signaalitasolla on selvästi todennäköisempää, että Elisa pystyy tarjoamaan mitatuilla alueilla toimivampaa palvelua kuin DNA tai Sonera. Soneran ja DNA:n välinen ero on pieni.

### Solujen määrä

Tehdyissä mittauksissa tutkittiin kuuluvuussuureiden lisäksi havaittujen solujen lukumäärää. Solujen lukumäärä kuvaa yleensä hyvin matkapuhelinverkkojen peiton kattavuutta.



Kuva 10. Mittauksissa havaittujen 3G-solujen lukumäärät. (Korkeimman arvon saaneen operaattorin ruutujen lukumäärät on skaalattu 100 prosenttiin)

Mittauksista saadut tulokset tukiasemasolujen lukumäärästä osoittavat samaa kuin aiemmin esitetyt kuuluvuuden kattavuuden ja laadun tulokset. Mittausten perusteella Elisan 3G-verkko on tällä hetkellä selvästi kattavin. Soneran verkko on myös solumäärän perusteella toiseksi kattavin. DNA jää hiukan Sonerasta (Kuva 10).

## Johtopäätökset

Elo-lokakuussa 2008 suoritetun kuuluvuus selvityksen perusteella voidaan Suomessa toimivien matkaviestinoperaattoreiden välillä havaita joitakin eroja. Kun tarkastellaan tuloksia koko maan tasolla, on Elisalla tässä tutkimuksessa käytettyjen mittarien perusteella edelleen kattavin 3G-verkon kuuluvuusalue. Tarkasteltaessa kuuluvuuden laatua eli kentänvoimakkuutta, saavutettiin tässä tutkimuksessa Elisan verkossa korkein signaalitaso eli paras kuuluvuus. Toiseksi tuli Sonera ja kolmanneksi DNA.

Kun tarkastellaan verkoon asennettujen tukiasemien lukumäärää, havaitaan Elisan rakentaneen kattavamman 3G-verkon kuin Sonera ja DNA. Suuri tukiasemasolujen lukumäärä tarkoittaa yleensä kattavaa kuuluvuutta ja tiheää verkkoa. Toiseksi tässä vertailussa tuli Sonera ja kolmanneksi DNA. Verkon kattavuus ja kentänvoimakkuus ovat perusedellytyksiä 3G-puhepalveluiden sekä erityisesti nopeiden datapalveluiden saamiselle.