

Henri Rantanen

# Matkapuhelinverkon toiminnan varmistaminen uudisrakennuksissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

25.11.2016

Tekijä Otsikko	Henri Rantanen Matkapuhelinverkon toiminnan varmistaminen uudisrakennuksissa
Sivumäärä Aika	46 sivua + 2 liitettä 25.11.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Lehtori Vesa Sippola Projektipäällikkö Jani Mäkinen
<p>Insinööriä toteutettiin toimeksiantona SRV Rakennus Oy:lle. Työn tavoitteena oli selkeyttää yritykselle kuuluvuusongelman eri ratkaisuja, sujuvoittaa hankintaprosessia sekä toimia apuna tulevien hankkeiden suunnittelunohjauksessa. Työn painopiste keskittyi hankintaprosessiin ja sen eri vaiheisiin rakennusyrityksen näkökulmasta.</p> <p>Työtä varten perehdyttiin aiheeseen liittyviin suunnitteluohjeisiin, tutkimuksiin, standardeihin, määräyksiin sekä lakeihin. Lisäksi suoritettiin eri osapuolten haastatteluja, joiden perusteella saatiin ajankohtaista tietoa.</p> <p>Työssä käytiin läpi matkapuhelinverkon sisäkuuluvuutta heikentävät taustatekijät, asiat jotka yksin tai yhdessä aiheuttavat kuuluvuusongelmia rakennuksissa, erilaisia ratkaisuja joilla kuuluvuutta on mahdollista parantaa sekä perehdytään sisäantenniverkkoihin. Työssä esiteltiin sisäantenniverkkojen eri ratkaisuja ja niihin kuuluvia komponentteja, verkkojen suunnittelun eri vaiheet sekä osapuolet joita tarvitaan sisäantenniverkon toimintaan saattamiseksi.</p> <p>Työn tuloksena syntyi ohje sisäkuuluvuuden hankintaan. Ohjeessa käydään läpi hankinnan merkittävimmät vaiheet joiden kautta sisäkuuluvuus voidaan varmistaa. Ohjeeseen on myös kerätty yhteistyökumppaneita sekä kustannustietoa.</p>	
Avainsanat	sisäkuuluvuus, matkapuhelinverkko, energiatehokkuus

Author(s) Title Number of Pages Date	Henri Rantanen Ensuring Mobile Network Reception In New Buildings 46 pages + 2 appendices 25 November 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor(s)	Vesa Sippola, Senior Lecturer Jani Mäkinen, Project Manager
<p>This thesis was assigned by SRV Rakennus Oy. The aim of the thesis was to clarify for the company different solutions to mobile network reception problems, streamline the acquisition process and to act as planning guidelines in future projects. Main focus was on the procurement process and its different stages from the perspective of a construction company.</p> <p>For the study design guides, studies, standards, regulations and laws related to the topic were researched. In addition, different parties were interviewed, giving very current information regarding the matter.</p> <p>The thesis goes through the factors behind mobile network reception problems, issues that by themselves or with others create reception problems inside buildings, different solutions on how to improve reception and introduce indoor distributed antenna systems (DAS). DAS solutions and their components, different phases in DAS planning and parties that are required in the process of building a working distributed antenna system are introduced.</p> <p>The result was a procurement guide with the necessary steps and contacts to ensure mobile network reception in new buildings.</p>	
Keywords	DAS, mobile network reception, energy-efficiency

## Sisällys

### Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Kuuluvuusongelmien taustatekijät	2
2.1	Ilmastonmuutos, sopimukset ja direktiivit	2
2.2	Rakenteiden energiatehokkuus	3
2.3	Matkapuhelinverkko	5
3	Kuuluvuus ratkaisut	7
3.1	Rakennuspuoli	7
3.2	Telepuoli	9
3.2.1	Toistimet ja tukiasemat	9
3.2.2	VoLTE ja VoWifi	12
3.2.3	Sisäantenniverkko	13
4	Tarvekartoitus	14
4.1	Lähtötiedot	14
4.2	Kuuluvuuskartoitus	14
4.3	Viranomaisverkko VIRVE	17
5	Hankesuunnittelu	19
5.1	Tavoitteet	19
5.2	Osapuolet	19
5.3	Hankesuunnittelun tulos	21
6	Toteutussuunnittelu	23
6.1	Vaadittavat pohjatiedot	23
6.1.1	Kuuluvuusalueen suunnittelu	24
6.1.2	Linkkibudjettilaskelma	26
6.1.3	Tasopiirustukset	27
6.1.4	Dokumentaatio	28
6.2	Aikataulu	28
7	Sisäantenniverkon rakenne	29

7.1	Komponentit	30
7.2	SISO	32
7.3	MIMO	33
7.4	Toistin	34
8	Yhteenveto	35
9	Pohdinta	36
	Lähteet	38
	Liitteet	
	Liite 1. Viranomaisverkon sisäverkon tarvekartoituslomake L1	
	Liite 2. Linkkibudjettilaskelma	

## Lyhenteet ja käsitteet

2G	Toisen sukupolven matkaviestinjärjestelmä, esim. GSM, Global System for Mobile Communications.
3G	Kolmannen sukupolven matkaviestinjärjestelmä, esim. UMTS, Universal Mobile Telecommunications System.
4G	Neljännän sukupolven matkaviestinjärjestelmä, esim. LTE, Long term evolution.
DAS	Distributed antenna system, sisäantenniverkko.
Desibeli (dB)	suhdeluku, jolla kuvataan signaalien tason muutosta.
Energiatehokas rakenne	Rakennemateriaali, jolla on alhainen U-arvo.
E-luku	Rakennuksen kokonaisenergiankulutuksella E-luvulla (kWh/m <sup>2</sup> ) tarkoitetaan energiamuotojen kertoimilla painotettua rakennuksen vuotuista ostoenergian kulutusta.
Matkaviestinverkko	Matkaviestintään tarkoitettu televerkko.
PIM-arvo	Passive intermodulation eli keskinäismodulaatio on kahden eri taajuuden radiosignaalin sekoittumista, mikä tuottaa lisäsignaaleja muilla taajuuksilla. PIM-arvolla ilmoitetaan kolmannen summa-aallon voimakkuus. Huonolaatuiset komponentit tai huonot liitokset voivat aiheuttaa keskinäismodulaatiota.
Päätelaite	Matkaviestinverkkoa viestintään käyttävä laite, esim. matkapuhelin tai ns. makkula
Selektiivilasi	Lasi, jonka pinnoite päästää auringon säteilyn lävitseen, mutta estää sisältä tulevan pitkäaaltoisen lämpösäteilyn ulospääsyn. Tunnetaan myös matalaemissiolasina ja energiasäästölasina.

Sisäantenniverkko	Kiinteistön tai rakennuksen sisällä tai alueella sijaitseva viestintäverkko ja – järjestelmä.
RF-aukko	Paikallinen rakenne, jonka materiaali on ympäröiviä materiaaleja vähemmän radiosignaaleita vaimentavaa.
RF-luku	Materiaalikohtainen numeroarvo tai muu kuvaus, jolla ehdotetaan kuvattavaksi kyseisen materiaalin keskimääräistä vaimennusta tällä hetkellä käytössä oleville matkapuhelinverkkojen käyttämille taajuuksille.
U-arvo	Lämmönläpäisykertoimella $U$ ( $W/m^2K$ ) tarkoitetaan lämpövirran tiheyttä, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien tilojen välillä on yksikön suuruinen. Mitä pienempi arvo, sitä parempi lämmöneristys.
Tukiasema	Matkaviestinverkon lähetin-vastaanotinasema, johon eri päätelaitteet ovat yhteydessä.
VIRVE	Suomen viranomaisradioverkko joka toimii 380-400 MHz taajuusalueella.
WLAN	Wireless Local Area Network; langaton lähiverkko, käytetään myös nimitystä WiFi.

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön tausta, tavoitteet ja rajaukset

Idea opinnäytetyöhön tuli SRV Rakennus Oy:n talotekniikkaosaston johtajalta. Matkapuhelinverkon kuuluvuudessa oli ilmennyt haasteita SRV:n valmistuneissa rakennuskohdeissa. Kustannukset kuuluvuuden parantamisesta jälkikäteen nousevat huomattavasti korkeammiksi kuin siihen etukäteen varautumalla ja jo suunnitteluvaiheessa huomioon ottamalla.

Opinnäytetyön tavoitteena on selkeyttää yritykselle eri ratkaisuja kuuluvuusongelmaan, helpottaa hankintaprosessia sekä toimia apuna suunnittelunohjauksessa.

Työssä lähestytään ongelmaa järjestelmän hankinnan näkökulmasta paneutumatta ratkaisun radiotekniseen puoleen syvemmin. Pääpaino on esittää keinot asuinkerrostalojen ja toimitilojen kuuluvuusongelmien ratkaisuun, työssä sivutaan hieman pien- ja omakotitalojen sisäkuuluvuutta.

SRV Rakennus Oy

SRV on asiakaslähtöinen rakennushankkeiden innovatiivinen kokonaistoteuttaja, joka vastaa hankkeiden kehittämisestä, kaupallistamisesta ja rakentamisesta. SRV:n tavoitteena on olla vuoteen 2020 mennessä parhaan asiakaskokemuksen tarjoava kaupunkikeskusten rakentaja. Konsernin liikevaihto vuonna 2015 oli 719,1 miljoonaa euroa ja henkilöstöä 1046. [30.]

SRV Rakennus Oy on SRV-konsernin kotimaan toiminnasta vastaava yhtiö. Siihen kuuluu myös alueyksiköt SRV Pirkanmaa, SRV Keski-Suomi, SRV Pohjois-Suomi, SRV Kaakkois-Suomi, SRV Lounais-Suomi ja Rakennusliike Purmonen.

Ulkomaan liiketoiminnasta vastaa SRV Russia Oy ja lisäksi konserniin kuuluu SRV Kallusto Oy ja SRV Infra Oy sekä emoyhtiö SRV Yhtiöt Oyj. [30.]

## 2 Kuuluvuusongelmien taustatekijät

Kasvaneet eristepaksuudet, selektiivilasit ja mobiiliverkkojen uudet korkeataajuiset radioaallot sekä älypuhelinien yleistymisen ovat yhdessä tuoneet rakentamiseen uuden haasteen; matkapuhelinverkkojen sisäkuuluvuuden.

Vuonna 2015 suomalaisista noin 70 %:lla oli omassa käytössään älypuhelin ja arvioiden mukaan 2/3 osaa kaikesta puheluista ja mobiilidatan käytöstä tapahtuu sisätiloissa. [8; 3, s. 2.] Tulevaisuudessa sisäkäytön osuuden sekä datamäärien uskotaan kasvavan entisestään, siksi sisäkuuluvuuden varmistaminen onkin kriittisessä roolissa. Myös yleisen turvallisuuden kannalta on suositeltavaa, että matkapuhelimet toimivat sisätiloissa hätäpuhelinien varalta. [8.]

Vastuu sisäkuuluvuudesta ja signaalin laadusta on vielä vailla selvää linjausta viranomaiselta. Yleispalvelua tarjoavan operaattorin vastuu mobiiliverkon sisäkuuluvuudesta on riippuvainen siitä, tarjotaanko kiinteistöön lankapuhelinyhteyttä. Jos lankapuhelinyhteyden tarjonta lopetetaan, täytyy operaattorin varmistaa matkapuhelinverkon toimivuus rakennuksessa niin, että yhteys voidaan luoda vähintään yhdessä pisteessä kiinteistön sisällä. Operaattoreille myönnettävissä uusissa 700 MHz alueen toimiluvissa on määritelty myös *”kohtuullinen sisäpeittovaatimus”*, jolla tarkoitetaan, että käyttäjän on ilman lisäkustannuksia voitava käyttää telepalveluita vakituksessa asunnossa tai yrityksen toimipisteessä tavanomaisessa käyttöympäristössä. [2, s. 8; 19, s. 5.]

### 2.1 Ilmastonmuutos, sopimukset ja direktiivit

Ilmastonmuutoksesta on käyty keskustelua maailmalla jo vuosia ja siitä tehdyt tutkimukset tukevat näkemystä, että ihmisten tuottamat kasvihuonepäästöt voimistavat luonnollista kasvihuoneilmiötä, joka nostaa maapallon keskilämpötilaa. Ilmastonmuutoksen hidastamiseksi on tehty monia kansainvälisiä sopimuksia, kuten Kioton sopimus 1994, Balian sopimus 2007 ja Pariisin ilmastosopimus 2015. [20; 1, s. 3.]

Euroopan unioni on ajanut muuta maailmaa tiukempaa linjaa päästöjen leikkauksessa ja tehnyt myös omia päätöksiä sekä direktiivejä jäsenmailleen. Vuonna 2008 unioni hyväksyi ilmasto- ja energiapaketin niin kutsutun 20–20–20 mallin, jossa vuoteen 2020 mennessä päästöjä on leikattava vuoden 1990 tasosta 20 %, uusiutuvien energianlähteiden

käytön lisääminen 20 %:iin sekä energiatehokkuuden nostaminen 20 %:lla. Lisäksi vuonna 2010 tullut energiatehokkuusdirektiivi velvoitti jäsenvaltioita laatimaan omat kansalliset säädökset kesään 2012 mennessä. [1, s. 5.]

Energiatehokkuusdirektiivissä jäsenvaltiot veloitetaan nostamaan rakennusten energiatehokkuutta niin korjaus- kuin uudisrakennuksissa. Vuoden 2020 jälkeen uudisrakennusten tulee olla lähes nollaenergiarakennuksia. Jäsenvaltioiden täytyi myös asettaa selkeät vähimmäisvaatimukset korjausrakentamiselle. Suomessa rakennusmääräyksiä tiukennettiin ensin vuonna 2010 ja jälleen vuonna 2012, joka yhteydessä energiatodistusten käyttöä lisättiin. Vuosien 2017–2020 aikana rakentamisen energiatehokkuusvaatimukset tiukentuvat lähes nollaenergiatasolle ja 1.1.2019 jälkeen viranomaisten käyttöön tulevien julkisten rakennusten tulee olla lähes nollaenergiarakennuksia.

## 2.2 Rakenteiden energiatehokkuus

Uusiin tiukentuneisiin energiatehokkuusvaatimuksiin (Taulukko 1), sekä energian ja kustannusten säästämiseen tähtääviin toimiin on pyritty vastaamaan kasvattamalla lämmöneristeiden paksuuksia ja käyttämällä ikkunoissa monikerroksisia sekä selektiivikalvoisia versioita. Lämmöneristeissä on villan lisäksi erilaisia eristelevyjä, joiden pinnalla on usein metallikalvo. Näiden toimien myötä on saavutettu energiatehokkaampia rakenteita, jotka ovat radiosignaalin kannalta yhä tiiviimpiä ja vaikeammin läpäistäviä.

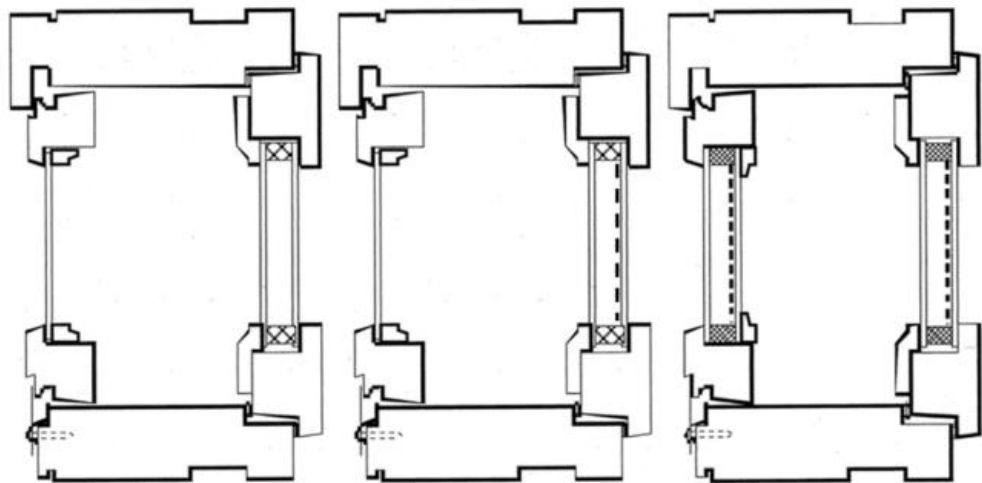
**Taulukko 1 Eristepaksuudet [31.]**

Tasot	Seinän eristepaksuus	Katon eristepaksuus	Lattian eristepaksuus
2008 määräysten mukainen lämmöneristystaso	200 mm MV	300 mm PV	150 mm EPS
Nykyisten määräysten mukainen lämmöneristystaso (2014)	250 mm MV	500 mm PV	225 mm EPS
Matalaenergiatalo	300 mm MV	550 mm PV	300 mm EPS
Passiivitalo	350 mm MV	550 mm PV	350 mm EPS
Lähes nollaenergiatalo	500 mm MV	650 mm PV	350 mm EPS

Erityisesti ongelmia seuraa jos eristeissä tai muissa rakennusmateriaaleissa olevat metallipinnat muodostavat yhtenäisen pinnan. Tällöin rakennus ei päästä radiosignaaleja

ulos eikä sisään ja on radioteknisiltä ominaisuuksiltaan kuin Faradayn häkki. Normaalit selektiivikalvottomat ikkunat ovat radiosignaalin kannalta helposti läpäistävä osa rakenteesta, eivätkä ne aiheuta signaaliin suurta vaimennusta. Vaimennus kasvaa voimakkaasti, kun lasipinnalle asennetaan yksi tai useampi lämpösäteilyn läpäisyä heikentävä, ja samalla myös radioaaltoja vaimentava selektiivikalvo (Kuva 1). Nyrkkisääntönä voidaan pitää yhden lisäpinnoitteen tuovan noin 10 dB lisää vaimennusta.

Kuuluvuusongelmat voivat myös alkaa ikkunaremontin jälkeen, kun vanhempaan betonirakenteiseen rakennukseen vaihdetaan uudet selektiivikalvolliset ikkunat. Ennen radiosignaalin kannalta edullinen ja pienen vaimennuksen reitti ikkunan kautta muuttuu selektiivikalvon myötä vaimennuksessa samaan tasoon kuin raudoitettu betoni.



Ikkuna 1. Ei pinnoitteita  
U-arvo 1.7 Wm<sup>2</sup>K  
RF 5 dB = pieni

Ikkuna 2. Yksi pinnoite  
1.0 Wm<sup>2</sup>K  
25 dB = suuri

Ikkuna 3. Kaksi pinnoitetta  
0.7 W/m<sup>2</sup>K  
35 dB = suuri

**Kuva 1 Selektiivikalvon vaikutus [4.]**

Taulukko 2 esitetyt arvot perustuvat Yhdysvalloissa 1990-luvulla tehtyihin tutkimuksiin, eikä niissä esiinny Suomessa tyypillisesti käytettäviä rakennusmateriaaleja, kuten selektiivikalvollaista ikkunalaseja tai metallipäällysteisiä uretaanilevyjä. Tampereen teknillisessä yliopistossa on tehty vertaileva tutkimus vanhojen ja uusien rakennusten ulkovaippojen vaimennuksista. Mittaustulosten perusteella uusissa rakennuksissa ulkovi-

pan vaimennus oli noin 13–16 dB enemmän kuin vanhoissa. Lisäksi mittauksissa simuloitiin selektiivikalvon poistamista ikkunasta avaamalla ikkuna tai ovi. Siitä saaduilla tuloksilla kalvon poistamisella vaimennus laski noin 4,5–6 dB.

Energiatehokkaat rakenteet ja niiden uudenlaiset materiaalit ovat heikentäneet radioaaltojen etenemistä rakennusten sisäosiin. Uusien nopeampien yhteyksien vaatimat korkeammat taajuudet ovat vielä kasvattaneet ongelmaa, sillä ne läpäisevät rakenteita matalataajuisia aaltoja heikommin. [1, s. 8.]

**Taulukko 2 Rakennusmateriaaleista aiheutuvia vaimennusarvoja [1.]**

Taajuus [MHz]/ Läpäisyvaimennus [dB]	500	1000	2000	3500	5000
<b>Tiili (180 mm)</b>	4	5,5	8	20	32
<b>Tiili (180 mm) ja betonielementti (203 mm)</b>	21	25	33	60	67
<b>Tiili (180 mm) ja kevytlekaharkko</b>	8	11	10	29	33
<b>Kevytlekaharkko (2 x 203 mm)</b>	13	17	18	25	28
<b>Betonielementti (208 mm)</b>	20	23	29	47	49
<b>Raudoitettu betonielementti (203mm) 140 x 140 mm</b>	22	28	31	50	53
<b>Raudoitettu betonielementti (203 mm) 70 x 70 mm</b>	26	30	37	53	58
<b>Ikkunalasi (13 mm)</b>	1	2	3	0,5	0,5
<b>Kuiva puu (38 mm)</b>	2	3	3	3	3
<b>Kuiva puu (152 mm)</b>	5	6	9	19	20

### 2.3 Matkapuhelinverkko

Suomessa matkaviestinverkon käytössä oleva taajuusalue ulottuu viranomaisradioverkko VIRVE:n 380 MHz:stä aina 4G LTE-verkon 2600 MHz:iin ja tulevaisuudessa mahdollisesti vielä 5000 MHz:iin asti. Eritaajuisilla signaaleilla on erilainen materiaalien läpäisykyky. [1, s. 7.]

Matkapuhelinverkko koostuu kiinteästä verkosta ja tukiasemista (Taulukko 3). Puhelu tai dataliikenne välittyy päätelaitteesta radiosignaalina lähimpään tukiasemaan ja sen kautta eteenpäin kiinteään verkkoon. Tukiasema muodostaa solun, jonka koko ja muoto ovat riippuvaisia lähettimen taajuusalueesta, tehosta, antennin suuntakuviosta ja maastosta tai rakennetusta ympäristöstä. Tukiasemia on erityyppisiä riippuen niiden sijainnista. Harvaan asutuilla alueilla tukiasemat ovat makrosolutyyppisiä. Kaupungeissa ja taajamissa tukiasemat on usein sijoitettu rakennusten katoille. Mikrosolutukiasemat voidaan asentaa rakennusten katolle tai julkisivuun ja niitä käytetään kaupunkiympäris-

tössä. Rakennusten sisään asennettavista pienitehoisista tukiasemista käytetään nimitystä pikosolutukiasema ja niillä paikataan paikallisia katvealueita puhelinverkon peitossa. [14.]

**Taulukko 3 Tukiasematyypit [14.]**

Tukiasematyyppi	Makrosolu	Mikrosolu	Pikosolu
Toimintasäde	Useita kilometrejä	100–1000 m	Alle 100 m
Lähetysteho	Enimmillään muutama sata wattia	Muutamia watteja	Alle 1 W
Käyttöalue	Taajama, maaseutu, kaupunki	Kaupunki	Tiivis kaupunkirakentaminen, rakennusten sisätilat
Antennin sijainti	Katoilla, mastoissa	Katoilla, seinillä	Sisäkatoissa, seinillä

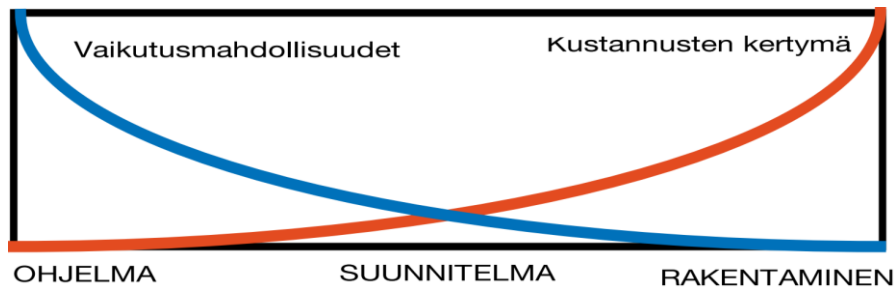
Edetessään väliaineessa radiosignaalin teho vähenee eli se vaimenee. Vapaassa tilassa radiosignaali etenee hyvin ja siihen kohdistuu silloin vain vapaan tilan vaimennus (Free Space Loss, FSL). Läpäisystä aiheutuva vaimennus riippuu läpäistävästä materiaalista, signaalin taajuudesta sekä tulokulmasta pintaan nähden. [26, s. 20.]

Radiosignaalilla on monia erityyppisiä keinoja edetä väliaineessa, eikä se tarvitse suoraa näköyhteyttä lähettävän ja vastaanottavan laitteen välille. Esteet vaikuttavat signaaliin eri tavoin. Heijastumista tapahtuu, kun signaali osuu pintaan, joka on suuri suhteessa signaalin aallonpituuteen. Taipumista tapahtuu, kun signaali osuu aallonpituuttaan suurempaan reunaan ja sirontaa tapahtuu, kun signaali osuu kohteeseen, joka on kokoluokaltaan signaalin aallonpituutta vastaava tai pienempi esimerkiksi epätasainen pinta. Eri- laisten etenemiskeinojen takia signaali voi saapua päätelaitteelle useaa eri reittiä; tätä kutsutaan monitie-etenemiseksi. Tämä aiheuttaa ongelmia ja virheitä tiedonsiirrossa. [26, s. 29.]

### 3 Kuuluvuus ratkaisut

Erilaisia mahdollisia ratkaisuvaihtoehtoja sisäkuuluvuuteen on olemassa monia, mutta ne voidaan jakaa karkeasti kahteen luokkaan: rakennus- ja telepuolen vaihtoehtoihin.

Kuva 2 esittää kustannusten määräytymistä ja niihin vaikutusmahdollisuutta. Sisäkuuluvuuteen liittyen kuva vastaa hyvin sitä, kuinka etukäteen selvittämällä ja ongelmaan varautumalla voidaan toteutusvaiheessa selvittää huomattavasti pienemmällä kustannuksilla.



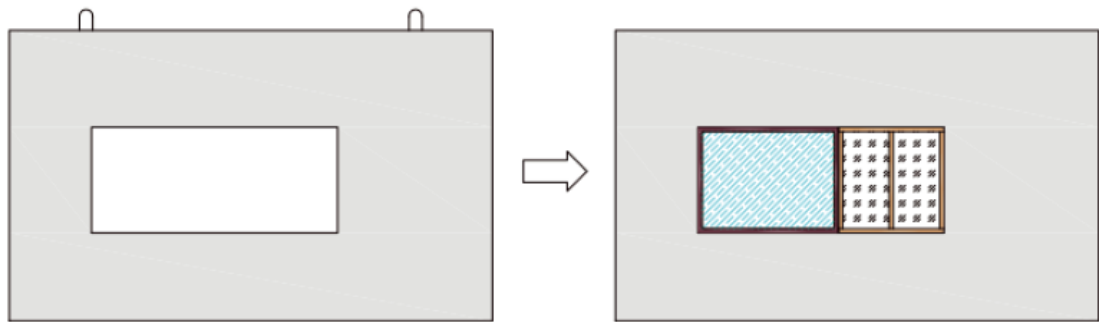
Kuva 2 Kustannusvaikutusten määräytyminen [25.]

#### 3.1 Rakennuspuoli

Rakennuspuolen ratkaisuihin pyritään vaikuttamaan rakenteiden radioteknisiin ominaisuuksiin niin, että signaalivoimakkuus olisi riittävä ilman sisäantenniverkkoa. On ehdotettu käyttöönotettavaksi "RF-luku", joka määrittäisi rakenteiden vaimennusominaisuuksia, jolloin rakennesuunnittelussa olisi mahdollista saada suuntaa-antavia vaimennusarvoja. RF-luvun laajamittaista käyttöönottoa edellyttäisi kuitenkin sen aseman virallistamista rakennusteollisuudessa sekä selkeän ohjeistuksen laatimista ja yhtenäistä laskentamallia. [6, s. 9.]

Mahdollisten radioteknisten ns. "RF-aukkojen" tekeminen betonirakenteisiin tai ikkunoiden selektiivikalvoihin on teknisesti toteutettavissa (Kuva 3), mutta niistä voi aiheutua toisenlaisia ongelmia, kuten selektiivikalvottomien ikkunoiden huurtumista tai vedontunutta niiden läheisyydessä. Toimiakseen RF-aukkoratkaisumalli tarvitsee vahvan ulkosignaali-voimakkuuden ja sen vaikutusalue rakennuksen sisällä on vain aukon läheisyydessä. Mikäli kyseisellä mallilla pyrittäisiin ratkaisemaan ison rakennuksen kuuluvuusongelmat, pitäisi RF-aukkoja olla joka huoneen tai huoneiston ulkovaipassa. [2, s. 12.]

## KEVYTRAKENTEISELLA RF-AUKOLLA



**Kuva 3** Betonirakenteeseen tuleva kevytrakenteinen RF-aukko [8.]

Tulevaisuudessa energiatehokkuusvaatimusten tiukentuessa voidaan olettaa, että eristepaksuudet tulevat kasvamaan entisestään ja rakennuksien ulkovaipoista tulee entistä enemmän radiosignaalia vaimentavia. Markkinoille on tullut perinteisille eristemateriaaleille uusia kilpailijoita kuten aerogeeliin perustuvat eristeet. Aerogeelin lämmöneristyskyky on nykyisiin eristemateriaaleihin verrattuna 2–5-kertainen. Aerogeelipohjaisten eristeiden yleistymistä kuitenkin hidastavat materiaalin korkeat tuotantokustannukset, jotka ovat kuitenkin laskeneet 2000-luvun aikana jo merkittävästi. [15.] Betonirakenteissa rakennuksessa eristemateriaalilla ei kuitenkaan ole suurta merkitystä, sillä raudoitetun betonin vaimennus on jo itsessään niin suuri (Taulukko 2). Jos ulkovaippa on muuta materiaalia kuin betonia on eristemateriaalilla merkittävämpi rooli kokonaisvaimennuksessa. [24, s. 1.]

Selektiivi-ikkunoiden taajuusselektiivisiä pintoja (Frequency selective surfaces) koskevaa tutkimusta on tehty eri yliopistoissa.[22; 23.] Selektiivikalvosta poistetaan tietynlainen kuviointi (Kuva 4), joka ei vaikuta merkittävästi ikkunan lämmöneristyskykyyn, vaan madaltaa matkapuhelinverkon taajuisille signaaleille aiheutuvaa vaimennusta. Ruotsin Lundin yliopistossa tehdyissä mittauksissa oli FSS-ikkunasta aiheutuva vaimennus 1 GHz – 2 GHz taajuusalueella normaaliin selektiivikalvolliseen ikkunaan verrattuna keskimäärin 10 dB matalampi. [22, s. 3.]

Suomessa on yksi taajuusselektiivisiin pintoihin perustuva ikkunatuote saatettu markkinoille lokakuussa 2016. [29.]



**Kuva 4 Lundin yliopiston rakentama testi-ikkuna [22.]**

Jokaisessa kohteessa kannattava rakennuspuolen ratkaisu on varautuminen mahdollisen sisäantenniverkon rakentamiseen. Verkon rakentaminen jälkikäteen on merkittävästi kalliimpaa ja työläämpää. Ratkaisussa suunnitellaan tarvittavat tilavaraukset, reitit kaapeloinneille ja laitepaikat sekä mahdollinen sieppausantennin sijoitus. [2, s. 14; 6, s. 10; 19, s. 12.]

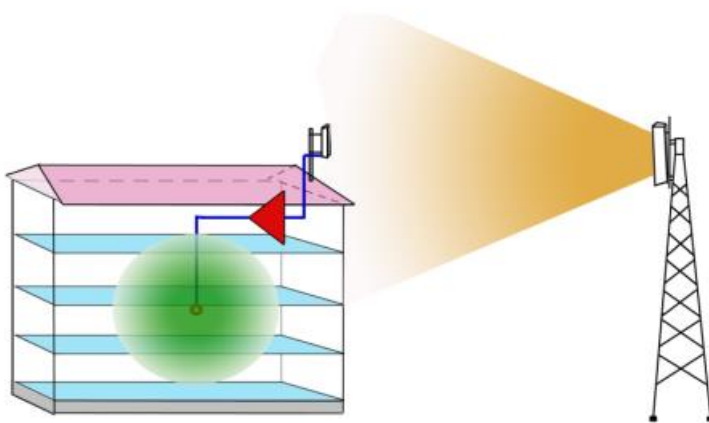
### 3.2 Telepuoli

Suomessa radiotekniset ratkaisut voidaan jakaa kahteen luokkaan, täysin passiivisiin ratkaisuihin, joita kuluttaja voi luvallisesti hankkia, sekä aktiivisiin ratkaisuihin, joissa operaattori hallinnoi verkon aktiivilaitteita. Näistä poiketen uudet datapohjaiset puhepalvelut voivat toimia kuluttajan hankkimien ja asentamien laitteiden kautta.

#### 3.2.1 Toistimet ja tukiasemat

Kuluttajan on mahdollista hankkia niin kutsuttu passiivinen lisäantenni tai passiivinen toistin, jolla ulkona oleva signaali kaapataan ulkoantennilla ja tuodaan koaksiaalikaapelilla sisäantenniin. Tällöin ohitetaan ulkovaipan aiheuttama vaimennus. Tällainen ratkaisu luo sisäpeiton 2 – 5 metrin säteelle sisäantennista ja soveltuu parhaiten esimerkiksi energiatehokkaiden omakotitalojen kuuluvuusongelmien ratkaisuun. Kerrostalossa ja isommissa rakennuksissa passiivisten lisäantennien käyttö olisi ongelmallista, kun jokaiseen huoneistoon täytyisi asentaa oma ulko- ja sisäantenni, jolloin julkisivuun asennettävien antennien määrä olisi suuri.[1, s. 12; 2, s. 15.]

Aktiivitoistinratkaisun periaate on sama kuin passiivisessa vastineessaan (Kuva 5), mutta järjestelmässä antennien välissä on aktiivinen signaalin vahvistin. Ainoastaan operaattoreilla on lupa asentaa ja käyttää aktiivisia toistimia. [19 s. 12.] Kuluttajan hankkimat aktiivitoistin- tai vahvistinjärjestelmät ovat Suomessa kiellettyjä, niiden asentaminen ja operointi vaatii radioteknistä osaamista, jolloin virheellinen asennus voi johtaa muun matkapuhelinverkon häiriöihin. Tällaisia tapauksia selvitetään Viestintäministeriön toimesta vuositason tasolla useita. [2, s. 18.]

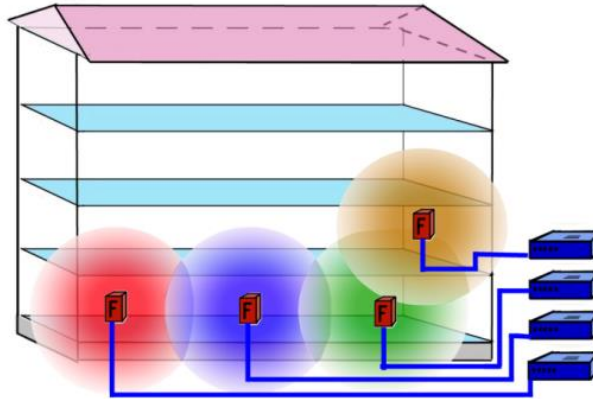


**Kuva 5 Aktiivitoistimen toimintaperiaate [1.]**

Femtosolu- eli kotitukiasemat ovat muualla maailmassa yleistyneet ja operaattorit tarjoavat niitä esimerkiksi Japanissa ja Yhdysvalloissa. Kotitukiasema on operaattorikohtainen kiinteällä laajakaistayhteydellä toimiva laite, joka luo yhden operaattorin matkapuhelinverkon toiminta-alueelleen (Kuva 6).

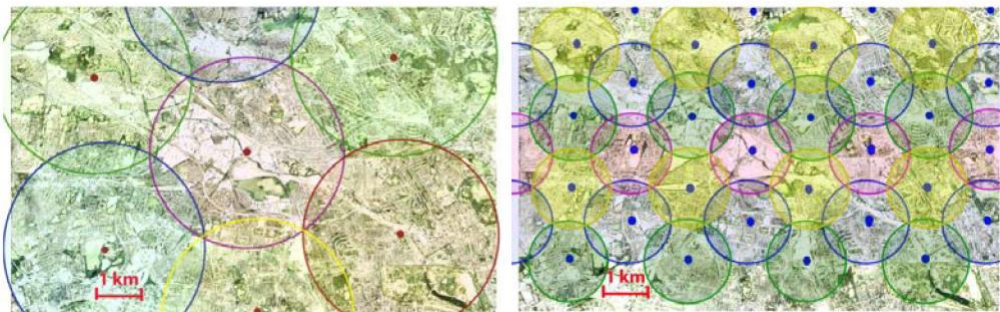
Femtosolun ja sisäantenniverkon toimintaa voidaan verrata Wlan-verkon ja älypuhelimien wlan-hotspot-pisteen välillä. Femtosolutukiasemalla luodaan paikallinen yhteyspiste, kuten älypuhelimella voidaan luoda wlan-hotspot. Sisäantenniverkolla puolestaan saadaan koko rakennukseen sisäpeitto niin kuin kattavalla Wlan-tukiasemien verkolla. [2, s. 15–17.]

Tukiasema on aina operaattorin hallinnoima laite ja vaatii operaattorilta valvontaresursseja. [1, s. 12.] Suomalaiset operaattorit eivät tarjoa kyseistä palvelua. Haasteena on kiinteän yhteyden tarve, mahdolliset tietoturvariskit, taaksepäin yhteensopivuus, häiriöt ja valvontaresurssit. Tulevaisuuden mahdollisuutena tekniikka kannattaa kuitenkin ottaa huomioon, erityisesti pienien rakennusten kuuluvuusongelmia ratkottaessa. [19, s. 13.]



**Kuva 6 Femtotukiaseman toimintaperiaate [1.]**

Sisäkuuluvuuden kannalta tukiasematiheyden kasvattaminen, suhteessa siitä saata-vaan hyötyyn, ei ole operaattoreille taloudellisesti kannattavaa (Kuva 7), eikä se takaa sisäkuuluvuuden parantumista. Verkon suorituskyky on kolmen tekijän summa: peitto, kapasiteetti ja toimintakyky. Peitto on parempi matalammilla taajuuksilla tai suuremmalla tukiasematiheydellä. Haluttaessa kasvattaa kapasiteettiä täytyy käyttää korkeampia taajuuksia ja kasvattaa tukiasematiheyttä, sillä taajuuden kaksinkertaistussa täytyy tukiasematiheyden nelinkertaistua. Tukiasematiheyden nelinkertaistamisella saavutettu signaalivoimakkuuden kasvu jää kuitenkin verrattain pieneksi (n. 6 dB, nelinkertainen) suhteessa rakennusten vaimentavaan vaikutukseen (n. -20 dB, satakertainen). [2, s. 20.]



**Kuva 7 Tukiasemaverkon tiivistäminen 900 MHz / 2100 MHz [3.]**

Toimiakseen uudemmat verkkoteknologiat eivät vaadi yhtä korkeita signaalitasoja kuin vanhemmat (Taulukko 4). Matkaviestinverkkoteknologian kehitys voi tulevaisuudessa

helpottaa kuuluvuusongelmia, kun mm. 4G- tekniikan vaatimusmäärittelyissä on huomioitu femto-tukiasemat ja kuluttajan aktiivitoistimet. [2, s. 19.]

**Taulukko 4 Eri verkkotekniikoiden vaatimia signaalinvoimakkuuden raja-arvoja [16.]**

Raja-arvot*	2G Rx level	3G RSCP	LTE RSRP
Erinomainen	> -70 dBm	> -80 dBm	> -90 dBm
Hyvä	> -85 dBm	> -95 dBm	> -105 dBm
Välttävä	> -95 dBm	> -105 dBm	> -115 dBm

### 3.2.2 VoLTE ja VoWifi

Maailmalla jo useilla operaattoreilla on lanseerattu uudet VoLTE (Voice over Long Term Evolution) eli puhepalvelu 4g-verkossa ja VoWifi (Voice over WiFi) eli puhepalvelu langattomassa lähiverkossa. Pitkään olemassa olleesta VoIP (Voice over Internet Protocol) eli internetpuhelusta uudet tekniikat eroavat siinä, että niiden käyttäminen ei vaadi älypuhelimien käyttäjältä mitään erillistä ohjelmistoa vaan älypuhelinia käytetään normaaliin tapaan, mutta puhelut siirtyvät datana joko langattoman lähiverkon tai 4g-verkon välityksellä. Puhelun soittaminen vaatii siis WLAN-verkon internetyhteydellä tai yhteyden LTE-verkkoon.

Suomessa esimerkiksi Elisa on tuonut palvelun kuluttajamarkkinoille, mutta kirjoitushetkellä palvelua tukevia älypuhelinmalleja on vain kaksi. [27.] Myös DNA on vuoden 2016 alussa ilmoittanut VoLTE- ja VoWiFi-palvelujen ottamisesta testikäyttöön kuluttaja-asiakkailleen. [32.] Testijakson päätyttyä palvelun pitäisi tulla kaikkien asiakkaiden saataville. Voidaan pitää todennäköisenä, että kaikki siirtyvät operaattorit tulevaisuudessa ainakin osittain data-pohjaisiin puheluihin.

VoWiFi-tekniikalla on mahdollista ratkaista energiatehokkaiden asuinrakennusten asuntojen sisäiset kuuluvuusongelmat hyvin kustannustehokkaasti. Viestintäviraston määräys 65B / 2016:ssa vaaditaan, että jokaiseen uuteen asuntoon on tuotava yksi katego-

rian 6 parikaapeli sekä neljä optista yksimuotokuitua. [17, s. 5.] Tällöin jokaisessa asunnossa on valmiudet kiinteälle laajakaistalle, jonka avulla voidaan asuntoon luoda WLAN-verkko.

Monissa uusimmissa älypuhelinmalleissa on laitteiston puolelta mahdollisuudet VoWiFi- ja VoLTE-tekniikoille, mutta niiden käyttöönottoon vaaditaan ohjelmistollinen päivitys. Voidaan siis olettaa, että Suomessa tuettujen päätelaitteiden määrä kasvaa huomattavasti nykyisestä kahdesta.

### 3.2.3 Sisäantenniverkko

Operaattorien hallinnoimat aktiivilaitteet, tukiasemat tai toistimet sekä niihin liitetty passiivinen sisäantenniverkko on tällä hetkellä kaikista vaihtoehdoista laajamittaiseen käyttöön varteenotettavin. Verkon korkealaatuisuuden sekä häiriöttömyyden kannalta operaattorien hallinnassa toimivat aktiivitoistinjärjestelmät ovat hyvä ratkaisu. Tällaiset sisäantenniverkot ovat taloudellisesti kannattavia kuitenkin vasta isoissa kiinteistöissä tai asuinrakennuksissa. Laajaspektrisessä monioperaattoriverkossa kaikki palveluntarjoajat voidaan yhdistää samaan fyysiseen sisäantenniverkkoon. [11; 2, s. 16.]

Monioperaattoriverkkoa tai sisäantenniverkkoa yleensäkin voidaan ajatella kuten yleiskaapelointiverkkoa. Molemmat ovat kiinteistöön asennettavia väyliä joilla mahdollistetaan operaattorien palvelujen tuonti käyttäjälle. Niin sisäantenniverkon kuin yleiskaapelointiverkon omistaa kiinteistön omistaja eikä operaattorilla ole vastuuta niiden toimivuudesta. Sisäantenniverkko kuten yleiskaapelointiverkkokaan ei toimi ennen kuin se on liitetty operaattorin verkkoon.

Mikäli operaattorilla on rakennettavan tai saneerattavan kohteen ympäristössä heikko ulkopeitto ja sitä on tarvetta parantaa, voivat kiinteistön omistaja ja operaattori sopia rakennuksen katolle tai julkisivuun asennettavan ulkoantennin tai ulkoantenneja, joita varten tarvittavaa tukiasemaa voidaan käyttää myös sisäantenniverkon tukiasemana. Mikäli tukiasemaa ei nähdä tarpeelliseksi eikä ulkopeittoa tarvitse parantaa, voidaan käyttää toistinta. Operaattorin kannalta toistin on huomattavasti edullisempi, ja siitä aiheutuvat kiinteät kulut ovat myös pienemmät kuin tukiaseman. [10; 11; 19, s. 9.]

## 4 Tarvekartoitus

Tarvekartoituksen tarkoituksena on selvittää, mikä ratkaisu on kustannusten ja toimivuuden kannalta järkevin ratkaisu varmistaa sisäkuuluvuus. Tarvekartoitusta suoritetaan monessa eri rakentamisen vaiheessa, ja sillä on merkittävä rooli kustannusten määräytymisen kannalta.

### 4.1 Lähtötiedot

Uudiskohteen tarvekartoituksessa otetaan selvää tulevista käyttäjistä ja heidän tarpeista. Selvitetään kaikki tilat, joissa matkapuhelinverkon tulee kuulua, palvelut ja niiden tulee toimia taso sekä operaattorit, joiden palveluja tullaan käyttämään. Pelastusviranomaiselta saadaan tieto viranomaisverkko VIRVE:n tarpeesta ja operaattoreilta vaatimukset ja halukkuus toimittaa laitteet aktiivilaitteet sisäantenniverkkoon. [18, s. 6.]

Operaattoreille lähetettävä tiedot kohteesta ovat

- katuosoite
- rakennuksen tyyppi, rakennusmateriaali ja koko
- kiinteistön käyttäjät, arvioitu määrä käyttäjistä ja käyttötarkoitus
- sisäkuuluvuusmittauksen tulokset
- rakentamisaikataulu

Saneerattavassa kohteessa olemassa olevaan kiinteistöön voidaan suorittaa sisäkuuluvuusmittaus, jolla silloinen kuuluvuustilanne on helposti sekä luotettavasti esitettävissä ja sitä voidaan verrata vaatimukseen. Uudiskohteessa kuuluvuusmittaus tehdään rakennettavan kohteen tontille, jolloin saadaan tietoa ulkona vallitsevista signaalien voimakkuuksista. Näitä tietoja voidaan käyttää suunnittelun edetessä. [3, s. 4; 11.]

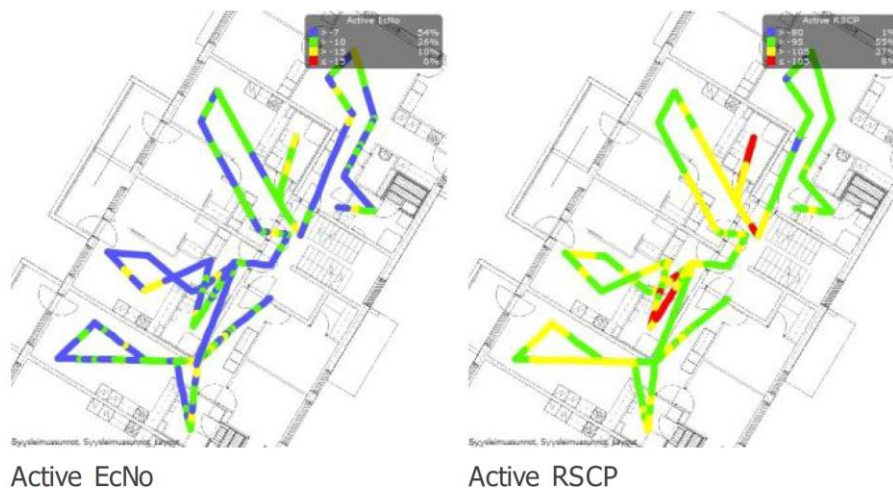
### 4.2 Kuuluvuuskartoitus

Rakennettavan kohteen tontille kannattaa suorittaa hyvissä ajoin alustava kuuluvuuskartoitus, jossa selvitetään alueella olevien signaalien taso. Tätä tietoa voidaan hyödyntää

yhdessä rakennusmateriaaleista saatavan tiedon kanssa ja voidaan jo etukäteen arvioida tai mallintaa rakennuksen ulkovaipan aiheuttamia vaimennuksia matkapuhelinverkon signaalille. Jos jo tämän mittauksen aikana käy ilmi, että yhden tai useamman operaattorin signaalit ovat heikkoja, voidaan olettaa tarvittavan jokin kuuluvuutta parantava ratkaisu, mikäli halutaan varmistua sisäkuuluvuudesta. [16.]

Sisäkuuluvuusmittaus voidaan suorittaa uudiskohteisiin, kun rakennuksen ulkovaippa on radiosignaalin etenemisen kannalta lopullisessa muodossa, eli ikkunat ja ovet ovat asennettu paikoilleen. Mahdolliset aukinaiset aukot tulee sulkea mittauksen ajaksi RF-ominaisuuksiltaan valmista rakennetta vastaavalla materiaalilla. Jos pysyvän materiaalin RF-ominaisuuksia ei tiedetä, pitää sulku tehdä radiosignaalia läpäisemättömällä materiaalilla, esimerkiksi tiheäsilmäisellä metalliverkolla tai alumiinifoliolla. [3, s. 5.]

### UMTS - 2100 MHz (Band 1) 20151112-092207.2.1.echo



**Kuva 8 Esimerkki 3G-puhe-mittaustuloksista (sininen = erinomainen, punainen = heikko) [15.]**

Mittaukset pitää suorittaa niihin suunnitelluilla mittalaitteilla, joilla voidaan vähintään dokumentoida eri verkkotyypin ja operaattorien osalta seuraavat kohdat:

- kentänvoimakkuudet (dBm)

- radiosignaalin laatu (Radiotien häiriöllisyys, dB)
- datasiirron nopeus (Mbit/s)
- puhelujen onnistuvuus.

Mittauksissa saatuja arvoja verrataan luokitustaulukoissa ilmoitettuihin arvoihin (Kuva 8). Kentänvoimakkuus on puhelimen ja tukiasemien vastaanottaman signaalin taso (Taulukko 5). Arvo ilmoitetaan desibelimilliwatteina (dBm). Ainoastaan kentänvoimakkuuden mittaaminen ei riitä kertomaan kuinka hyvin matkapuhelinverkko toimii. Toinen merkittävä tekijä on radiosignaalin laatu tai radiotien häiriöttömyys (Taulukko 6). Mitä vähemmän häiriötä radiotiessä on, sitä pienemmällä kentänvoimakkuudella päätelaitteet toimivat. [16.]

**Taulukko 5 Kentänvoimakkuuden raja-arvoja**

Esimerkki Raja-arvot kentänvoimakkuudelle	2G Rx level	3G RSCP	LTE RSRP
<b>Erinomainen</b>	> -70 dBm	> -80 dBm	> -90 dBm
<b>Hyvä</b>	> -85 dBm	> -95 dBm	> -105 dBm
<b>Välttävä</b>	> -95 dBm	> -105 dBm	> -115 dBm
<b>Huono</b>	< -95 dBm	< -105 dBm	< -115 dBm

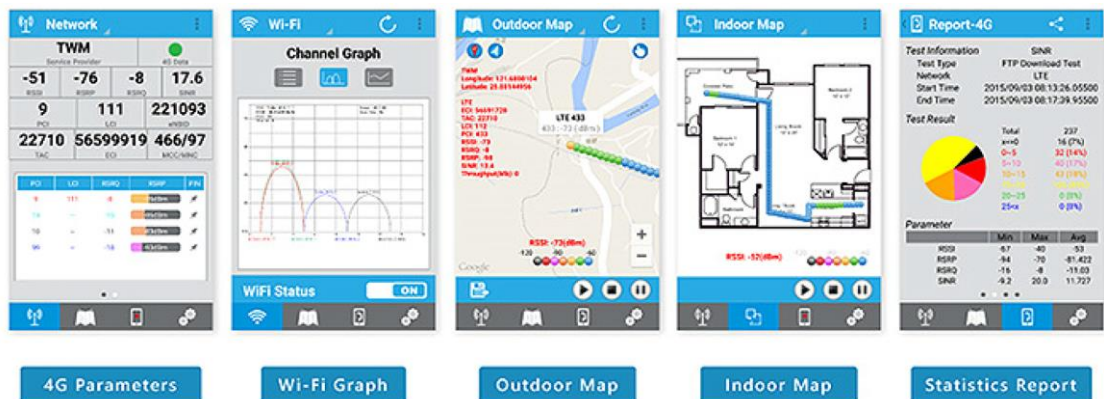
Mittaukset on suositeltavaa suorittaa kaikissa tiloissa, joissa on syytä olettaa matkapuhelimia käytettävän. Operaattoreita sekä linkkibudjettilaskelmaa varten on kannattavaa suorittaa mittaukset myös rakennuksen ulkopuolella. [3, s. 4.]

**Taulukko 6 Radiotien laadun raja-arvoja**

Esimerkki Raja-arvot laadulle	2G Rx level	3G Ec/No	LTE RSRQ
<b>Erinomainen</b>	< 2	> - 7 dB	> - 10 dB

Hyvä	2 - 4	-7 - -10 dB	-10 - -15 dB
Välttävä	4 - 6	-10 - -15dB	-15 - -20dB
Huono	> 6	< -15dB	< -20dB

Kuuluvuuskartoituksen suorittamiseen on olemassa älypuheliin asennettavia ilmaisia sekä maksullisia ohjelmistoja (Kuva 9). Ohjelmistoilla voidaan mitata käytössä olevan operaattorin signaalin tasoja (2G, 3G, 4G), esittää tulokset visuaalisesti yksinkertaisena kiinteistön pohjapiirustuksen päällä ja saada parametritietoja sekä raportteja. Mittauksissa täytyy huomioida, että yksi puhelin yhdellä SIM-kortilla mittaa vain yhden operaattorin yhden verkkotekniikan signaalin tasoa, joten kattavan tuloksen saamiseksi ovat mittaukset suoritettava joko useaan kertaan tai käyttäen useaa laitetta kaikkien operaattoreiden SIM-korteilla. Tällaiset ohjelmistot kuitenkin mahdollistavat helpon tavan saada ennakkotietoa esimerkiksi rakenteilla olevasta kohteesta jo ennen kattavaa kuuluvuus-kartoitusta (Kuva 8). [11.]



Kuva 9 Coiler SSA Essential-sovellus [11.]

### 4.3 Viranomaisverkko VIRVE

Yleiseurooppalaiseen TETRA-standardiin perustuva Suomen viranomaisradioverkko VIRVE on lähes koko maan kattava radioverkko, jonka operaattorina toimii Sisäasiainministeriön alainen Suomen Erillisverkot Oy. VIRVE:n käyttäjiä ovat poliisi, tulli, rajavarti-

laitos, pelastuslaitokset, puolustusvoimat, tulli, rikosseuraamuslaitos ja sairaanhoitopiirien päivystyspoliklinikat. Myös sähkösaannista vastaavilla energialaitoksilla ja sähköyhtiöllä on käytössään VIRVE.

Pelastuslain pykälässä 109 puhutaan viranomaisverkon käytettävyydestä ja tarpeesta seuraavasti:

”Jos viestintämarkkinalain (393/2003) 2 §:n 1 momentin 9 kohdassa tarkoitetun viranomaisverkon käytettävyys rakennuksessa tai rakennelmassa, jossa on tavanomaista suurempi henkilöturvallisuusriski, on estynyt rakennuksesta tai rakennelmasta johtuvasta rakenteellisesta syystä ja viranomaisverkon käytettävyys ei ole riittävä pelastustoiminnan asianmukaiseksi suorittamiseksi, alueen pelastusviranomaisen voi määrätä rakennuksen tai rakennelman omistajan hankkimaan välttämättömiä viranomaisverkon käytettävyyttä varmistavia laitteita ja pitämään ne toimintakunnossa.”[5.]

Pelastusviranomaisen vaatimuksesta kiinteistön omistaja voidaan velvoittaa varmistamaan VIRVE-verkon toimivuus. Usein selviä viitteitä VIRVE-palvelun toteuttamiselle ovat jos rakennus on hyvin laaja, siinä on maanalaisia tiloja, rakennusmateriaalit ovat radio-signaalia läpäisemättömiä tai alueen ulkopeitto ei ole riittävä. [18, s. 4.] VIRVE-verkko toimii 380–400 MHz:n taajuusalueella, joka on huomattavasti kaupallisia matkapuhelinverkkoja alhaisempi taajuus. Matalampi taajuus mahdollistaa paremman peiton sekä rakenteiden läpäisykyvyn, jolloin VIRVE-verkko voi toimia rakennuksen tiloissa, joissa muut operaattorit eivät toimi. [18 s. 12.]

Viranomaisen todetessa VIRVE-sisäpeiton tarpeelliseksi rakennuksessa voidaan se merkitä rakennusluvan ehdoksi. Yhteistyössä pelastusviranomaisen kanssa määritetään tilat, joissa VIRVE-kuuluvuus on oltava saatavilla. Tarvekartoituslomake L1 toimii suunnittelun lähtötietoina ja ennen rakennuksen käyttöönottoa tehtävässä erityisessä palotarkastuksessa on VIRVE-verkon toimivuudesta esitettävä hyväksytty tarvekartoituslomake, johon asennustyöstä vastannut on tehnyt käyttöönottoon liittyvät merkinnät. [18, s. 6.]

Rakennettavaa VIRVE-verkkoa on mahdollista myös laajentaa toimimaan monioperaattoriverkkona yhdistämällä siihen kaupallisten operaattorien palveluja, langatonta lähiverkkoa. Monioperaattoriverkolla vältetään päällekkäisiä investointeja. [18 s. 13.]

## 5 Hankesuunnittelu

Jos tarvekartoituksessa saatujen tietojen perusteella voidaan todeta, että sisäkuuluvuus tulee olemaan heikko, eikä sitä voida ratkaista rakenteellisin keinoin, voidaan sisääntenniverkon hankinnassa edetä hankesuunnitteluvaiheeseen.

### 5.1 Tavoitteet

Hankesuunnitteluvaiheessa tilaaja, suunnittelija ja operaattorit laativat tarveselvityksessä saatujen tietojen perusteella karkean suunnitelman, jonka perusteella voidaan tehdä myös suuntaa-antava kustannusarvio. Hankesuunnitteluvaiheessa on määriteltävä seuraavia seikkoja:

- sisääntenniverkon peruskokoonpano
- laitteiden sijainnit, niiden tilantarve ja tilojen ilmastoinnin sekä jäähdytyksen tarve
- arvio antennien määrästä, sijoituksesta, johtoteistä ja kaapeloinnista
- karkea kustannusarvio

Mikäli hankesuunnittelun tasoisilla suunnitelmissa lähdetään kilpailuttamaan toteutusta ja niitä käytetään urakkalaskentamateriaaleina, voivat tarjoukset toteutuksesta erota toisistaan niin merkittävästi etteivät ne ole keskenään vertailukelpoisia. Jotta tällaiselta tilanteelta vältyttäisiin, tulisi urakkalaskentamateriaalien oltava riittävän yksityiskohtaisia ja niiden avulla tulisi olla mahdollista suorittaa toteutus ilman, että urakoitsijan täytyy itse jatkaa suunnitelmia toteutuskelpoiksi. Ennen urakkatarjousten lähettämistä tulisi suunnitelmien olla toteutustasoisia. [10; 11.]

### 5.2 Osapuolet

Eri osapuolten välinen kommunikaatio on tärkeää projektin sujuvan etenemisen kannalta. Informaatioketjun säilyminen ehjänä helpottaa kaikkien osapuolien työtä.

Tilaaja

Kattavat lähtötiedot sekä tilaajan selkeä vaatimustaso sisääntenniverkon toiminnalle helpottaa suunnittelutyön rajaamista oikeaan laajuuteen ja helpottaa kustannusarvion tekoa. Tilaajan vastuulla on siis määrittää millaisilla kriteereillä järjestelmä toteutetaan.

### Operaattori

Operaattori on kriittisessä roolissa sisääntenniverkon rakentamisessa. Operaattorin toimittamat ja hallinnoimat aktiivilaitteet mahdollistavat sisääntenniverkon toiminnan. Laitteet toimivat rajapintana sisääntenniverkon ja yleisen viestintäverkon välillä. Tämän takia operaattoreihin kannattaa olla yhteydessä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta voidaan varmistua heidän halustaan liittyä sisääntenniverkkoon.

Operaattori antaa sisääntenniverkon suunnitteluun tarvittavat lähtötiedot:

- sisääntenniverkkoon syötettävät järjestelmät ja niiden taajuudet (GSM, UMTS, LTE) (800, 900, 1800, 2100 ja 2600 MHz)
- kunkin matkaviestinjärjestelmän lähetysteho
- operaattorien järjestelmien kokonaisteho
- aktiivilaitteiden tyypit ja niiden merkittävimmät ominaisuudet (toisin / tukiasema)
- toistintratkaisua käytettäessä sieppausantennin suuntaus ja asennuskorkeus
- kuuluvuusaluevaatimukset sekä ulkoantennin asennustarpeet
- laitetilän vaatimukset kuten koko, sähkönsyöttö, jäähdytys ja kulkureitti. [12.]

### Suunnittelija

Hankesuunnitteluvaiheessa suunnittelijan tehtävänä on laatia operaattoreilta saaduilla lähtötiedoilla ja tilaajan vaatimusten perusteella suuntaa-antavat suunnitelmat. Näiden suunnitelmien perusteella saadaan karkea kustannusarvio sekä niitä voidaan käyttää toteutussuunnittelun lähtötietoina.

### Pelastusviranomainen

Pelastusviranomaisen suorittaa tarvekartoituksen VIRVE-verkkoa varten riskikohteiksi arvioiduissa kiinteistöissä. Tällaisia kiinteistöjä ovat esimerkiksi isot kokoontumis- ja liiketilat, maanalaiset tilat (pois lukien tavalliset kellaritilat), automaattisella paloilmoitinmella tai sammutuslaitteistolla varustetut kiinteistöt.

Rakennuslupaan sidotun VIRVE-verkon kuuluvuus selvitetään kuuluvuuskartoituksella. Tarveselvityksessä käytetään VIRVE-sisäverkon tarvekartoituslomaketta L1 (liite 1), jossa määritellään selvittävän kohteen perustiedot, kuten sijainti, omistaja, kuuluvuus-kartoituksen suorittaja, paikallinen pelastusviranomaisen, tuleeko VIRVE-kuuluvuus rakennusluvan ehdoksi ja kuinka laajasti sen tulee toimia rakennuksessa.

Mikäli pelastusviranomaisen suorittaman erityisen palotarkastuksen yhteydessä havaitaan, ettei VIRVE-verkon sisäpeitto ole riittävä, voi viranomaisen määrätä sisäpeiton parannettavaksi niiltä osin. VIRVE-verkkojen toteutukseen on Suomen Erillisverkot Oy:n laatima ohje, jonka mukaan verkot on toteutettava. [18.]

### 5.3 Hankesuunnittelun tulos

#### Tilavaraukset

Operaattorien sisääntenniverkkoon liittyville aktiivilaitteille sekä monioperaattoriverkkoon tarvittaville yhdistelyelementeille on hyvä varata tilat talojakamossa tai muussa vastaavassa laitetilassa, vaikka lopullista päätöstä sisääntenniverkon rakentamisesta ei olisi tehty (Taulukko 7). Johtoreitteihin, joihin sisääntenniverkkoon liittyviä kaapelointeja on arvioitu tehtävän, on hyvä varata tilaa, riippumatta siitä, tullaanko järjestelmää toteuttamaan.

Laitetilojen vaatimukset ovat viestintäviraston määräyksen M65 mukaiset. Ellei talojakamo ole riittävä operaattorien laitteille, täytyy muualta kiinteistöstä järjestää asianmukaiset ja käyttötarkoitusta vastaavat tilat. Riippuen sisääntenniverkon ratkaisutyypistä täytyy varmistaa yhteys yleiseen viestintäverkkoon kuitukaapelilla tai johtoreitti ulkoisiin sieppausantenneihin, mikäli käytössä on toistimet.

Taulukko 7 Esimerkkiarvoja aktiivilaitteiden vaatimista tiloista

Huoneistojen lkm	Kaappien määrä	Kaapin koko	lattiapinta-ala
20-50 ( ei sähkön varmistusta )	2	2 * (600 x 600 x 2000) mm	0,72
51-150 ( sähkönvarmistus )	4	4 * (600 x 600 x 2000) mm	1,44
> 150	n * 4 (useita tiloja)	n * 4 * (600 x 600 x 2000) mm	
Suositeltavaa on, että laitteet asennetaan 19" vapaasti seisoviin kaappeihin tai seinälle asennettaviin kaappeihin tai telineisiin			

Tyypillisesti operaattoreiden aktiivilaitteet asennetaan niin kutsuttuihin rakkikaappeihin, joiden lattiapinta-ala on 600 x 600 mm. Laitteiden määrä riippuu asennettavan järjestelmän laajuudesta, yleensä yhden ja neljän kaapin välillä. Lisäksi tulee huomioida operaattorien omat UPS-laitteet. Suuremmissa kiinteistöissä voidaan aktiivilaitteita joutua sijoittamaan useampaan tilaan, etteivät passiivisen sisäantenniverkon kokonaisvaimenukset kasva liian suuriksi. [3, s. 13; 18.]

Laitetilan tai talojakomon suunnittelussa on otettava huomioon seuraavia asioita:

- liityntäkaapeleille, sisäantenniverkon kaapeleille ja sieppausantennien kaapeleille tarkoituksenmukaiset kaapelireiitit
- puhtaus, pölyttömyys, tilan riittävä ilmanvaihto ja jäähdytys
- aktiivilaitteiden sähkönsyöttö ja potentiaalintasaus
- asiakirjoille kunnolliset säilytystilat
- viranomaisverkon laitteiden vaatimukset.

Verkon tyyppi

Sisäantenniverkon tyyppi (tukiasema, toistin, SiSo, MiMo) vaikuttaa moniin seikkoihin, mm. sähkösyöttöön, laitemääriin ja johtoreitteihin. Nämä asiat on hyvä huomioida suunniteltaessa ja silloin mikäli suunnittelun edetessä sisäantenniverkon tyyppi vaihtuu.

## Kustannusarvio

Sisäantenniverkosta aiheutuvat kustannukset riippuvat toteutettavan järjestelmän laajuudesta. Kiinteistön omistajalle kustannuksia aiheutuu kuuluvuusmittauksista, sisäantenniverkon suunnittelusta sekä toteutuksesta. Suunnittelusta ja mittauksista aiheutuvat kulut ovat keskimäärin noin 10 %:n luokkaa kokonaiskustannuksista. [25.]

Sisäantenniverkon komponenttien laadusta ei kuitenkaan kannata tinkiä matalampien kustannuksien toivossa, koska huonolaatuisemmat tuotteet voivat aiheuttaa häiriötä, varsinkin monioperaattoriverkoissa, joissa kulkee useita eritaajuisia signaaleja samanaikaisesti. [11; 10.]

Laajakaistaisemmat komponentit ovat arvokkaampia kuin kapeampaa taajuuskaistaa tukevat. Laajakaistaisuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota, jos samaan monioperaattoriverkkoon tullaan liittämään kaupallisten operaattorien lisäksi viranomaisverkko. [25; 11.]

Asuinrakentamisessa kustannuksia voidaan eritellä esimerkiksi jakamalla kokonaiskustannukset asuntojen määrällä. Tällä erittelyllä sisäantenniverkon kokonaistoteutuksesta aiheutuneet kustannukset laskevat asuntoa kohden, mitä laajempi järjestelmä rakennetaan. Kattavan monioperaattoriverkon suunnittelu- ja toteutuskustannukset ovat asuntojen määrästä riippuen 200–500 € / asunto. [25; 11.]

## 6 Toteutussuunnittelu

Kun tarveselvityksessä tehty hankepääätös ja hankesuunnitelman karkeat suunnitelmat on saatu tehtyä, voidaan niiden pohjalta ruveta tekemään toteutussuunnittelua. Toteutussuunnittelun tavoitteena on luoda riittävän tarkat ja yksityiskohtaiset suunnitelmat jotka palvelevat sisäantenniverkon urakkalaskentaa sekä rakentamista. [3, s. 5.]

### 6.1 Vaadittavat pohjatiedot

Jotta suunnittelun informaatioketju pysyy ehjänä, toteutussuunnitelmien pohjatietoina on hyvä olla vähintään hankesuunnitelma, rakennuksen pohjakuvat, laittilojen varaukset,

sisäkuuluvuuskartoituksen tai -mittauksen tulokset ja rakentamisen aikataulu. Operattorit antavat omat tietonsa kohteeseen

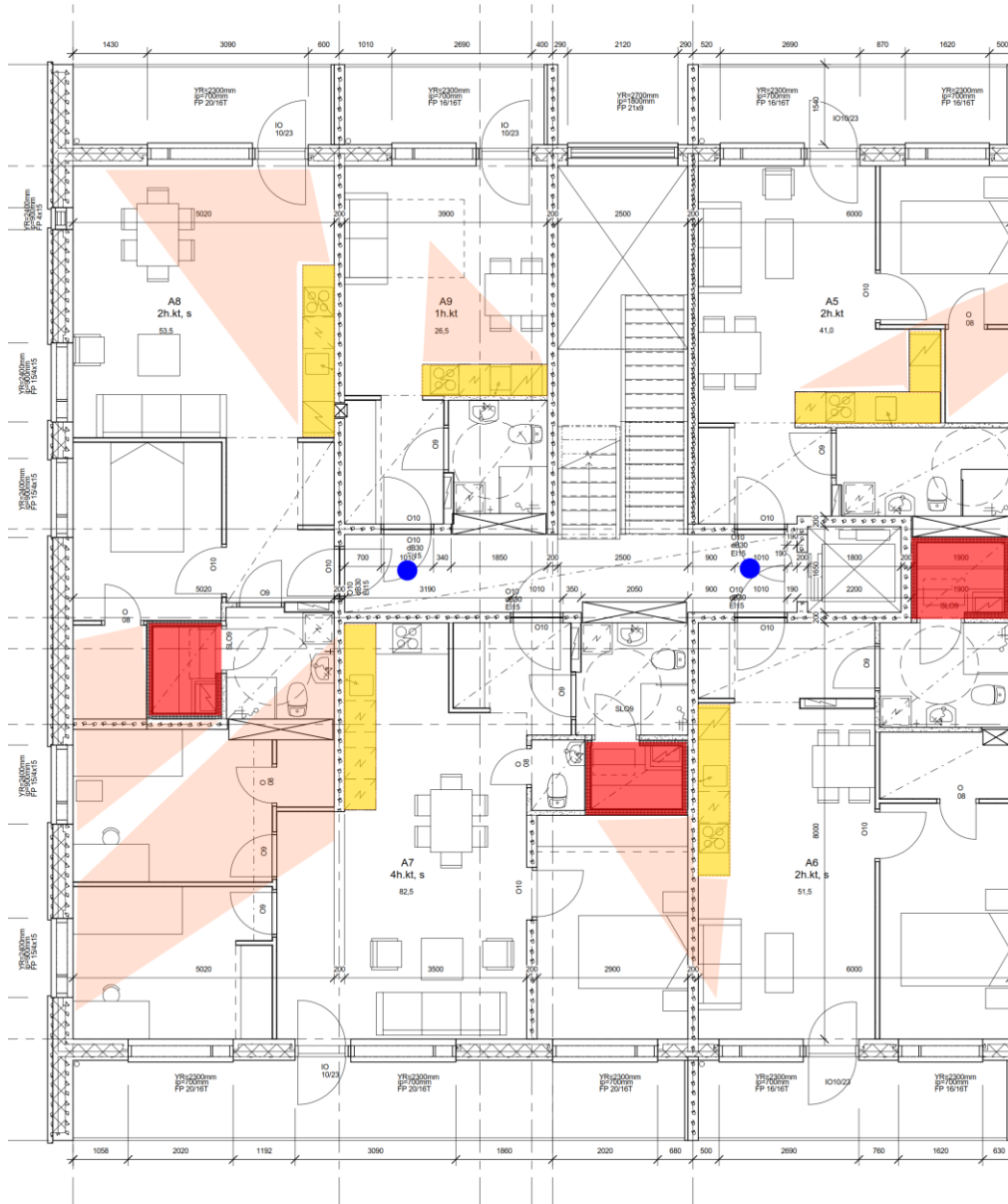
#### 6.1.1 Kuuluvuusalueen suunnittelu

Kuuluvuusalueiden suunnittelussa pyritään huomioimaan tilaajan toiveet sekä loppukäyttäjän tarpeet. Kiinteistö jaotellaan sopivan kokosiin alueisiin ja niihin pyritään sijoittamaan antennit niin, että ne palvelevat aluetta kattavasti.

Laadukkaan sisäantenniverkon suunnittelun tavoitteena on, että kaikille antennille saadaan lähes samansuuruinen vaimennus. Olettaen, että jokaisella antennilla voidaan käyttää samaa lähetystehoa ylittämättä Säteilyturvakeskuksen antamia väestöön kohdistuvia enimmäisradiosäteilyarvoja.

Kuuluvuusalueen suunnitteluun liittyvien suunnitelmien, kuten johtoreittien tai arkkitehtipohjien muutoksien ja tarkennusten myötä tarkentuvat myös antennien sijainnit. Tämän vuoksi suunnitteleminen on iteratiivista ja suunnitelmia optimoidaan työn edetessä. [3, s. 5.]

Keittiöt ja saunat tulee ottaa huomioon antennien paikkoja määriteltäessä. Riippuen keittiössä käytettävistä materiaaleista ja kodinkoneista voivat ne muodostaa merkittäviä vaimennuksia. Saunojen eristeissä käytetty alumiini aiheuttaa myös ongelmia ja niiden taakse voi jäädä katvealueita. (Kuva 10)



**Kuva 10 Keittiöiden ja saunojen vaikutus kuuluvuusalueisiin, mahdolliset katvealueet merkitty oranssilla**

Antennin lopullisen paikan määrittämiseen voidaan käyttää testilähetintä, joka vastaa paikalle asennettavaa antennia ja sen lähetystehoja. Antenni lähettää asetettua taajuutta ja sen vaikutusalueella suoritetaan spektrianalysaattorilla mittaus, jolla voidaan määrittää ulkopuolisista lähteistä aiheutuva passiivinen keskinäismodulaatio (PIM). Hyvin pienetkin muutokset antennien sijoittelussa voivat vaikuttaa antennin toimintaan. Sijoittelussa huomioon tulee esimerkiksi lähellä olevat metalliset rakenteet, kuten alakattoraakenteet, ilmanvaihtokanavat, vesijohdot ja viemärit. [28; 11.]

Tämä toimenpide vaatii kuitenkin aktiivisten lähettimien käyttöä, määritetyillä taajuuksilla tehtäessä, testin tekijällä on oltava asianmukaiset taajuusluvut.

### 6.1.2 Linkkibudjettilaskelma

Linkkibudjettilaskelma (linkkibudjettianalyysi) (liite 2) on radioverkkosuunnittelussa yleisesti käytetty työkalu jolla varmistetaan laskennallisesti, että siirtoyhteys päätelaitteen ja verkon välillä toimii. Laskelmassa esitetään molempien siirtosuuntien osien vaimennukset. Suunnat ovat alalinkki, tukiasemalta päätelaitteelle ja ylälinkki päätelaitteelta tukiasemalle. [3, s. 6.]

Sisääntenniverkossa jokainen komponentti joko vaimentaa tai vahvistaa signaalia (Taulukko 8), ja tavoitteena on saada jokaiselle verkon antennille samansuuruinen EIRP-kokonaisteho, kuitenkin ylittämättä STUK:n asettamia suurimpia sallittuja kokonaistehoja

- 250 mW (+24 dBm), jos antennin alareuna on alle kahden metrin korkeudella lattiatasosta
- 1 W (+30 dBm), jos antennin alareuna on yli kahden metrin korkeudella lattiatasosta
- 2 W (+33 dBm) jos antennin alareuna on yli kahden metrin korkeudella lattiatasosta, eikä antennin läheisyydessä oleskella pitkiä aikoja.

Edellä esitetyt tehot ovat kaikkien verkkoon syötettyjen järjestelmien muodostama yhteisteho, eli monioperaattoriverkossa se voi muodostua kolmen eri operaattorin kolmesta eri verkkoteknologiasta joiden summa ei saa ylittää määritettyjä arvoja.

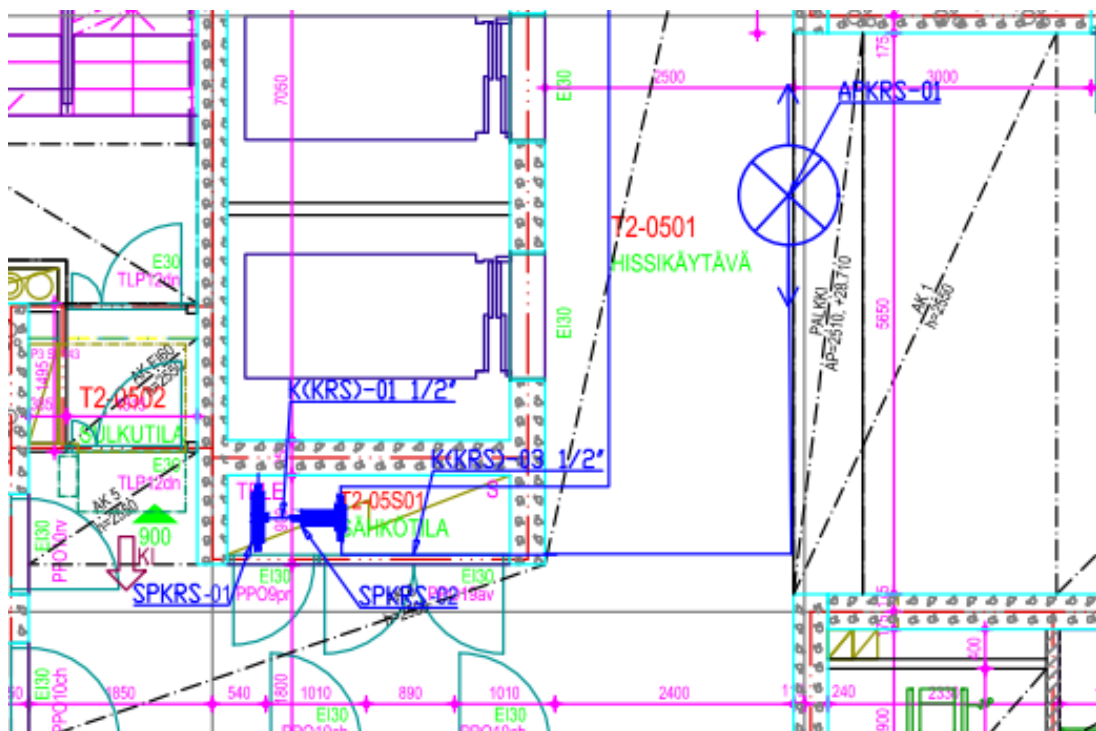
Yleensä linkkibudjettilaskelmassa esitetään tukiaseman lähetysteho desibelimilliwatteina ja verkossa esiintyvät häviöt desibeleinä, jolloin yhdistelyelementeistä, kaapeleista ja tehonjakajista aiheutuvat vaimennukset sekä antennin vahvistus voidaan vain summata yhteen ja tuloksena saadaan antennin EIRP-kokonaisteho desibelimilliwatteina.

Taulukko 8 Esimerkki linkkibudjettilaskelmasta tukiasemalta antennille

Antenni	Tuloteho (dBm)	Hybridihäviöt (dB)	1/2" Kaapelipituus (m)	7/8" Kaapelipituus (m)	Kaapelivaimennus (2100 MHz) (dB)	Tehonjakajan häviöt (dB)	Tulotaso antenniin (dBm)	Antenni vahvistus (dBi)	EIRP (dBm)
A1	54,77	4,8	5	60	4,15	19,4	26,42	6,5	32,92

### 6.1.3 Tasopiirustukset

Tasopiirustuksiin merkitään sisäantenniverkkoon liittyvien antennien paikat, niiden kaapeloinnit, tehonjakajat ja laitetiloihin tulevat komponentit sekä niihin liittyvät tietoliikenneyhteydet ja sähkönsyöttö. Kuva 11 on ote sisäantenniverkon tasokuvasta. Kuvassa näkyy nousukuiluun sijoitetut tehonjakajat, niiden tarkemmat tiedot voidaan esittää tasokuvassa tai sisäantenniverkon kaaviokuvassa. Toinen näkyvä komponentti on antenni. Tasokuvan pääasiallinen tehtävä on esittää komponenttien sijoittelu.



Kuva 11 esimerkki sisäverkkosuunnitelman tasokuvasta

#### 6.1.4 Dokumentaatio

Ennen kuin operaattorien verkkoon voidaan kytkeytyä ja sisääntenniverkkoa ottaa lopullisesti käyttöön täytyy operaattoreille olla toimitettuna seuraavat toteutusta vastaavat dokumentit:

- antennien sijoituspiirustus rakennuksen pohjakuviin samoin merkinnöin kuin sisääntenniverkon kaaviokuvassa
- sisääntenniverkon PIM-arvo, vähintään 900 MHz:n taajuusalueella mitattuna
- heijastusvaimennusmittaukset taajuusalueittain. [12, s. 18.]

Lisäksi sisääntenniverkko huoltoa ja kunnossapitoa varten tarvitaan em. dokumenttien lisäksi

- sisääntenniverkon työselostus
- kohteen tiedot ja yhteyshenkilö
- laittilan sijainti ja kulkuohjeet
- linkkibudjettilaskelma
- käytettyjen komponenttien datalehdet. [11.]

#### 6.2 Aikataulu

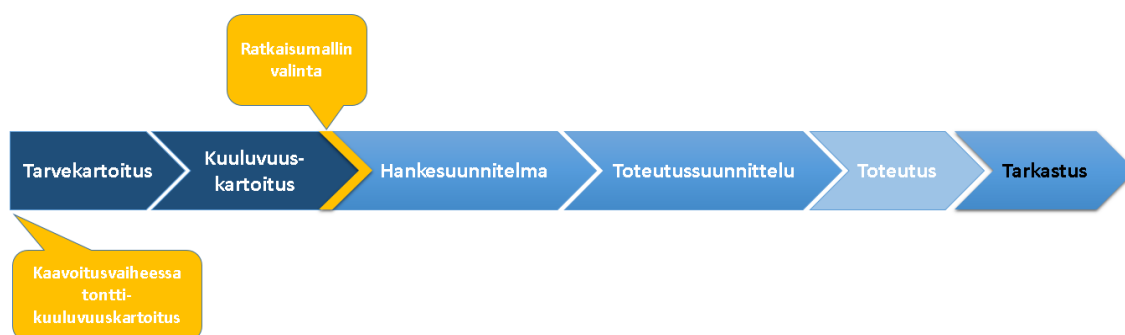
Mitä aikaisemmin sisäkuuluvuustekijät otetaan huomioon rakentamisessa, sitä paremmat ovat vaikutusmahdollisuudet sen ratkaisemiseen ja siitä aiheutuviin kustannuksiin. Erityisen tärkeää tämä on, mikäli kuuluvuuteen pyritään vaikuttamaan rakenteellisin ratkaisuin. Tällöin pitää kuuluvuus ottaa huomioon jo rakenteita suunniteltaessa.

Sisäkuuluvuuden kannalta tärkeitä aikataulullisia asioita jo ennen rakentamisen aloitusta ovat tontille tehtävä kuuluvuusmittaus ja siitä saatavien tietojen toimittaminen operaattoreille.

Seuraava tärkeä suunnittelua aikatauluttava etappi on ulkovaipan asennus. Sen jälkeen suoritettava sisäkuuluvuusmittaus toimii lähtötietona sisääntenniverkon suunnittelulle. Sisäkuuluvuusmittauksen jälkeen voidaan tehdä hankintapäätös, kun rakennuksen todellinen kuuluvuustilanne tiedetään. Alustavat suunnitelmat voidaan tehdä jo arkkitehtipohjien pohjalta, mutta johtoreitit ja antennien paikat on tarkistettava yksityiskohtaisempien suunnitelmien tultua.

Sisääntenniverkon rakentamisen aikataulu kannattaa ajoittaa yhteen johtoreittien asennuksen kanssa, kaapelointi muun kaapeloinnin kanssa ja antennien asennus katto- ja seinäpintojen viimeistelyn kanssa.

Käyttöönottoon, tarkistuksiin ja dokumentointiin täytyy myös varata riittävä aika. Kuvassa 12 on esitetty sisääntenniverkon eri vaiheita.



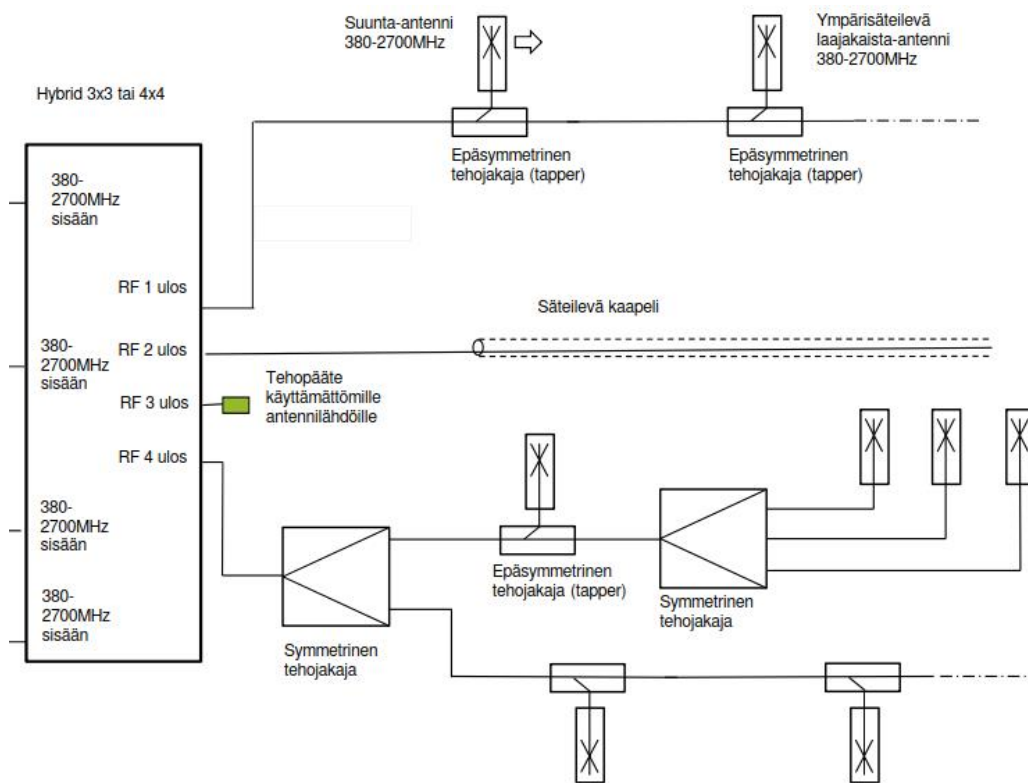
**Kuva 12 Esimerkki sisääntenniverkon toteutuksen aikataulusta**

## 7 Sisääntenniverkon rakenne

Sisääntenniverkon tarkoitus on toimia signaalin siirtotienä yleisestä viestinverkosta rakennuksen sisällä olevalle päätelaitteelle. Sisääntenniverkko koostuu passiivisesta antenniverkosta ja aktiivisista, signaalia tuottavista tai vahvistavista, laitteista (Kuva 13).

## 7.1 Komponentit

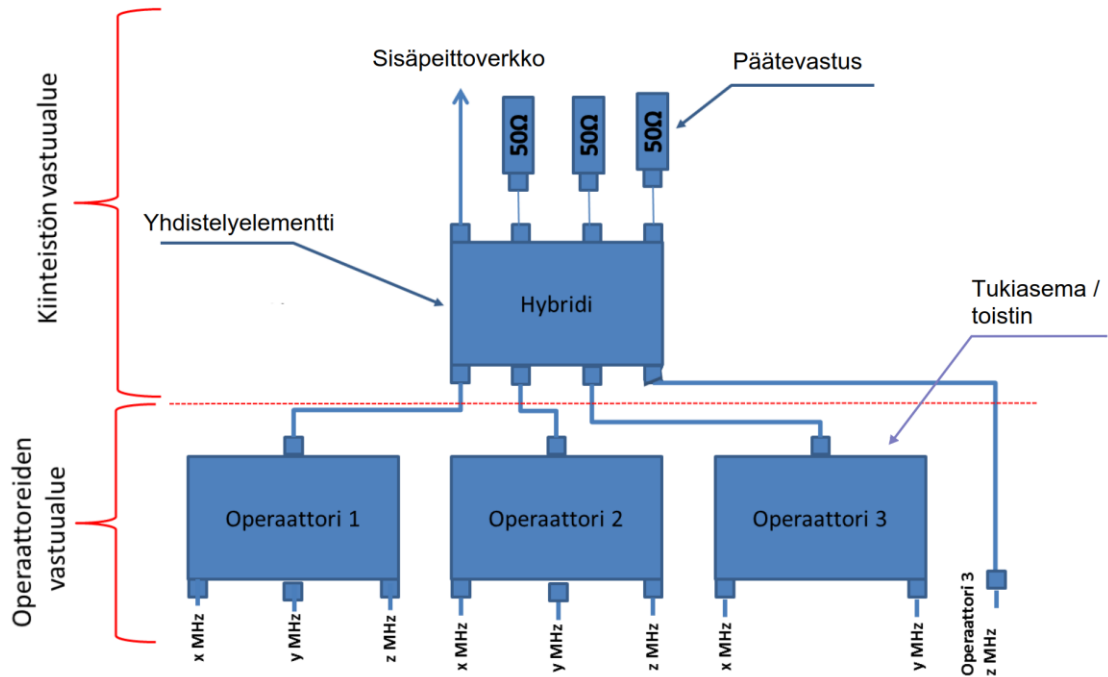
Tukiasema on operaattorin hallinnoima ja toimittama aktiivinen laite, joka liitetään kiinteään tietoliikenneverkkoon valokuidun kautta. Tukiasemaa voidaan myös pitää rajapintana, josta eteenpäin sisäantenniverkko on kiinteistön omistajan vastuulla.



Kuva 13 Sisäantenniverkon komponentteja [11.]

Toistintarkaisussa kaapataan ulkoa tuleva signaali donor- eli ulkoantennilla ja tuodaan se koaksiaalikaapelilla toistimelle, joka vahvistaa signaalia ja siirtää sen eteenpäin sisäantenniverkkoon. Vastuu ulkoantennin asennuksesta, ulkoantennin ja toistimen välisestä kaapeloinnista kannattaa sopia operaattorin kanssa etukäteen.

Tukiasemasta tai toistimelta seuraavaa komponentti on yhdistelyelementti. Se yhdistää tulevat signaalit ja toimii molempiin siirtosuuntiin eli johtaa päätelaitteelta tulevan radio-signaalin myös tukiaseman suuntaan. Yhdistelyelementin merkitys antenniverkkoon tulevan passiivisen keskinäismodulaation (PIM) minimoimisessa on kriittinen. Yhdistelyelementin mahdollisia käyttämättä jääviä sisäänmeno- ja ulostuloportteja ei saa jättää tyhjäksi vaan niihin täytyy asentaa sopivat päätteet, jotka kestävät porteista tulevan maksimitehon ja täyttävät PIM-vaatimukset. [3; 28.]



Kuva 14 Vastuualueiden rajat sekä peruskomponentit [12]

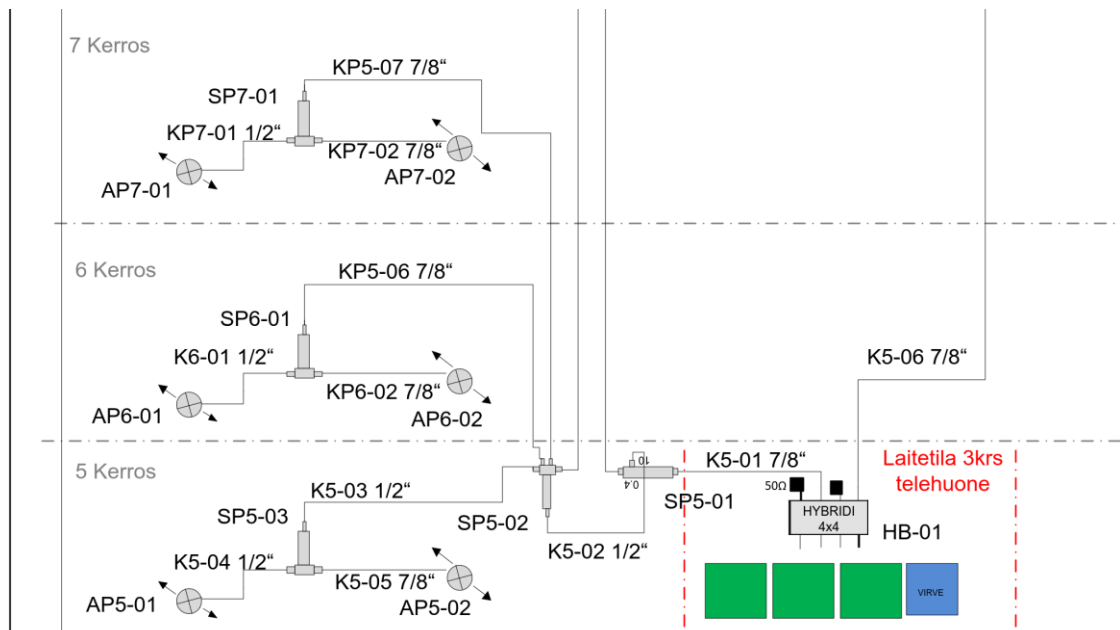
Yhdistelyelementiltä sisääntenniverkkoon seuraavat komponentit ovat tehonjakajat, joko symmetriset tai epäsymmetriset riippuen verkon tarpeista. Tehonjakajien avulla pyritään saamaan jokaiselle antennille samansuuruinen teho. Antennien välinen tehoero tulisi olla alle 3 dB, jos mahdollista.

Antennit ovat viimeinen osa sisääntenniverkossa, ja ne soveltuvat kaapelissa kulkevan radiosignaalin säteilemään ilmaan antennin peittokuvion mukaan. Antennien sijoittelussa tulee pyrkiä huomioimaan tila ja ympäröivät materiaalit, jotta saadaan mahdollisimman kattava peitto halutulle alueelle. Ympäristöstä aiheutuva PIM tulee myös ottaa huomioon, pienikin paikan muutos voi merkittävästi vaikuttaa häiriön määrään. Huomioon tulee ottaa myös Säteilyturvakeskuksen ohjeet antennien sijoituksesta ja niiden etäisyydestä sekä tehosta. Sijoittelussa optimaalinen tilanne on, jossa voidaan käyttää mahdollisimman usein 2 W:n lähetystehoa antennia kohden, jolloin antennien tulee sijaita vähintään

kahden metrin korkeudessa ja paikassa, jossa käyttäjät eivät oleskele pitkiä aikoja sen läheisyydessä. Esimerkiksi riittävän korkea rappukäytävä on kriteerit täyttävä tila. [12; 3.]

Tiloissa, joissa kuuluvuusalue on pitkittäissuunnassa laaja mutta sivuttaissuunnassa kapea, on antennin ja koaksiaalikaapelin sijasta mahdollista käyttää vuotavaa koaksiaalikaapelia, joka toimii itsessään antennina koko pituutensa matkalla. Usein vuotavaa koaksiaalikaapelia käytetään tunneleissa ja pitkissä käytävissä. [3, s. 11.]

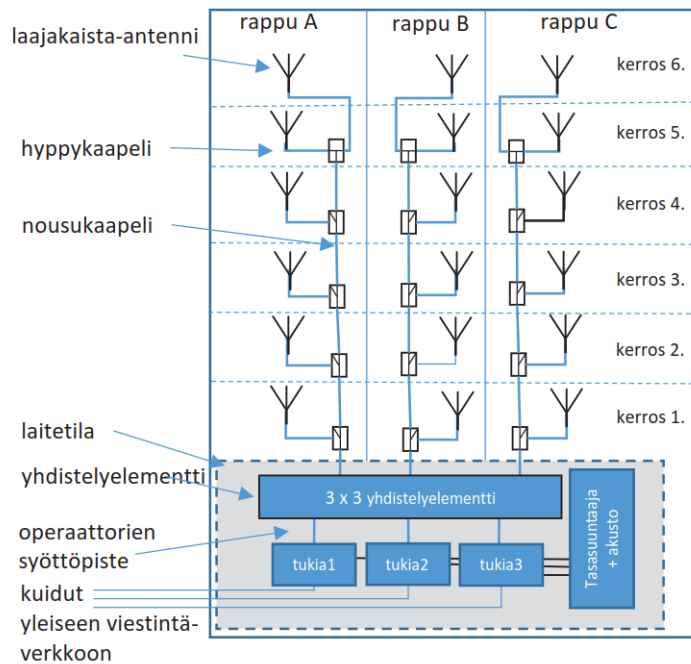
Kaikki komponentit tukiasemalta eteenpäin kohti antenniä liitetään toisiinsa yleisimmin koaksiaalikaapelien ja niihin asennettavien liittimien avulla (Kuva 15). Yleisimpiä käytettäviä koaksiaalikaapeleita ovat  $1/2"$ ,  $7/8"$  ja  $1 1/4"$ . Kaikissa komponenteissa on tärkeää huomioida PIM-tasot sekä tehonkesto. [3, s. 11; 11.]



Kuva 15 Esimerkki SISO-järjestelmän sisäantenniverkkosuunnitelman kaaviokuvasta [25.]

## 7.2 SISO

Käsite Single In Single Out eli SISO on ratkaisutyyppi, jossa sisäantenniverkossa on yksi antenni toimii lähetin-vastaanotinparina (Kuva 16). Suurin osa nykyisistä sisäantenniverkoista on tätä tekniikkaa, koska se vaatii vain yhden koaksiaalikaapelin siirtotieksi aktiivilaitteelta antennille ja on siten huomattavasti edullisempi MiMo-järjestelmään verrattuna. [3 s. 8.]



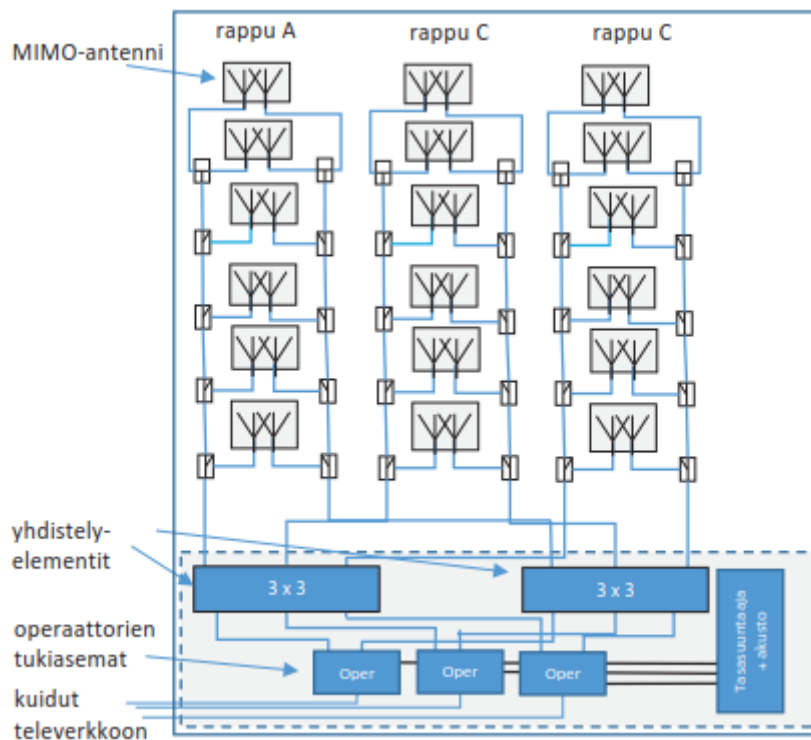
**Kuva 16 SiSo-verkon periaate**

### 7.3 MIMO

Multi In Multi Out eli MIMO tarkoittaa radiojärjestelmää, jossa yksittäisestä järjestelmästä johdetaan useampi kuin yksi lähetin-vastaanotinpari (Kuva 17).

MIMO-sisäantenniverkkoa kutsutaan myös kaksoissyöttöiseksi, sillä siinä joudutaan rakentamaan SISO-verkkoon verrattuna kaksi samanlaista siirtotietä eli koaksiaalikaapeli-linjaa. MIMO:n avulla voidaan kasvattaa tiedonsiirron nopeutta, kaksoissyöttöverkossa lähes kaksinkertaistamaan nopeus tai parantaa tiedonsiirron luotettavuutta. LTE-järjestelmässä on tuki MIMO-ominaisuuksien hyödyntämiseen. Kaksoissyötön kaksi identtistä koaksiaalikaapeli linjaa yhdistetään ristipolarisaatioantenneihin, jotka ovat kaksi erillistä antennia saman kotelon sisällä.

Tulevaisuudessa MIMO-järjestelmät voivat yleistyä paikoissa joissa liikkuu paljon ihmisiä ja voidaan olettaa olevan paljon data-liikennettä mobiiliverkossa. Esimerkiksi Helsingin uuteen länsiterminaaliin on suunnitella MIMO-sisäantenniverkko. [3 s. 10; 10.]

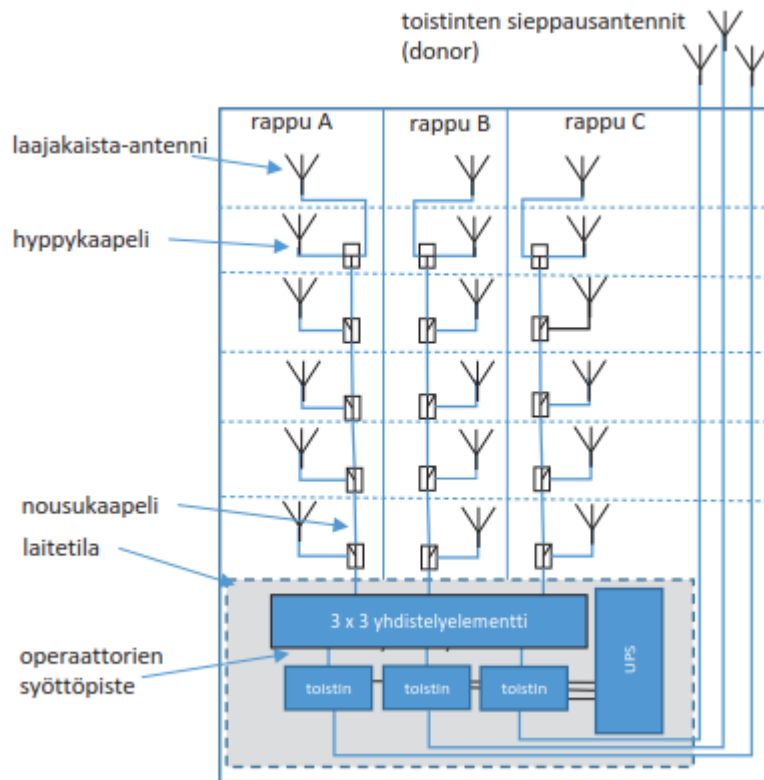


Kuva 17 MiMo-verkon periaate [3]

#### 7.4 Toistin

Jos kohde on pieni tai jos operaattorit eivät näe tarpeellisen kasvattaa verkkojensa kapasiteettia kohteen ympärillä, vaihtoehtona on tukiasemaratkaisun sijasta käyttää toistimia.

Toistintratkaisussa rakennuksen katolle tai muuten edulliseen paikkaan asennetaan suuntaavat sieppausantennit, joilla lähimmän tukiaseman signaali kaapataan laittilan toistimelle, joka vahvistaa signaalin ja siirtää sen sisäantenniverkkoon. (Kuva 18) Toistimien käyttö vaatii riittävän ulkosignaalin voimakkuuden toimiakseen. Operaattorille toistimet ovat huomattavasti edullisempi ratkaisu kuin tukiasemat.



Kuva 18 Sieppaus ja toistin [3.]

## 8 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena oli kartoittaa matkapuhelinverkon sisäkuuluvuuteen liittyviä ratkaisuja ja luoda ohje, jolla voidaan määrittää ja hankkia kuhunkin kohteeseen järkevin vaihtoehto.

Erilaisia keinoja sisäkuuluvuuden parantamiseen on monia. Betonirakenteisiin rakennuksiin rakenteellisin keinoin saatu parannus vaikuttaa vain ulkovaipan läheisyydessä, eikä esimerkiksi rappukäytävien tai muiden kaukana ulkoseinistä olevien tilojen kuuluvuuteen voida vaikuttaa näin. Kevyempirakenteisissa, kuten puurakenteisissa rakennuksissa sisäkuuluvuusongelmia ei välttämättä esiinny.

Datapohjaiset puhepalvelujen yleistymisen myötä kuluttajalle tulee mahdolliseksi luoda oma "sisäantenniverkko" WLAN-verkon avulla. Tällä hetkellä varmuudella sisäkuuluvuuden varmistava ratkaisu on kuitenkin sisäantenniverkko.

Julkisissa tiloissa, toimistoissa, kauppakeskuksissa ja sairaaloissa sisäantenniverkkoja on ollut jo pitkään, mutta asuinrakennuksissa verkkoja on vielä vähän. Tähän syytä on monia. Vastuuta sisäkuuluvuuden varmistamisesta asunnoissa ei ole määritelty kenellekään, sisäverkon rakentaminen aiheuttaa lisäkustannuksia, tieto sisäverkoista voi olla puutteellista, ongelmat huomataan liian myöhään eikä niihin ehditä reagoimaan.

Ajallaan suunniteltu ja toteutettu monioperaattoriverkko ei aiheuta asuntoa kohden kuitenkaan niin merkittävää kustannusta, että pelkästään pois jättämisestä säästöllä voisi perustella sen pois jättämisen. Asunnon ostajan näkökulmasta asunto, jossa puhelut ja mobiilidata varmasti toimii, on varmasti houkuttelevampi kuin vastaava, jossa on katkeilevat ja hitaat yhteydet. Tämä tietysti vaatii sisäverkon tuoman lisäarvon markkinoimista ostajalle.

Sisäkuuluvuusongelmia on viime vuosina käsitelty jonkin verran julkisuudessa ja asiasta on kirjoitettu monissa lehdissä sekä verkkojulkaisuissa. Kuluttajien tietoisuus tulee varmasti lisääntymään ja tämän myötä sisäkuuluvuusratkaisujen kysyntä tulee myös kasvamaan.

Kaikki työtä varten haastattelemani osapuolet vahvasti peräänkuuluttivat sisäkuuluvuusongelmien esille ottamista mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ja yhteistoiminnan lisäämistä. Ongelma on kuitenkin niin moniulotteinen, että yksittäisen toimijan on sitä hyvin vaikea ratkaista.

## **9 Pohdinta**

Sisäkuuluvuus on jatkuvasti esillä oleva asia ja siihen jokainen törmää varmasti omassa arjessaan. Työn tekemisen aikana tuli useita uusia julkaisuja, ohjeita ja muutoksia aiheeseen liittyen. Näistä merkittävimpanä kuluttajan kannalta voidaan pitää VoWifi-palvelun tuominen markkinoille. Yleistyessään ja tuettujen päätelaitteiden määrän kasvaessa voivat asiakkaat itse ratkaista asuntojen kuuluvuusongelmat.

Tulevaisuudessa asuntoihin rakennettavat sisäantenniverkot voivat jäädä vielä marginaalisempaan osaan, kun WLAN-tekniikan kautta toteutettava kuuluvuusratkaisun kus-

tannukset ovat niin paljon matalammat ja se on toteutettavissa ilman erillistä suunnittelua. Tähän voi kuitenkin mennä vielä vuosia, koska koko päätelaitekannan uusiutuminen on pitkä.

## Lähteet

- 1 Kesikastari, Mikko. 2013. Matkapuhelinverkkojen kuuluvuusmittaukset energiatehokkaissa rakennuksissa Diplomityö.  
<<http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/22493/kesikastari.pdf?sequence=1>> 9.01.2013. Luettu 16.3.2016.
- 2 Matkaviestinverkon kuuluvuusongelmat matalaenergiarakennuksissa. 2013. Työryhmän raportti. Liikenne- ja viestintäministeriö.  
<<http://www.lvm.fi/documents/20181/799435/Julkaisu+26-2013/0f277648-75ad-4016-9702-b885ae1403e6>>06/2013. Luettu 16.3.2016.
- 3 ST-kortti 625.10 Matkaviestinjärjestelmien sisäantenniverkot. 2015. Suunnitteluohje. Sähkötieto ry. <<https://severi.sahkoinfo.fi/item/5856>> 15.11.2015. Luettu 19.2.2016.
- 4 Matkapuhelimien kuuluvuus sisätiloissa – Energiatehokas uudis- ja korjausrakentaminen. 2013. Suunnitteluohje. Rakennusteollisuus RT ry.  
<[https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/rakentamisen-kehittaminen/suunnitteluohje\\_matkapuhelimien\\_kuuluvuus.pdf](https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/rakentamisen-kehittaminen/suunnitteluohje_matkapuhelimien_kuuluvuus.pdf)>.01/2013. Luettu 20.3.2016.
- 5 Pelastuslaki. 2011. Laki. Sisäasiainministeriö. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110379>> 29.4.2011. Luettu 20.4.2016.
- 6 RF-luvun käyttömahdollisuudet rakennusten signaalinvaimennusten arvioinnissa. 2013. Esiselvitys. Liikenne- ja viestintäministeriö.  
<<http://www.lvm.fi/documents/20181/799435/Julkaisu+27-2013/14fd5027-76c0-4b1a-b5c0-770d195698f1>>06/2013. Luettu 23.2.2016.
- 7 Jormalainen, Janne.2013. Matkapuhelinverkon kuuluvuus rakennuksissa. Verkojulkaisu SPU Eristeet.  
<[http://www.betoni.com/Download/23923/02\\_VBR%202012%20Matkapuhelinverkon%20kuuluvuus%20rakennuksissa,%20Janne%20Jormalainen%20%20SPUERISTEET.pdf](http://www.betoni.com/Download/23923/02_VBR%202012%20Matkapuhelinverkon%20kuuluvuus%20rakennuksissa,%20Janne%20Jormalainen%20%20SPUERISTEET.pdf)> 01/2013. Luettu 23.2.2016.
- 8 Suomen virallinen tilasto (SVT). 2015. Väestön tieto- ja viestintätekniikan käyttö. verkkojulkaisu. Tilastokeskus <[http://tilastokeskus.fi/til/sutivi/2015/sutivi\\_2015\\_2015-11-26\\_kat\\_002\\_fi.html](http://tilastokeskus.fi/til/sutivi/2015/sutivi_2015_2015-11-26_kat_002_fi.html)>26.11.2015. Luettu 28.3.2016.
- 9 Rakennusten sisätiloissa esiintyvien matkapuhelinten kuuluvuusongelmien ratkaisuvaihtoehtojen kartoitus. 2013. Loppuraportti. Tampereen teknillinen yliopisto. <[https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/rakentamisen-kehittaminen/matkapuhelinten\\_kuuluvuusongelmat\\_raportti.pdf](https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/rakentamisen-kehittaminen/matkapuhelinten_kuuluvuusongelmat_raportti.pdf)>01/2013. Luettu 28.4.2016.
- 10 Seitsonen, Seppo. Consultant Manager. Orbion Consultin Oy. Vantaa. Haastattelu. 1.6.2016.

- 11 Koskinen, Jari. 2015. Kuuluvuus sisätiloissa. esitysmateriaalit. Orbis Oy. Luettu 27.6.2016.
- 12 Laari, Jarkko.2014. Yhteiskäyttöisten matkaviestinjärjestelmien sisäantenniverkkojen toteutusvaatimukset. Esitysmateriaalit. Dna Oy, Elisa Oyj, TeliaSonera Finland Oyj. <[https://www.viestintavirasto.fi/attachments/toimialatieto/Jarkko\\_Laari\\_-\\_Yhteiskayttoisten\\_matkaviestinjarjestelmien\\_sisaantenni-verkkojen\\_toteutusvaatimukset.pdf](https://www.viestintavirasto.fi/attachments/toimialatieto/Jarkko_Laari_-_Yhteiskayttoisten_matkaviestinjarjestelmien_sisaantenni-verkkojen_toteutusvaatimukset.pdf)>2.12.2014. Luettu 3.7.2016.
- 13 Radiosignaalin vaimennusmittauksia nykyaikaisissa asuintaloissa. 2012. Loppuraportti Tampereen teknillinen yliopisto. <[https://tutcris.tut.fi/portal/files/1545110/niemela\\_radiosignaalin\\_vaimennusmittauksia.pdf](https://tutcris.tut.fi/portal/files/1545110/niemela_radiosignaalin_vaimennusmittauksia.pdf)> 12/2012. Luettu 15.4.2016.
- 14 Matkapuhelinverkon toiminta ja tukiasemat.2015. Verkkojulkaisu. Säteilyturvakeskus. <<http://www.stuk.fi/aiheet/matkapuhelimet-ja-tukiasemat/matkapuhelinverkko/matkapuhelinverkon-toiminta-ja-tukiasemat>> 28.9.2015. Luettu 10.7.2016.
- 15 Ihmeaine aerogeeli laskeutui avaruudesta Lieksaan. 2016. verkkojulkaisu. Helsingin sanomat <<http://www.hs.fi/tiede/a1454993625854>> 10.2.2016. Luettu 7.7.2016.
- 16 Asuntojen sisäkuuluvuusmittaus tuloksia. 2015. Sisäinen asiakirja. SRV Rakenus Oy 12/2015. Luettu 7.7.2016.
- 17 Määräys 65 B/2016. 2016. Määräys. Viestintävirasto. <<https://www.viestintavirasto.fi/attachments/maaraykset/M65B2016.pdf>>29.6.2016. Luettu 20.8.2016.
- 18 Asiantuntijaseminaarin esitysmateriaali. 2013. Esitysmateriaali. Bandercom Oy.<[http://nssoy.fi/uploads/NSS\\_VIRVE-INFOTILAISUUS.pdf](http://nssoy.fi/uploads/NSS_VIRVE-INFOTILAISUUS.pdf)>25.4.2013. Luettu 3.7.2016.
- 19 Opas matkapuhelimenverkkojen sisäkuuluvuudesta. 2015. Opas. Viestintävirasto. <[https://www.viestintavirasto.fi/attachments/Opas\\_matkapuhelinverkkojen\\_sisatilakuuluvuudesta\\_2015\\_11.pdf](https://www.viestintavirasto.fi/attachments/Opas_matkapuhelinverkkojen_sisatilakuuluvuudesta_2015_11.pdf)>18.11.2015. Luettu 15.4.2016.
- 20 Ilmastopoliitikka.2015. verkkojulkaisu. Wikipedia. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Ilmastopoliitikka>> 13.12.2015. Luettu 4.4.2016.
- 21 Seppälä, Tero. Telecommunications Consultant and Contractor. DNA Oy. Helsinki.Haastattelu.17.8.2016.
- 22 Karlsson, Andres ja Gustafsson, Mats. 2005. Design of Frequency Selective Windows for Improved Indoor Outdoor Communication. Tutkimus. Lund Institute of Technology. <[lup.lub.lu.se/record/530146/file/624831.pdf](http://lup.lub.lu.se/record/530146/file/624831.pdf)>01.01.2005. Luettu 26.8.2016.

- 23 Baniya, Anil. Applicability of frequency selective surfaces to enhance mobile network coverage in future energy-efficient built environments. 2015. Tutkimus Tampereen teknillinen yliopisto.  
<[https://tutcris.tut.fi/portal/fi/publications/applicability-of-frequency-selective-surfaces-to-enhance-mobile-network-coverage-in-future-energyefficient-built-environments\(49944a9a-063a-41aa-a0c5-84df4f30691f\)/export.html](https://tutcris.tut.fi/portal/fi/publications/applicability-of-frequency-selective-surfaces-to-enhance-mobile-network-coverage-in-future-energyefficient-built-environments(49944a9a-063a-41aa-a0c5-84df4f30691f)/export.html)>5/2015. Luettu 29.8.2016.
- 24 Matkapuhelinverkon kuuluvuus betonirakenteisessa rakennuksessa. 2016. Esite. Kingspan insulation Oy.  
<<http://spu.studio.crasman.fi/pub/Website+material/PDF+and+other+files/Own+instructions,+manuals,+brochures,+material/Matkapuhelinverkon+kuuluvuus+kerrostaloissa.pdf>> 06/2016. Luettu 28.8.2016.
- 25 Kustannusasiakirjat.2016. Sisäinen asiakirja. SRV Rakennus Oy. Luettu 20.7.2016.
- 26 Langaton tietoliikenne. 2010. Luentokalvot. Lappeenranta University of technology <[www2.it.lut.fi/kurssit/08-09/CT30A2600/luennot/CT30A2600 luento3 Signaalien eteneminen.pdf](http://www2.it.lut.fi/kurssit/08-09/CT30A2600/luennot/CT30A2600%20luento3%20Signaalien%20eteneminen.pdf)>2010. Luettu 18.9.2016.
- 27 Elisa ottaa käyttöön sisäkuuluvuutta merkittävästi parantavat wifi-puhelut.2016. Lehdistötiedote. Elisa Oyj. <<http://corporate.elisa.fi/elisa-oyj/tiedotteet/tiedote/?otsikko=elisa-ottaa-kayttoon-sisakuuluvuutta-merkittavasti-parantavat-wifi-puhelut&id=01421882290049&tag=corporate.elisa.fi%3Anational-press>>29.09.2016. Luettu 29.09.2016.
- 28 Pekonen, Jouni. Toimitusjohtaja. Radiotie Suomi Oy. Espoo. Keskustelu. 27.09.2016.
- 29 Tuotesivu Lammin ikkuna. Lammin Ikkuna Oy.< <http://www.signal-window.com>> Espoo. 12.10.2016.
- 30 Tilinpäätös.2015 SRV Yhtiöt Oyj. < [https://www.srv.fi/sites/default/files/files/investors/reports\\_and\\_presentations/20160218\\_osavuositiedot\\_0.pdf](https://www.srv.fi/sites/default/files/files/investors/reports_and_presentations/20160218_osavuositiedot_0.pdf)> Espoo. 25.10.2016.
- 31 Juha Vinha.Uudet energiamääräykset ja niiden vaikutukset.2014. Ilmastokonferenssi. Esitysmateriaali. Tampereen teknillinen yliopisto.< [http://www.kunnat.net/fi/tietopankit/tapahtumat/aineisto/2014/ilmastokonferenssi-2014/08052014/05\\_Vinha\\_FCG\\_Uudet%20energiamaarauskset%20ja%20niiden%20vaikutukset\\_080514.pdf](http://www.kunnat.net/fi/tietopankit/tapahtumat/aineisto/2014/ilmastokonferenssi-2014/08052014/05_Vinha_FCG_Uudet%20energiamaarauskset%20ja%20niiden%20vaikutukset_080514.pdf)> Espoo. 25.10.2016.
- 32 DNA tuo ensimmäisenä operaattorina Suomessa matkaviestinverkkoonsa 4G-puhelut.2016. Lehdistötiedote. DNA Oy.< <https://www.dna.fi/dna-oy/lehdistotiedotteet?relativeUrl=lehdistotiedotteet&id=833> > 14.3.2016. Luettu 20.8.2016.

## Viranomaisverkon sisäverkon tarvekartoituslomake L1

## Lomake L1

VIRVE SISÄVERKON TARVEKARTOITUS			
Tämä VIRVE sisäverkon tarvekartoitus on tarkoitettu tehtäväksi rakennuslupavaiheessa yhdessä pelastusviranomaisen kanssa riskikohteissa. Tarvekartoitus on tarkoitettu käytettäväksi lähtötietona sisäverkon suunnittelu ja toteutusvaiheessa.			
PERUSMÄÄRITTELYT			
<b>Kohde</b>	Nimi		
	Osoite		
<b>Omistaja/haltija</b>	Omistaja/haltija		
	Osoite		
	Yhteyshenkilö		
<b>Kuuluvuus kartoituksen tekijä</b>	Organisaatio tai Yritys		
	Osoite		
	Yhteyshenkilö		
<b>Paikallinen pelastusviranomainen</b>	Pelastusviranomainen		
	Osoite		
	Yhteyshenkilö		
<b>VIRVE sisäverkon määräytyminen (hankinnan perusteet)</b>	<input type="checkbox"/> Pelastusviranomaisen vaatimus * (PeL 109 §)		
	<input type="checkbox"/> Ei vaatimusta		
	<input type="checkbox"/> Omaehtoinen **		
<b>Virve sisäverkon laajuus</b>	<input type="checkbox"/> Koko rakennus (kentänvoimakkuus $\geq 86$ dBm 90 % todennäköisyydellä), ottaen huomioon, että kuuluvuus on ainakin seuraavissa tiloissa: uloskäytävät, paloteknisten laitteiden hallintatilat ja reitit niille, kellaritilojen sammutusreitit.		
	<input type="checkbox"/> Muut määritetyt tilat (merkitty liitteenä oleviin kiinteistön pohjapiirustuksiin)		
<b>Muut vaatimukset</b>	<input type="checkbox"/> VIRVE sisäverkon sähkönsyöttö on varmennettava		<input type="checkbox"/> 4h <input type="checkbox"/> 6h
	<input type="checkbox"/> Erityisvaatimuksia toistimen sijoitukselle. Mitä? _____		
<b>Esitetyt asiakirjat</b>	<input type="checkbox"/> Rakennuslupapäätös		
	<input type="checkbox"/> Kohteen piirustukset		
<b>Lähtötietojen kirjaaminen</b>	Edellä olevat lähtötiedot on kirjattu.		
	Perustietojen kirjauspaikka	Päivämäärä	Pelastusviranomainen
	Perustiedot pelastusviranomaiselle toimittanut		
	Suunnittelija	Haltijan Edustaja	
<b>Virve sisäverkon käyttöönotto</b>	Viranomaisverkon asennustöistä vastaavan hyväksyntä <i>Asennustyö on tehty tarvekartoituksen mukaisesti ja Suomen Erillisverkot Oy on hyväksynyt toistimen liitettäväksi viranomaisverkkoon.</i>		
	pvm	allekirjoitus	
<b>Asennustyöstä vastaa</b>	Asennustyöstä vastaavan nimi ja yhteystiedot		

\* oltava valmis ennen käyttöönottoa

\*\* VIRVE-käyttäjätahon oman toiminnan varmistamiseen. Tekniset toimintakykyvaatimukset ja laitteiston käyttöajan määrittelee toiminnan harjoittaja

## Linkkibudjettilaskelma

LTE 1800 MHz

Linkkibudjetti

### Alalinkki (tukiasemalta päätelaitteelle)

		6./5.krs	4. krs	3.krs	2.krs.	1.krs
<b>Operaattorin tukiaseman teho</b>	<b>1 x 10 W = 40 dBm</b>	<b>40 dBm</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>
OK1.1, operaattorikaapeli		-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
hybridi	3 x 3	-5,5 dB	-5,5	-5,5	-5,5	-5,5
K0.1, syöttökaapeli		-0,5 dB	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
J1.1, tehojako		-0,5 dB	-0,5	-0,5	-0,5	-10
K1.1, syöttökaapeli		-0,5 dB	-0,5	-0,5	-0,5	
J2.1, tehojako		-1 dB	-1	-1	-7	
K2.1, syöttökaapeli		-0,5 dB	-0,5	-0,5		
J3.1, tehojako		-1 dB	-1	-7		
K3.1, syöttökaapeli		-0,5 dB	-0,5			
J4.1, tehojako		-1 dB	-7			
K4.1, syöttökaapeli		-0,5 dB				
J5.1, tehojako		-3,5 dB				
KA6.1, KA5.1, antennikaapeli		-0,5 dB	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Vaimennus	<b>Kokonaisvaimennus</b>	<b>-16 dB</b>	<b>-18</b>	<b>-17</b>	<b>-15</b>	<b>-17</b>
<b>STUK</b>	<b>STUK-suositus kokonais 1 W = 30 dBm</b>	<b>24 dBm</b>	<b>22</b>	<b>23,5</b>	<b>25</b>	<b>23</b>
Antenni	Vahvistus	7 dBi	7	7	7	7
<b>Antenni Tx</b>	<b>Operaattorivaatimus &gt; 5 dBm</b>	<b>31 dBm</b>	<b>29</b>	<b>30,5</b>	<b>32</b>	<b>30</b>
Vapaantilanvaimennus	Etäisyys antenni-kännykkä 20 m	-66 dB	-66	-66	-66	-66
Sisäseinien vaimennus	2 kpl	-30 dB	-30	-30	-30	-30
<b>Kännykän vastaanottotaso Rx</b>	<b>Operaattorivaatimus &gt; -95 dBm</b>	<b>-65 dBm</b>	<b>-67</b>	<b>-66</b>	<b>-64</b>	<b>-66</b>

### Ylälinkki (päätelaitteelta tukiasemalle)

<b>Kännykän lähetysteho Tx</b>		<b>23 dBm</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>23</b>
sisäseinä vaim	2 kpl	-30 dB	-30	-30	-30	-30
vap tila vaim	2 kpl	-66 dB	-66	-66	-66	-66
antenni		7 dBi	7	7	7	7
kaapelireitin vaimennus	5./6. kerros	-16 dB				
kaapelireitin vaimennus	4. kerros		-18			
kaapelireitin vaimennus	3. kerros			-17		
kaapelireitin vaimennus	2. kerros				-15	
kaapelireitin vaimennus	1. kerros					-17
<b>Tukiasema vastaanottotaso Rx</b>	<b>Operaattorivaatimus &gt; -95 dBm</b>	<b>-82 dBm</b>	<b>-84</b>	<b>-83</b>	<b>-81</b>	<b>-83</b>

### Uplink-

### kohinalaskelma

<b>LTE-peruskohina</b>	<b>-114 dBm</b>		
Tukiasemakohina	3 dB	2	F2
Kaapelin kohina	18 dB	63	F1
Kaapelivahvistus	-18 dB	0,01569	G1
<b>F-muutos</b>	<b>21 dB</b>		
<b>Tukiasema Rx -kohina</b>	<b>-93 dBm</b>		

Signaali/kohina	9 dB	16 QAM
<b>Min tukiasema Rx</b>	<b>-84 dBm</b>	Hyväksytty