



Liikenne- ja
viestintäministeriö

Matkaviestinverkon kuuluvuusongelmat matalaenergia- rakennuksissa

Työryhmän raportti

Liikenne- ja viestintäministeriön

visio

Hyvinvointia ja kilpailukykyä hyvillä yhteyksillä

toiminta-ajatus

Liikenne- ja viestintäministeriö edistää väestön hyvinvointia ja elinkeinoelämän kilpailukykyä. Huolehdimme toimivista, turvallisista ja edullisista yhteyksistä.

arvot

Rohkeus

Oikeudenmukaisuus

Yhteistyö



Julkaisun päivämäärä
1.10.2013

Julkaisun nimi

Matkaviestinverkon kuuluvuusongelmat matalaenergiarakennuksissa – työryhmän raportti

Tekijät

Liikenne- ja viestintäministeriön työryhmä, pj. Olli-Pekka Rantala

Toimeksiantaja ja asettamispäivämäärä

Liikenne- ja viestintäministeriö 4.9.2012

Julkaisusarjan nimi ja numero

Liikenne- ja viestintäministeriön
julkaisuja 26/2013

ISSN (verkkójulkaisu) 1795-4045
ISBN (verkkójulkaisu) 978-952-243-359-6
URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-359-6>
HARE-numero

Asiasanat

matkaviestintä, asuminen, rakentaminen, matalaenergiatalot

Yhteyshenkilö

Olli-Pekka Rantala, puh. 0295 34 2585
Sini Wirén, puh. 0295 34 2532

Muut tiedot

Tiivistelmä

Toimivat matkapuhelinyhteydet ovat nykypäivän perustarve. Puhelujen kuuluvuuteen vaikuttavia tekijöitä on useita, joista yksi on tukiaseman ja päätelaitteen välillä olevat rakennukset. Uuden tiiviin, energiatehokkaan rakentamisen on osaltaan todettu aiheuttavan radiosignaaleille aikaisempaa vahvempia vaimennuksia, minkä on arvioitu johtavan kuuluvuusongelmiin rakennusten sisätiloissa. Asunto- ja viestintäministeri asetti 4.9.2012 työryhmän selvittämään näitä matalaenergiatalojen sisätiloissa esiintyviä matkaviestinverkon kuuluvuusongelmia. Työryhmän tuli 1.10.2013 mennessä laatia loppuraportti, jossa hahmotetaan ongelmien nykytilaa sekä arvioidaan eri ratkaisumalleihin liittyviä teknisiä ja lainsäädännöllisiä muutostarpeita.

Työryhmän käsityksen mukaan on huolehdittava siitä, että tieto kuuluvuusongelmista leviää tehokkaasti, jotta eri ratkaisuvaihtoehdot voidaan ottaa ennakoivasti huomioon sekä rakentamisen yhteydessä että matkaviestinverkkojen- ja palvelujen suunnittelussa. Työryhmä on tunnistanut useita erilaisia ratkaisumalleja, joiden avulla matkaviestinverkon kuuluvuusongelmia voidaan ehkäistä uudis- ja korjausrakentamisessa. Ratkaisumallien käyttöönotto edellyttää viranomaisten, telealan yritysten, rakennusalan toimijoiden, tutkimuslaitosten sekä taloyhtiöiden ja asukkaiden välistä aktiivista vuoropuhelua ja yhteistyötä. Työryhmän lyhyen aikavälin toimenpidesuosituksia ovat ns. radiosignaalin kuuluvuusarvon määrittely yleisemmille rakennusmateriaaleille, varautuminen matkaviestinkäyttöön sopivan talokohtaisen sisäverkon kaapelointiin sekä kotitukiasemaratkaisujen kehittäminen. Pidemmän aikavälin toimenpiteiksi työryhmä suosittelee laillisten pientoistinten käyttöönoton edistämistä, ratkaisumalleja koskevan tutkimustyön lisäämistä sekä ympäristö- ja viestintäsektorin lainsäädännön valmistelun avoimuuden ja yhteistyön parantamista.



Publikationsdatum
1.10.2013

Publikation

Problem med hörbarheten i mobilnätet i lågenergibygnader - arbetsgruppens rapport

Författare

Kommunikationsministeriets arbetsgrupp, ordförande Olli-Pekka Rantala

Tillsatt av och datum

Kommunikationsministeriet den 4 september 2012

Publikationsseriens namn och nummer

Kommunikationsministeriets
publikationer 26/2013

ISSN (webbpublikation) 1795-4045
ISBN (webbpublikation) 978-952-243-359-6
URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-359-6>
HARE-nummer

Ämnesord

mobilterminal, boende, byggande, lågenergihus

Kontaktperson

Olli-Pekka Rantala, tfn 029 534 2585
Sini Wirén, tfn 0295 34 2532

Rapportens språk

Finska

Övriga uppgifter

Sammandrag

I dagens Finland är fungerande mobiltelefoni ett basbehov. Hörbarheten påverkas av många faktorer såsom de byggnader som finns mellan basstationen och terminalutrustningen. Nya tätt byggda och energieffektiva fastigheter har konstaterats dämpa radiosignaler mer än gamla byggnader, vilket har lett till problem med hörbarheten inomhus. Bostads- och kommunikationsministern tillsatte den 4.9.2012 en arbetsgrupp för att utreda problemen med mobil hörbarhet och täckning i lågenergihus. Arbetsgruppen hade i uppgift att före den 1.10.2013 utarbeta en slutrapport med en skiss över nuläget och en bedömning av olika lösningsmodeller samt de tekniska och lagstiftningsmässiga ändringsbehov som är förknippade med dem.

Enligt arbetsgruppen bör man se till att informationen om hörbarhetsproblemen sprids effektivt så att de alternativa lösningarna kan beaktas på förhand både i byggfasen och i planeringen av mobila nät och tjänster. Arbetsgruppen har identifierat flera olika lösningsmodeller för att förebygga problem med täckningen i mobila röst- och datanät vid nybygge och renovering. För att modellerna ska kunna tas i bruk krävs det en aktiv dialog och ett nära samarbete mellan myndigheter, teleföretag, byggbranschen, forskningsinstitut, husbolag och de som bor i fastigheterna. På kort sikt rekommenderar arbetsgruppen följande åtgärder: att fastställa hörbarhetsvärdet för radiosignalen i de vanligaste byggmaterialen, att vara beredd på att dra kablar för fastighetsspecifika inomhusnät för mobiltelefoni och att utveckla lösningar för hembasstationer. På längre sikt föreslår arbetsgruppen att man främjar ibruktagandet av lagliga relästationer, ökar forskningen kring de olika lösningsmodellerna samt förbättrar öppenheten och samarbetet i lagberedningen inom sektorerna miljö och kommunikation.

Date
1 October 2013

Title of publication
Problems in mobile network reception in low-energy houses – Working group report

Author(s)
Working group of the Ministry of Transport and Communications, chaired by Mr Olli-Pekka Rantala

Commissioned by, date
Ministry of Transport and Communications, 4 September 2012

Publication series and number

Publications of the Ministry of
Transport and Communications
26/2013

ISSN (online) 1795-4045
ISBN (online) 978-952-243-359-6
URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-359-6>
Reference number

Keywords

mobile communications, housing, construction, low-energy buildings

Contact person

Mr Olli-Pekka Rantala, tel. 029 534 2585
Ms. Sini Wirén, tel. 0295 34 2532

Language of the report

Finnish

Other information

Abstract

Well-functioning mobile phone connections are a necessity in today's society. There are several elements affecting mobile phone reception, including buildings located between a base station and a terminal equipment. New dense, energy-efficient construction has been found to interfere radio signals, which is estimated to be one reason for reception problems inside buildings. On 4 September 2012, the Minister of Housing and Communications appointed a working group to examine the problems emerging in mobile reception inside low-energy houses. The group was to draw up a final report by 1 October 2013 assessing the current situation and the possible need for technological or legislative changes regarding different solutions to the problem.

It is the working group's view that information about reception problems should become widespread so that various solutions could be considered in early stages of both construction and the design of services. The group identified several solution models for preventing problems in mobile network reception in new construction projects and in renovation projects. Introduction of the measures calls for active dialogue and cooperation between the authorities, telecom operators, construction business, research institutes, housing companies and people. The working group recommends the following short-term measures: to indicate a signal strength for mostly used construction materials, to make preparations for cabling house intranets suitable for mobile communications, and to develop home base station solutions. Long-term measures recommended by the group include promotion of legal mobile repeaters, more research focused on possible solutions, and more open and cooperative law-drafting in the environment and communications sector.

Liikenne- ja viestintäministeriölle

Toimivat matkapuhelinyhteydet ovat nykypäivänä perustarve, ja niiden toimivuus on turvattava kaikissa tilanteissa.

Matkapuhelimen kuuluvuuteen vaikuttavia tekijöitä on useita. Omalta osaltaan radiosignaalia heikentävät tukiaseman ja päätelaitteen välillä olevat rakennukset. Uuden tiiviin ja energiatehokkaan rakentamisen on osaltaan todettu aiheuttavan signaaleille aikaisempaa vahvempia vaimennuksia, mikä johtaa esimerkiksi kännykkäpuhelijien kuuluvuusongelmiin rakennusten sisätiloissa. Ongelmien korjaamisen on katsottu vaativan erityistoimenpiteitä.

Lähivuosina onkin tärkeä huolehtia siitä, että tieto kuuluvuusongelmista leviää tehokkaasti, jotta eri ratkaisuvaihtoehdot voidaan ottaa ennakoivasti huomioon sekä rakentamisen yhteydessä että matkaviestinverkkojen- ja palvelujen suunnittelussa. Tämä työryhmän loppuraportti pyrkii arvioimaan riippumattomasti ja realistisesti erilaisia radio- ja rakennusteknisiä ratkaisumalleja, joiden avulla matkaviestinverkon kuuluvuusongelmia voidaan ehkäistä ja korjata uudis- ja korjausrakentamisen yhteydessä. Ratkaisumallien käyttöönotto edellyttää viranomaisten, telealan yritysten, rakennusalan toimijoiden, tutkimuslaitosten sekä taloyhtiöiden ja asukkaiden välistä aktiivista vuoropuhelua ja koordinoitua yhteistyötä. Monia raportissa esitettyjä havaintoja sisätilakuuluvuuden parantamiseksi voidaan jatkossa hyödyntää myös muissa tilanteissa kuin vain rakentamisesta johtuvissa kuuluvuusongelmissa.

Työryhmä luovuttaa kunnioittaen raporttinsa liikenne- ja viestintäministeriölle.

Helsingissä 30. päivänä syyskuuta 2013



Olli-Pekka Rantala
puheenjohtaja



Sini Wirén
sihteeri



Antti Kohtala
varapuheenjohtaja



Vesa Erkkilä



Timo Hietalahti



Jani Kempainen



Erkki Laitinen



Markku Lamminluoto



Juha Luhanka



Pekka Pussinen



Reijo Svento



Tom Wikström

Sisällysluettelo

Käsitteistö	2
1. Työryhmän toiminta ja tavoitteet.....	4
2. Yhteiskuntapoliittinen tausta	6
2.1 Matkaviestinverkon käyttö ja kuluttajan tarpeet.....	6
2.2 Rakentamisen trendit ja energiatehokkuus	6
3. Lainsäädännöllinen tausta.....	7
3.1 Rakentamisen energiatehokkuutta koskeva sääntely.....	7
3.2 Viestintäpalvelun toimivuutta ja sisätilakuuluvuutta koskeva sääntely.....	7
4. Tekninen tausta	9
4.1 Matkaviestinverkon ja matkapuhelimen toiminta	9
4.2 Radioverkon sisätilakuuluvuuden vaikuttavat tekijät.....	9
5. Havainnot matkaviestinverkon kuuluvuusongelmista erilaisissa rakennuksissa ...	10
5.1 Yleisiä havaintoja	10
5.2 Uudet rakennukset	10
5.3 Vanhemmat rakennukset ja korjausrakentaminen	10
6. Kansainvälinen vertailu	11
7. Kaikki esiin tulleet ratkaisumallit	11
7.1 Rakentamiseen liittyvät ratkaisuvaihtoehdot.....	11
7.1.1 Ennakoiva rakennesuunnittelu RF-luvun avulla	11
7.1.2 Radiotekniset aukot rakennuksen vaipassa.....	12
7.1.3 Ikkunan selektiivikalvoon liittyvät ratkaisut	12
7.1.4 Varautuminen talokohtaisen sisäverkon kaapelointiin	13
7.2 Telepuolen ratkaisuvaihtoehdot.....	15
7.2.1 Passiiviset antenniratkaisut laajennettuna aktiivilaitteilla.....	15
7.2.2 Tukiasemaverkon tiivistäminen.....	16
7.2.3 Operaattoreiden tekemät sisäverkkoratkaisut	16
7.2.4 Kotitukiasemat ja muut kiinteän laajakaistan mahdollistamat ratkaisut.....	17
7.2.5 Pienet aktiivitoistinratkaisut	18
7.2.6 Uudet radioteknologiat	19
7.3 Esimerkki kuuluvuuden muutosten suuruusarviointista	19
8. Muut huomioon otettavat näkökohdat	21
8.1 Radiotaajuisen säteilyn terveysvaikutukset.....	21
9. Työryhmän suositukset jatkotoimenpiteiksi.....	22
9.1 Ehdotukset lyhyen aikavälin toimenpiteiksi	22
9.2 Ehdotukset pidemmän aikavälin toimenpiteiksi	23
9.3 Toimenpiteiden toteutumisen seuranta	24
Lähteet	25

Käsitteistö

I Tietoliikenneverkkoihin liittyvät käsitteet:

2G: Toisen sukupolven matkaviestinjärjestelmä (esim. GSM)

3G: Kolmannen sukupolven matkaviestinjärjestelmä (esim. UMTS)

4G: Neljännen sukupolven matkaviestinjärjestelmä (esim. LTE)

GSM: Global System for Mobile Communications

UMTS: Universal Mobile Telecommunications System

LTE: Long Term Evolution

WLAN: Wireless Local Area Network (langaton lähiverkko)

Matkaviestinverkko: Matkaviestintään tarkoitettu televerkko

Tukiasema: Matkaviestinverkon lähetin-vastaanotinasema, johon matkaviestimet/päätelaitteet ovat yhteydessä

Radioaalto: Sähkömagneettista säteilyä taajuusalueella 3 kHz - 300 GHz

Päätelaite: Matkaviestinverkkoa viestintään käytävä laite (esim. matkapuhelin tai ns. makkula)

Sisäverkko: Kiinteistön tai rakennuksen sisällä tai alueella sijaitseva viestintäverkko ja -järjestelmä

Desibeli (dB): suhdeluku, jolla kuvataan signaalien tason muutosta (katso taulukko)

Signaalin muutos (kerroin)	Desibelit
1 x	0 dB
2 x	3 dB
4 x	6 dB
10 x	10 dB
20 x	13 dB
100 x	20 dB
1000 x	30 dB
10000 x	40 dB

II Rakentamiseen liittyvät käsitteet:

Matalaenergiatalo: Rakennus, jonka tilojen lämmitykseen kuluvan energian kulutus on tavanomaista pienempi. Tällä hetkellä matalaenergiatalo voidaan toteuttaa ilman erityisjärjestelyjä. Matalaenergiatalon tarkka määritelmä muuttuu energiatehokkuusvaatimusten tiukentuessa.

Passiivitalo: Passiivenergiatalo ei yleisen määritelmän mukaan tarvitse lainkaan lämmitys- eikä jäähdytysenergiaa. Suomen ilmastossa ei vielä päästä kustannustehokkaasti sellaiseen tasoon, jossa lämmitystä ei lainkaan tarvita. VTT:n määritelmän mukaan passiivitalo tarvitsee lämmitysenergiaa Etelä-Suomessa noin 20 kWh/brm² vuodessa ja Pohjois-Suomessa noin 30 kWh/brm² vuodessa.

Nollaenergiatalo: Nollaenergiatalo tuottaa uusiutuvaa energiaa vähintään saman verran kuin se kuluttaa uusiutumaton energiaa.

U-arvo: Lämmönläpäisykertoimella U (W/(m²K)) tarkoitetaan lämpövirran tiheyttä, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien tilojen välillä on yksikön suuruinen

E-luku: Rakennuksen kokonaisenergiankulutuksella E-luvulla (kWh/m²) tarkoitetaan energiamuotojen kertoimilla painotettua rakennuksen vuotuista ostoenergian kulutusta.

Selektiivilasi: Lasi, jonka pinnoite päästää auringon lämpösäteilyn lävitseen, mutta estää sisältä tulevan pitkäaaltoisen lämpösäteilyn ulospääsyn. Tunnetaan myös matalaemissiolasina ja energiasäästölasina.

RF-luku: Materiaalikohtainen numeroarvo tai muu kuvaus, jolla kuvataan kyseisen materiaalin keskimääräistä vaimennusta tällä hetkellä käytössä oleville matkapuhelinverkkojen käyttämille taajuuksille.

RF-aukko: paikallinen rakenne, jonka materiaali on ympäröiviä materiaaleja vähemmän radiosignaaleita vaimentavaa.

1. Työryhmän toiminta ja tavoitteet

Liikenne- ja viestintäministeriö asetti 4.9.2012 työryhmän selvittämään matalaenergiatalojen sisätiloissa esiintyviä matkaviestinverkon kuuluvuusongelmia sekä kartoittamaan niihin liittyviä ratkaisukeinoja.

Euroopan unionin ilmasto- ja energiapolitiikan keskeisiä sitoumuksia ovat kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen 20 prosentilla, uusiutuvien energialähteiden osuuden nostaminen 20 prosenttiin energian loppukulutuksesta sekä ohjeellisena energiatehokkuuden parantaminen 20 prosentilla vuoteen 2020 mennessä. Hallitusohjelmassa ilmastonmuutos ja energia-asiat ovat vahvasti esillä. Valtioneuvosto päätti lähettää maaliskuussa kansallinen energia- ja ilmastostrategian selontekona eduskunnalle. Strategialla varmistetaan, että Suomi saavuttaa vuodelle 2020 asetetut energia- ja ilmastotavoitteet. Suomi on osana EU:ta sitoutunut päästöjen vähentämiseen. Rakennuksissa käytettävän ja rakentamiseen kuluvan energian osuus Suomen energian loppukäytöstä on noin 40 prosenttia ja kasvihuonekaasupäästöistä lähes 40 prosenttia. Uudis- ja korjausrakentamisen kehittymisen kannalta merkittävä on rakennusten energiatehokkuusdirektiivi. Se muuttaa rakentamista koko Euroopan unionin alueella merkittävästi. Direktiivin mukaan muun muassa uusien rakennusten tulee olla lähes nollaenergiarakennuksia vuoden 2020 loppuun mennessä. Julkisia rakennuksia vaatimus koskee jo vuoden 2019 alusta. Korjausrakentamisen yhteydessä tehtävälle energiatehokkuuden parantamiselle tulee antaa määräykset

Työryhmän toimeksianto pohjautuu havaintoon siitä, että erityisesti näiden uusien matalaenergiatalojen (ns. passiivitalojen) eristys perustuu pitkälti rakenteisiin, joita radiosignaalit läpäisevät usein huonosti. Kuuluvuusongelmat koskevat niin uudisrakentamista kuin korjausrakentamistakin. On mahdollista, että ongelmien korjaaminen vaatii erityisratkaisuja ja -toimenpiteitä, joiden tunnistamisen on katsottu edellyttävän rakennusalan edustajien, teleoperaattoreiden, rakennus- ja ympäristöviranomaisten sekä viestintäviranomaisten koordinoitua ja aktiivista vuoropuhelua. Ratkaisuja hahmoteltaessa on huomioitava ratkaisumallien kestävyys, sillä rakennukset tehdään jopa sadaksi vuodeksi, mutta kuluttajien käyttämä viestintäteknologia sen sijaan kehittyy olennaisesti jo lyhyehköllä aikajänteellä. Tämän vuoksi ainoa tapa mahdollistaa tulevaisuuden viestintä suomalaisessa rakennetussa ympäristössä on pyrkiä eri keinoin estämään suurien radiotaajuisten säteilyn vaimennusten syntyminen rakennuksiin jo rakennus- tai korjausvaiheessa sekä edistää erityisten radioteknisten ratkaisujen käyttöönottoa niissä kohteissa, joissa kuuluvuusongelmat ovat todennäköisiä.

Matkaviestinpalveluiden lisäksi radioaaltoja heikosti läpäisevien rakenteiden lisääntyminen heikentää myös radion kuuluvuutta sisätiloissa. Suurinta osaa radiovastaanottimista ei ole kytketty rakennusten sisäantenniverkkoihin. Tämän johdosta radiovastaanoton varmuus ja laatu riippuu siitä, missä määrin radioaallot kulkeutuvat ulkoa sisälle. Uusien rakenneratkaisujen vaikutus matalilla taajuuksilla (100 MHz), jossa nykyinen FM-radio toimii, on selvästi pienempi kuin matkaviestinverkkojen käyttämillä korkeammilla taajuuksilla. Vastaavasti maanpäällisen television verkot on taas suunniteltu niin, että signaali vastaanotetaan ulkoisella antennilla, eivätkä uusien rakenneratkaisujen tuomat ongelmat siten ole niidenkään kohdalla yhtä akuutteja kuin matkaviestinverkossa. Näin ollen on perusteltua, että työryhmän toimeksianto ja tehty työ keskittyi nimenomaan matkaviestinpalveluihin liittyviin haasteisiin.

Matkaviestinjärjestelmän mahdollistama yhteydenpito on nykypäivänä perustarve, ja näin ollen ratkaisun löytyminen sisätilojen kuuluvuusongelmiin on erittäin tärkeää yhteiskunnallisen toimivuuden kannalta. Toimivista matkapuhelinyhteyksistä on tullut kansalaisille itsestänselvyys, ja erityisesti esimerkiksi hätäpuheluiden

sisätilakuuluvuusongelmat ovat luonnollisesti vakava haitta. Konkreettisia toimia, joiden kautta laajakaistan asemaa perusviestintäpalveluna on tähän mennessä edistetty, ovat muun muassa teleyritysten yleispalveluvelvoitteet, joiden mukaan yleispalveluyrityksiksi nimettyjen teleyritysten on pystyttävä tarjoamaan jokaiseen vakinaiseen asuntoon ja yrityksen pysyvään toimipaikkaan kohtuuhintainen ja laadukas puhelinpalvelu ja vähimmäisnopeudeltaan 1 Mbit/s vastaava laajakaistayhteys, sekä uusien matkaviestinverkkojen erittäin korkeat peittovelvoitteet. Lisäksi tietoyhteiskuntakaari-säädöshankkeessa on valmisteltu säännöksiä, joiden mukaan teleyrityksille esitetään oikeutta sijoittaa langattoman viestintäverkon tukiasemia ja radiomastoja toisen omistamalle tai hallitsemaalle maalle tai rakennukseen.

Ratkaisun löytyminen kuuluvuusongelmiin on monen toimijan etu myös kaupallisessa ja toiminnallisessa mielessä. Tele- ja rakennusalan yritysten kannalta matkaviestinverkon sisätilakuuluvuuden varmistaminen on tärkeää, jotta uudet ja peruskorjatut talot ja matkaviestinliittymät menisivät kaupaksi. Operaattoreiden näkökulmasta kuuluvuusongelmien ehkäiseminen ja korjaaminen on tärkeää myös siksi, että niillä tulisi olla valmius toteuttaa uusissa 800 MHz taajuusalueen toimiluvissa annettu vaatimus kohtuullisesta sisätilapeitosta. Erityisen akuutiksi kuuluvuusongelman tekee se, että matkaviestinliikenne rakennusten sisätiloissa kasvaa jatkuvasti mobiilidatan kasvun ja erilaisten päätelaitteiden lisääntymisen myötä. Kansainvälisesti vertailtuna Suomi on edelläkävijä langattomien yhteyksien hyödyntämisessä. Työryhmän havaintoja sisätilakuuluvuuden parantamiseksi voitaisiin luonnollisesti hyödyntää myös muissa kuuluvuusongelmatilanteissa kuin vain energiatehokkaasta rakentamisesta johtuvissa ongelmatilanteissa.

Edellä mainituin perustein työryhmän tehtäväksi asetettiin

- selvittää radiosignaalien kuuluvuusongelmien nykytilaa ja tunnistaa näihin ongelmiin liittyviä kehitys- ja ratkaisumahdollisuuksia sekä rakennusteollisuuden että telepuolen näkökulmista
- arvioida ehdotettuja ratkaisumalleja ja niihin liittyviä teknisiä ja lainsäädännöllisiä muutostarpeita.
- kuulla työryhmän ulkopuolisia tutkijoita, asiantuntijoita ja sidosryhmiä ja teettää tarvittaessa asiaan liittyviä selvityksiä
- selvittää muiden maiden kokemuksia ja hyödyntää selvitystyössään kansainvälisiä malleja ja tutkimuksia
- pyrkiä esittämään loppuraportissa konkreettisia ja toteuttamiskelpoisia ratkaisuehdotuksia

Työryhmän toimikaudeksi asetettiin 1.10.2012–1.10.2013. Työryhmän loppuraportti oli saatettava valmiiksi toimikauden loppuun mennessä.

Työryhmä kuuli työssään useita eri asiantuntija- ja intressitahoja marraskuusta 2012 alkaen.

Kuultavina olivat Tampereen teknillinen yliopisto, Ericsson, Nokia Siemens Networks, Lasifakta Oy, ympäristöministeriö, useat teleoperaattorit ja FiCom, Sähköherkät ry, Säteiläyturvakeskus sekä Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. Lisäksi useat toimijat kommentoivat vapaaehtoisesti työryhmän aihepiiriä.

Työryhmän puheenjohtajana toimi Viestintämarkkinat-yksikön päällikkö, viestintäneuvos Olli-Pekka Rantala liikenne- ja viestintäministeriöstä. Työryhmän jäseniä olivat

viestintäneuvos Antti Kohtala liikenne- ja viestintäministeriöstä, toimitusjohtaja Reijo Svento FiCom ry:stä, osastopäällikkö Timo Hietalahti TeliaSonera Finland Oy:stä, vanhempi kehityspäällikkö Pekka Pussinen Elisa Oyj:stä, Business Development Manager Vesa Erkkilä Digita Oy:stä (jonka edeltäjänä 18.12.2012 asti toimi Kari Heiska), Senior Advisor Markku Lamminluoto DNA Oy:stä, radioverkkoasiantuntija Tom Wikström Viestintävirastosta (31.12.2012 asti Viestintävirastoa edusti myös Pentti Lindfors), asiamies Jani Kempainen Talonrakennusteollisuus ry:stä, toimialajohtaja Juha Luhanka Rakennustuoteollisuus RTT ry:stä sekä rakennusneuvos Erkki Laitinen ympäristöministeriöstä. Työryhmän sihteerinä toimi ylitarkastaja Sini Wirén liikenne- ja viestintäministeriöstä.

2. Yhteiskuntapoliittinen tausta

2.1 Matkaviestinverkon käyttö ja kuluttajan tarpeet

Mobiilidatan kasvu on globaali ilmiö. Nykypäivänä korkealuokkaisia kaksisuuntaisia puhelin- ja datayhteyksiä on tarjolla lähes kaikkialla maailmassa, ja yhteydet kehittyvät jatkuvasti. Matkapuhelinverkon käyttö on merkittävä osa suomalaisten arkipäivää, kun taas lankapuhelinliittymien määrä on vähentynyt tasaisesti. Viestintäviraston vuoden 2012 Viestintäpalvelujen kuluttajatutkimuksen mukaan vain alle 15 % kotitalouksista on enää lankapuhelinliittymä. Lankapuhelin löytyy keskimääräistä useammin vanhemmilta ihmisiltä. Matkapuhelinliittymä taas löytyi kaikkiaan 98 % kotitalouksista. Näin ollen on selvää, että matkaviestinjärjestelmän mahdollistama yhteydenpito on nykypäivänä perustarve ja esimerkiksi mahdollisuus soittaa hätäpuheluita rakennusten sisätiloista on ehdoton perusedellytys turvallisuudelle yhteiskunnassa. Kansainvälisesti vertailluna Suomessa käytetään huomattavan paljon myös langatonta laajakaistaa, ja käyttö kasvaa edelleen huomattavan nopeasti. Matkaviestinverkon kuuluvuus vaikuttaa olennaisesti eri palveluiden käytettävyyteen. Tämänhetkisten arvioiden mukaan vähintään 2/3 kaikista matkaviestimien puhekäytöstä ja mobiilidatan käytöstä tapahtuu sisätiloissa. Sisätilakäytön suhteellinen osuus on kasvamassa. On olennaista varmistaa, että riittävä kuuluvuus voidaan taata kaikissa asuin- ja toimitiloissa. Lisäksi on huomattava, että käyttäjän kannalta kyse ei ole pelkästä kuuluvuudesta vaan myös palvelun laadusta. Radiotien lisävaimennukset voivat pienentää oleellisesti käyttäjien datanopeuksia ja heikentää näin esimerkiksi laajakaistapalveluiden käytettävyyttä.

2.2 Rakentamisen trendit ja energiatehokkuus

Suomessa nopea energiatehokkuuden edistäminen on ollut käynnissä vuoden 2008 tienoilta asti johtuen edellä todetuista EU:n ilmasto- ja energiapolitiikkaan liittyvistä linjauksista. Sitä edeltävänä aikana kehityksen voidaan katsoa olleen melko maltillista. Nykyisessä hallitusohjelmassa on monia kirjauksia energiatehokkuudesta, ja aihe on yleisesti ottaen poliittisesti vahvasti latautunut. Tällä hetkellä Suomessa on käynnissä myös ERA17-toimintaohjelma (Energia- ja ympäristön aika – toimintaohjelma), jonka tavoitteena on nostaa Suomi energiaviisauden kärkimaaksi. Asuintalojen kehitystä on viety kohti energiatehokkaampia ratkaisuja, jotka ovat perustuneet hyvään lämmöneristävyyteen, hyvään tiiveyteen sekä tehokkaaseen lämmön talteenottoon. Rakennusratkaisuissa on jossain määrin käytetty metallisia kalvoja tai kerroksia, jotka haittaavat radiosignaalin läpäisyä. Paremmalla rakennusten energiatehokkuudella tavoitellaan ennen kaikkea energiasäästöjä sekä päästöjen vähentämistä.

3. Lainsäädännöllinen tausta

3.1 Rakentamisen energiatehokkuutta koskeva sääntely

Ympäristöministeriön valmisteleva laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta (21.12.2012/958) astui voimaan vuoden 2013 alusta. Lain nojalla ympäristöministeriö antoi 27. helmikuuta 2013 asetuksen rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä (Ympäristöministeriön asetus 4/13). Lailla ja asetuksella toimeenpannaan rakennusten energiatehokkuutta koskevan EU-direktiivin artikkelit, jotka koskevat korjaus- ja muutostöiden energiatehokkuutta sekä lämmitysjärjestelmien arviointivelvoitetta. Direktiivissä edellytetään rakennusten energiatehokkuuden parantamista rakennuksen korjaus- ja muutostyön yhteydessä. Kyseessä on EU-direktiivin kansallinen toimeenpano.

Energiatehokkuudelle on määritelty vähimmäisvaatimukset kun kyse on rakennuksen luvanvaraisesta korjaamisesta, käyttötarkoituksen muuttamisesta tai teknisten järjestelmien uusimisesta. Tällaisia ovat esimerkiksi laajat peruskorjaukset, rakennuksen ulkovaipan korjaukset ja teknisten järjestelmien uusiminen. Korjausrakentamiseen ryhtyminen säilyy edelleen vapaaehtoisena. Kiinteistön omistaja päättää milloin ja missä laajuudessa hän ryhtyy korjaamaan ja mitkä ovat parhaat keinot parantaa energiatehokkuutta säädösten puitteissa. Lupaharkinnan tekee kunnan rakennusvalvontaviranomainen. Energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä ei tarvitse toteuttaa, mikäli ne eivät ole teknisesti, toiminnallisesti tai taloudellisesti mahdollisia. Tärkeää on myös huomioida rakennuksen ominaispiirteet ja käyttötarkoitus. Energiatehokkuutta kannattaa parantaa osana normaalia korjausrakentamista ja muuta suunnitelmallista kiinteistönpitoa.

Ympäristöministeriön asetus koskee viranomaisten käytössä olevia rakennuksia 1.6.2013 alkaen ja kaikkia muita rakennuksia 1.9.2013. Lain ja asetuksen tavoitteena on edistää energiatehokkuuden parantamista ja rakentamisen laatua korjausrakentamisen yhteydessä. Laki määrittelee tähän liittyvät yleiset perusteet, ja asetus määrittelee käytännön tason määräykset yksityiskohtaisemmin.

Asetus mahdollistaa kolme vaihtoehtoista tapaa, joista rakennuksen korjaushankkeeseen ryhtyvä toimija voi ottaa käyttöön sen tavan, joka on hänelle sopivin keino parantaa energiatehokkuutta korjausten yhteydessä. Ensimmäisenä vaihtoehtona on parantaa korjattavien tai uusittavien rakennusosien lämmönpitävyttä vaatimusten mukaisiin arvoihin. Toisena vaihtoehtona on parantaa energiatehokkuutta kyseiselle rakennustyyppille määritetylle tasolle. Tällöin tarkastellaan koko rakennuksen vuosittaista, normaalikäytössä syntyvää laskennallista energiankulutusta suhteessa rakennuksen pinta-alaan (kWh/m²/vuosi). Kolmantena vaihtoehtona on laskea rakennukselle ominainen, rakentamisajankohdan mukaisilla tai viimeisimmän käyttötarkoituksen muutoksen mukaisilla ratkaisuilla laskettu kokonaisenergian kulutus eli E-luku ja pienentää sitä kyseiselle rakennustyyppille asetetun tason mukaisesti.

3.2 Viestintäpalvelun toimivuutta ja sisätilakuuluvuutta koskeva sääntely

Teleyrityksen oikeuksia ja velvollisuuksia sääntelevät viestintämarkkinalaki (393/2009), laki radiotaajuuksista ja telelaitteista (1015/2001) ja laki eräiden radiotaajuuksien huutokaupoista (462/2009) sekä niiden nojalla annetut säädökset ja määräykset. Viestintämarkkinalain 67 a–g§ sisältää viestintäpalvelusopimuksia koskevan virhe-, vastuu- ja korvaussäätelyn. Lain 67 d §:ssä säädetään viestintäpalvelun laadussa olevasta virheestä. Tämä koskee tilannetta, jossa palvelun laatu ei vastaa laissa tai sen nojalla annetussa Viestintäviraston määräyksessä asetettuja vaatimuksia,

viestintäpalvelun toimitus on muusta kuin palvelun vika- tai häiriötilanteesta johtuen yhtäjaksoisesti tai toistuvasti keskeytynyt olennaisesti tai viestintäpalvelu ei vastaa markkinoinnissa annettuja tietoja tai poikkeaa muutoin siitä, mitä käyttäjällä yleensä on vastaavan palvelun yhteydessä aihetta olettaa.

Suomessa lainsäädännön lähtökohtana on jokaisen oikeus saada kohtuuhintainen ja toimiva puhelinliittymä kotiinsa tai yrityksensä toimipisteeseen. Yleisten puhelinpalvelujen yleispalveluvelvoitteesta säädetään Viestintämarkkinalain 6 a luvussa. Lain mukaan Viestintäviraston tulee tarvittaessa nimetä yleispalveluyritys, jolla on velvollisuus tarjota nimetyllä alueella yleispalveluliittymän ehdot täyttävä puhelinliittymä. Käyttäjälle tarjottavalla yleispalveluliittymällä tulee voida soittaa ja vastaanottaa koti- ja ulkomaanpuheluja, soittaa ja vastaanottaa hätäpuheluja ja käyttää tavanomaisia puhelinpalveluja. Käyttäjälle tarjottava yleispalveluliittymä voi olla kiinteä tai langaton, mutta liittymän tulee toimia moitteettomasti käyttäjän vakinaisessa asuin- tai sijaintipaikassa. Käyttäjän voidaan Viestintäviraston näkemyksen mukaan edellyttää parantavan liittymän kuuluvuutta esimerkiksi päätelaitteen antennin tai pienimuotoisen ulkoisen lisäantennin avulla. On huomattava, että Viestintävirasto nimeää yleispalveluyrityksen vain niille alueille, joilla se on välttämätöntä yleispalvelun tarjonnan varmistamiseksi. Alueilla, joille ei ole nimetty yleispalveluyritystä, on Viestintäviraston arvioinnin mukaan riittävästi yleispalvelun määritelmän täyttävien palvelujen kilpailevaa tarjontaa. Käytännössä suurimmassa osassa Etelä-, Keski- ja Länsi-Suomen alueista ei ole nimetty yleispalveluyritystä puhelinpalvelulle. Sen sijaan laajakaistapalveluiden tarjoamista varten on suuressa osassa maata nimetty yleispalveluyritys.

Vuonna 2008 TeliaSonera Finland Oyj:n toimilupaan tehtiin lankaverkkovetäytymisen johdosta muutos, jossa edellytetään matkapuhelimen sisätalakuuluvuutta silloin kun kiinteä yhteys puretaan operaattorin toimesta. Operaattorin on varmistettava langattoman yhteyden kuuluvuus asiakaskohtaisesti ennen lankapuhelinpalvelun lopettamista niin, että yhteys toimii myös vähintään yhdessä pisteessä kiinteistön sisällä.

Sisätalakuuluvuus on otettu huomioon uusissa operaattoreille lähitulevaisuudessa myönnettävissä toimiluvissa. Valtioneuvosto julisti vuonna 2012 eräiden radiotaajuuksien huutokaupoista annetun lain (462/2009), siten kuin muutettuna lailla 592/2012, 9 §:n nojalla haettaviksi toimiluvat teletoimintaan taajuusalueella 791-821 ja 832-862 megahertsiä (niin kutsuttu 800 megahertsin taajuusalue). Toimiluvat myönnetään tammikuussa 2013 käynnistetyn huutokaupan lopputuloksen perusteella. Toimiluvissa on määritelty peittovaatimus, joka tulee toteuttaa siten, että peittoalueella varmistetaan myös kohtuullinen sisätalapeitto. Kohtuullisella sisätalapeitolla tarkoitetaan sitä, että televerkkopalvelut ovat ilman käyttäjille aiheutuvia lisäkustannuksia saatavilla vakituisessa asunnossa tai yrityksen toimipisteessä tavanomaisessa käyttöympäristössä. Tarvittaessa toimiluvan haltija on velvollinen todentamaan palveluiden saatavuuden.

Matkapuhelinverkon sisätalakuuluvuuteen liittyvät ongelmat ovat verrattain uusia, ja viime vuosina ne ovat nousseet pinnalle erityisesti tiiviisti eristettyjen matalaenergiatalojen kohdalla. Tällä hetkellä ei kuitenkaan ole olemassa erillistä sääntelyä tai linjausta kuuluvuusongelmien vastuukysymyksistä siltä osin, kun kuuluvuusongelmien voidaan katsoa johtuvan esimerkiksi rakennuksen erityksestä, ellei kyse ole Viestintäviraston nimeämästä yleispalveluyrityksestä.

4. Tekninen tausta

4.1 Matkaviestinverkon ja matkapuhelimen toiminta

Matkaviestinverkolla tarkoitetaan pääasiassa kohdeviestintään käytettävää viestintäverkkoa, jossa päätelaitteen yhteys viestintäverkkoon on toteutettu vapaasti etenevien radioaaltojen välityksellä. Mobiilijärjestelmät perustuvat radioaaltojen käyttöön tiedonsiirrossa kiinteiden verkon tukiasemien ja käyttäjien hallussa olevien päätelaitteiden, kuten matkapuhelimen, välillä. Matkapuhelimen ja tukiaseman välinen liikenne on kaksisuuntaista. Matkapuhelinverkkojen tukiasemat tarvitsevat toimiakseen lisäksi kiinteän runkoyhteyden muuhun verkkoon ja toisiin tukiasemiin sekä sähkösyötön. Näiden vaatimusten vuoksi tukiasemaverkko joudutaan suunnittelemaan ja toteuttamaan kokonaisuutena esimerkiksi maaseudulla, jossa riittävän nopeita siirtoyhteyksiä ei ole tarjolla kaikkialla.

4.2 Radioverkon sisätilakuuluvuuteen vaikuttavat tekijät

Tutkimustulokset ovat osoittaneet, että radiosignaalin kuuluvuus on monen tekijän summa. Ensinnäkin tukiaseman lähettämän radiosignaalin vahvuudella, rakennuksen materiaaleilla ja rakennuksen sijainnilla tukiasemiin nähden on olennainen vaikutus sisätilakuuluvuuteen. Mitä voimakkaampi verkon radiosignaali on alueella, sitä helpommin signaali voi edetä rakennuksen sisätiloihin pienimpien aukkojen, kuten ikkunoiden puisten karmien, kautta. Myös muut tekijät voivat aiheuttaa kuuluvuusongelmia myös niillä alueilla, joissa radioverkon voimakkuus on lähtökohtaisesti hyvä. Radiosignaalin kulkeutumiseen sisätiloihin vaikuttavat muun muassa rakennuksen muoto ja sen ulkoseinien suunta sekä esimerkiksi muista ympärillä olevista rakennuksista johtuvat heijastukset. Lisäksi matkapuhelinverkon kentän voimakkuus ja signaalin tulosuunta tietyssä paikassa on aina operaattorikohtainen; yhden operaattorin verkon kuuluvuus voi olla erinomainen samassa paikassa, jossa toisen operaattorin verkon kuuluvuus on heikko. Lisäksi radioverkon rakennetta muutetaan ajoittain johtuen muun muassa tukiasemapaikkojen vuokrasopimusten irtisanomisista ja uusien tukiasemien rakentamisesta, jonka vuoksi radioaaltojen tulosuunta samallakin operaattorilla voi vaihdella rakennuksen elinkaaren aikana.

Rakennusmateriaalien osalta on yleisesti havaittu, että radiosignaalin vaimennus riippuu kaikista rakennuksessa käytetyistä osista, eli esimerkiksi pelkät energiatehokkaat ikkunat eivät estä sisätilakuuluvuutta, jos rakennuksen seinät ovat sellaista materiaalia, jonka läpi radiosignaali voi kulkeutua, ja toisinpäin. Ikkunat ovat kuitenkin perinteisesti olleet se väylä, jota kautta radiosignaali etenee rakennusten sisätiloihin. Uusien, energiatehokkaiden ikkunoiden useat lasikerrokset ja niissä olevat metallipinnoitteet sekä metalliset ikkunaverhoukset kuitenkin heijastavat tehokkaasti matkapuhelinverkon signaaleja, eivätkä päästä niitä lävitseen. Yleisesti voidaan todeta, että kuuluvuusongelmia esiintyy erityisesti kivirakenteisissa kerrostaloissa.

Ikkunoiden ohella rakennusten energiatehokkuutta on pyritty edistämään tehokkaammilla lämmöneristeratkaisuilla. Jotkut ratkaisut ovat sisältäneet erilaisten metallikalvojen käyttöä ja tämä on puolestaan heikentänyt radiosignaalin läpäisyä rakenteen suhteen. Tampereen teknillisen yliopiston mittausten mukaan näiden metallikalvojen aiheuttama vaimennus on merkittävä. Sen sijaan metallikalvottomat, paksummat tai tiiviimmät eristeratkaisut eri materiaaleista, esimerkiksi mineraali- tai muovipohjaisista eristetuotteista, eivät aiheuta tutkimuksen mukaan vaimennusta radiosignaalin millään taajuudella. Lisäksi radiosignaalin kuuluvuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat rakennusmateriaalien ohella esimerkiksi ikkunoiden koko ja sijainti ja huoneiston sisätilaratkaisut (esimerkiksi väliseinät). On myös arvioitu, että nykyään laajasti käytössä olevat uudet päätelaitteet, esimerkiksi matkapuhelimet, ovat kuuluvuuden kannalta

vanhoja heikompia. Uusien matkapuhelinten radiotekninen suorituskyky on arviolta korkeintaan 3 dB heikempi (jolloin puhelimen vaatima minimisignaalinvoimakkuus on korkeintaan 2 kertaa suurempi) uusilla kuin vanhoilla matkapuhelimilla.

Lisäksi on huomattava, että läpäisyvaimennuksen tasoon vaikuttaa olennaisesti käytetty taajuusalue. Korkeammat taajuudet vaimentuvat voimakkaammin kuin matalammat. Tämän vuoksi on tärkeää, että matkaviestinnän käyttöön osoitetaan tarpeeksi alhaisia taajuuksia, kuten niin kutsutut 800 MHz ja 700 MHz taajuusalueet. Uusien taajuuksien avulla voidaankin helpottaa osaa kuuluvuusongelmista.

5. Havainnot matkaviestinverkon kuuluvuusongelmista erilaisissa rakennuksissa

5.1 Yleisiä havaintoja

Tampereen teknillisen yliopiston tietoliikennetekniikan laitos on tutkinut kattavasti radiotaajuussignaalien etenemisvaimennuksia nykyaikaisissa asuintaloissa. Tutkimusryhmä suoritti keväällä 2012 Tampereen alueella mittauksia yhteensä 15 talossa ja 4 kerrostalossa. Kaikissa kohteissa tehtiin tasoeromittaukset ulkona ja sisällä vallitsevien signaalitasojen välillä kaupallisia matkapuhelinverkkoja hyväksikäyttäen kahdella eri taajuudella (900 ja 2100 MHz). Lisäksi viidessä kohteessa suoritettiin rakennusmateriaalimittaukset taajuuden funktiona 100 MHz ja 4500 MHz:n välillä.

Mittaustulosten perusteella uusien rakennusmateriaalien kuten energiatehokkaiden ikkunoiden ja alumiinipohjaisten polyuretaanilevyjen vaimennukset materiaaleina ovat merkittäviä, varsinkin yleisesti käytettävillä matkaviestintaajuuksilla (900MHz, 2100 MHz).

Tampereen teknillisen yliopiston tutkimuksessa on havaittu myös, että kuuluvuusongelmat koskettavat erityisesti rakennusten alakerroksia. Huoneistotyypeistä liiketilat ovat erityisen ongelmallisia, sillä ne sijaitsevat usein rakennusten katutasolla, ja niissä on tyypillisesti asuinhuoneistoihin verrattuna suurikokoiset ikkunat.

5.2 Uudet rakennukset

Tampereen teknillisen yliopiston tietoliikennetekniikan laitos on tehnyt mittauksia rakennuksissa pyrkien arvioimaan kuinka paljon radiosignaali vaimenee edetessään eri materiaaleissa. Tutkimuksen mukaan radiosignaalit voivat läpäistä uusien talojen rakenteet jopa sata kertaa (20dB) heikommin verrattuna kymmenen vuotta vanhoihin rakennuksiin. Mittausten mukaan ero uusien ja vanhojen rakennuksien RF-vaimennuksissa on keskimäärin 13 dB (signaali vaimenee kahdeskymmenesosaan).

5.3 Vanhemmat rakennukset ja korjausrakentaminen

Työryhmä arvioi, että kuuluvuusongelmat peruskorjattavissa vanhoissa rakennuksissa muodostuvat lähitulevaisuudessa uudisrakennuksia akuutimmaksi ja laajamittaisemmaksi haasteeksi. Suomessa rakennuskanta uudistuu melko hitaasti, noin 1 – 1,5 % vuodessa. Laajempia korjauksia tehdään kohtuullisen harvoin, esimerkiksi laajempi julkisivukorjaus tai putkiremontti karkeasti 40-50 vuoden välein. Energiatehokkuuden ja tietoliikennesyhteyksien näkökulmasta korjausten yhteydessä tehtävät valinnat ja suunnitteluratkaisut ovat sitäkin merkittävämpiä ja vaikutuksiltaan pitkäaikaisia.

Tampereen teknillisen yliopiston mittausten perusteella on arvioitu, että radiosignaalin kuuluvuusongelmien ilmeneminen on todennäköistä erityisesti rakennuksissa, joiden

rakennusmateriaali on betoni tai joku muu luonnostaan signaalia vaimentava materiaali, ja joiden ikkunat ovat uutta, energiatehokasta mallia. Huomattava osa Suomen olemassa olevasta asuinkerrostalokannasta on betonirakennuksia, joissa radiosignaali on yleensä kulkeutunut sisätiloihin ikkunoiden kautta.

Ongelmallista remontoitavissa vanhemmissa taloissa on erityisesti se, että radiosignaalin kuuluvuutta ei ole voitu ottaa huomioon koko rakennuksen suunnitteluvaiheessa.

6. Kansainvälinen vertailu

Rakentamisen kehitys on menossa energiatehokkaampaan suuntaan koko Euroopassa. Energiatehokkuuden taso kuitenkin vaihtelee eri maissa muun muassa ilmastoeroista johtuen. Suomessa haasteellisia energiatehokkuuden kannalta ovat erityisesti pitkät, kylmät talvet ja niihin liittyvä lämmitystarve, kun taas esimerkiksi Etelä-Euroopassa haasteita tuottaa erityisesti lämpimästä ilmastosta johtuva jäähdytystarve. Tästä johtuen työryhmä on arvioinut muiden Pohjoismaiden olevan tässä yhteydessä sopivin vertailukohde Suomelle. On todennäköistä, että esimerkiksi Ruotsissa ja Norjassa kuuluvuusongelmat ovat myös lisääntymässä samankaltaisen ilmaston ja energiansäästötavoitteiden vuoksi, vaikka ongelmista ei siellä vielä olekaan käyty laajaa keskustelua julkisuudessa. Kansainvälisesti vertailtuna Suomi on hyvissä ajoin liikkeellä ongelman ja mahdollisten ratkaisujen kartoittamisessa. Yksi syy siihen, että kuuluvuusongelmat ovat konkretisoituneet Suomessa muita maita nopeammin, on Suomen edelläkävijyys langattomassa viestintäteknologiassa. Useissa muissa maissa esimerkiksi lankapuhelin löytyy edelleen huomattavasta osasta kotitalouksia.

7. Kaikki esiin tulleet ratkaisumallit

Tämän kappaleen tarkoituksena on kuvata lyhyesti sekä arvioida kaikkia työryhmän toiminnassa sekä asiantuntija- ja sidosryhmäkuulemisissa esiin tuotuja ratkaisuvaihtoehtoja. Ratkaisumallit voidaan jaotella rakennus- ja telepuolen vaihtoehtoihin.

7.1 Rakentamiseen liittyvät ratkaisuvaihtoehdot

7.1.1 Ennakoiva rakennesuunnittelu RF-luvun avulla

Työryhmän keskusteluiden ja asiantuntijakuulemisten pohjalta on arvioitu, että rakennuksien rakennusmateriaalien perusteella voitaisiin laskennallisesti arvioida rakennukseen ulkoseinien/ikkunoiden läpi etenevien radiotaajuisien signaalien vaimentumista sekä määritellä esimerkiksi seinille vaimennusarvo "RF-luku" (esimerkiksi dB:nä tai jollain muulla materiaalin ominaisuutta kuvaavalla tavalla). RF-luku tulisi määritellä rakennusten käyttötarkoituksen mukaan. Esimerkiksi toimistorakennuksissa maksimivaimennus voisi olla hieman korkeampi, sillä asuinrakennuksiin verrattuna kuuluvuusongelman ratkaiseminen on niissä usein helpompaa.

RF-luvun huomioivalla rakennustavalla voitaisiin varmistaa se, että poikkeuksellisen paljon radioaaltoja vaimentavia rakennuksia ei rakennettaisi. Uudisrakentamisen ohella RF-luku olisi käytettävissä myös vanhempien rakennusten korjaushankkeissa. RF-luvun määrittely helpottaisi kuuluvuusongelmien välttämistä erityisesti pientaloissa, sillä operaattoreiden erityisratkaisut toteutuvat huomattavasti todennäköisemmin isoissa asuinrakennuksissa ja liiketiloissa. Mikäli RF-lukua noudatettaisiin, myös rakennuskohtaisen peittoaluesuunnittelun tarve vähentyisi huomattavasti, mikä säästäisi muun muassa operaattoreiden ja rakennussuunnittelijoiden suunnitteluresursseja sekä

vähentäisi rakennuskohtaisesta erillISRatkaisuista aiheutuvia kustannuksia. Lisäksi RF-luvun käyttö rakentamisessa turvaisi myös muiden taajuuksien käyttäjien sisätalakuuluvuutta ja sen säilymistä korjausrakentamisen jälkeen.

Jotta RF-luvun käyttö saataisiin tehokkaasti vakiintumaan, luvulle olisi hyvä saada virallinen status esimerkiksi suosituksen muodossa. RF-lukuun perustuva eristesuunnittelu olisi todennäköisesti helpompaa rakennesuunnittelijan näkökulmasta, jos asiasta olisi olemassa valmis, konkreettinen ohjeistus ja taulukko. Rakentajien ja rakennusten suunnittelijoiden ohella RF-arvo tarjoaisi apua myös radioverkon suunnittelijoille.

RF-luvun käyttöönotto ja käytön valtavirtaistaminen edellyttäisi konkreettista ohjeistusta ja laskentamallia. RF-luvun laskemiseksi voisi olla perusteltua edellyttää radiosignaalin vaimennuksen ilmoittamista eri rakennuselementtien osalta.

7.1.2 Radiotekniset aukot rakennuksen vaipassa

Työryhmä on arvioinut, että lähtökohtaisesti radioteknisten "RF-aukkojen" tekeminen betonirakenteeseen voisi olla teknisesti mahdollista. Myöskään mikään energiatehokkuuden säännös ei estä rakennuksen vaippaan tehtäviä aukkoja. RF-aukko on paikallinen rakenne, jonka materiaali on ympäröiviä materiaaleja vähemmän radiosignaaleita vaimentavaa. Sen sijaan asia on jossain määrin haastava kysymys esimerkiksi rakennusfysiikan, arkkitehtuurin ja julkisivujen estetiikan sekä äänieristyksen ja mahdollisten kosteusongelmien kannalta, sillä kyseessä on merkittävän kokoinen alue. Tampereen teknillisen yliopiston arvioiden mukaan raon pitäisi olla yhtenäinen ja kooltaan 30 (leveys) x 60 cm (korkeus). Aukon kokoa on mahdollista pienentää, jos se suunnitellaan ja valmistetaan RF-tekniisesti tiettyjä aallonpituuksia silmälläpitäen. Yleisesti ottaen RF-aukot on vielä huomattavasti vaikeampia toteuttaa vanhoissa, korjattavissa rakennuksissa kuin uusissa rakennuksissa.

Toimiakseen tarkoituksensa mukaisesti radiotekniset aukot vaativat voimakkaan ulkokentän. Aukkojen sijoittelua tulee pohtia myös radiosignaalien tulosuunnan kannalta. Aukkoihin perustuvien ratkaisujen keskeinen rajoite liittyy niiden toiminta-alaan; käytännössä aukkojen vaikutusalue on vain yksi huone. Suurempikin peitto voi tosin olla mahdollinen siinä tapauksessa, että signaali tulee aukkoon suoraan ja huoneiston väliseinät ovat kevytrakenteisia. Sähkömagneettista säteilyä voi tulla mistä ilmansuunnasta tahansa, riippuen tukiasemien sijoittelusta ja radiosignaalien heijastuksista, joten tarvittaessa rakennuksen vaippaa tulisi avata aukoin kaikkiin ilmansuuntiin.

RF-aukkoihin perustuvien ratkaisuita on jo kehitetty puurunkoisia pientaloja varten radioaaltoja läpäisevän eristemateriaalin avulla, mutta erityisesti niiden laajempi käytettävyys kuuluvuusongelmien korjaamisessa vaatisi vielä lisäselvityksiä.

RF-luvun hyödyntämistä on arvioitu tarkemmin liikenne- ja viestintäministeriön Tampereen teknillisen yliopiston tutkijalta tilaamassa esiselvityksessä, joka käsittelee luvun käytön mahdollisuuksia rakennusten signaalinvaimennusten hallintaa ohjaavana elementtinä. Esiselvitys julkaistaan lokakuussa 2013.

7.1.3 Ikkunan selektiivikalvoon liittyvät ratkaisut

Ohuen metallipinnoitteen käyttö ikkunarakenteissa on ollut yksi keino rakennuksen energiatehokkuuden parantamisessa. Tällä hetkellä markkinoilla on paljon energiatehokkaita selektiivilaseja, joiden avulla voidaan samanaikaisesti päästää ulkoa tuleva auringonvalo rakennuksen sisään ja vähentämään lämmön karkaamista sisätiloista. Selektiivilasien on kuitenkin katsottu heikentävän matkaviestinjärjestelmien

kuuluvuutta rakennusten sisätiloissa, sillä radiosignaali läpäisee huonosti lasien metallipinnoitteen.

Tästä johtuen yhtenä ratkaisumallina kuuluvuusongelmiin on tuotu esiin mahdollisuus valita rakennukseen yksi tai useampi selektiivikalvoton ikkuna. Arvioiden mukaan tämä ratkaisumalli voisi toimia hyvin silloin, kun ikkuna on siinä suunnassa, mistä radiosignaali tulee. Ratkaisumallin vaikutusalue on tutkimusten mukaan yksi huone, joten koko talon sisätilakuuluvuusongelman korjaamiseksi talon jokaisella sivulla pitäisi olla huoneistoa kohden sellainen ikkuna, jonka lasissa ei ole signaalia vaimentavia pinnoitteita.

Selektiivikalvottoman ikkunan energiahävikki olisi selvästi suurempi kuin selektiivikalvolla ikkunoilla, jonka vuoksi ratkaisumalli ei sopisi yhdenmukaisiin energiamääräyksiin. Sen sijaan uuden energiatehokkuusasetuksen mahdollistama E-arvoon perustuva energiatehokkuuden laskentamalli mahdollistaisi tällaisen ratkaisun toteuttamisen, sillä rakennuksen energiatehokkuutta voitaisiin kompensoida sen muissa osissa.

Selektiivikalvottomaan ikkunaan perustuvaan ratkaisumalliin liittyy kuitenkin muita haasteita. Selektiivikalvottoman ikkunan käyttö ei välttämättä ole ihanteellista asukkaiden ja rakentajien näkökulmasta. Ensinnäkin vähemmän energiatehokas ikkunalasi saattaa olla kalliimpaa kuin energiatehokas, sillä jos sarjatuotannossa tehdään yksi tai muutama "massatuotannosta" poikkeava ikkuna, on se yleensä kalliimpi, vaikka siinä oleva lasi ja muut komponentit olisivatkin halvempia. Suomessa ei myöskään ole omaa lasinvalmistusteollisuutta, vaan kaikki lasi valmistetaan ulkomailla. Asiaan saattaa liittyä myös asumismukavuuteen vaikuttavia ongelmia, kuten kylmän pinnan aiheuttama vedontunne ja kondenssiongelmat. Sen sijaan selektiivikalvoton ikkuna voi joissakin tapauksissa olla jopa asumismukavuutta parantava ratkaisu, sillä esimerkiksi ikkunoiden huurtuminen tai jäätyminen on havaittu ongelmaksi liian energiatehokkaiden ikkunoiden kohteissa. Lisäksi on huomioitava, että tulevaisuudessa mahdollisesti käytettävät metalliset kaihtimet, varjostimet ja luukut voivat joka tapauksessa estää radiosignaalien läpimenon joissakin tapauksissa, joten tässä mielessä selektiivikalvon poistaminen ei välttämättä riitä ratkaisuksi kuuluvuusongelmiin.

Selektiivikalvoton ikkuna on ratkaisumalli, joka on jo rakentajien saatavilla ja toteutettavissa tänä päivänä. On todennäköistä, että lähitulevaisuudessa kuuluvuusongelman ratkaisemiseksi on tarjolla myös muita selektiivikalvoihin liittyviä ratkaisuja, jotka kuitenkin vaativat vielä lisäselvitystä. Yksi mahdollisuus on ikkuna, jossa osa selektiivikalvosta on jätetty pois. Mikäli osa ikkunan selektiivikalvopinnoitteesta jätetään pois, on energiatehokkuuden pieneneminen suoraan suhteessa avauksen pinta-alaan. Lisäksi pelkän kalvon mekaanisen ja tasaisen poisjättämisen on teknisesti mahdollista kehittää sellaisia teknisiä avauksia ikkunaan, jossa tietyt radiotaajuudet läpäisevät selektiivikalvon. Tällaisten ratkaisujen kehittäminen vaatii paitsi tutkimus- ja tuotekehitystyötä niin radioteknisen ratkaisun kuin kustannustehokkaan valmistustekniikan osalta. Esimerkki tällaisesta taajuusselektiivisestä rakenteesta on tutkimus, jossa 10% selektiivikalvon poisjättämisellä saavutettiin 20 dB (satakertainen) parannus signaalinvoimakkuuteen kun taas ikkunan energiahäviö lisääntyy vain 10%. Koko rakennuksen energiahäviönä tämä on tyypillisesti vain 1-2% lisäys. Myös selektiivikalvon korvaaminen toisella pinnoitteella on asia, joka vaatii jatkokehitystyötä.

7.1.4 Varautuminen talokohtaisen sisäverkon kaapelointiin

Yhtenä mahdollisena sisäkuuluvuuden parantamismenetelmänä voidaan käyttää kiinteistöön asennettavaa matkaviestinpalvelujen sisääntenniverkkoa. Matkaviestinpalvelujen sisääntenniverkko koostuu talojakamosta lähtevästä koaksiaalikaapelista ja jakajista joilla matkaviestinverkon signaali jaetaan rakennuksen sisälle porrastanteiden yhteyteen asennettaville antennille. Talojakamoon voidaan

asentaa joko toistimia tai tukiasemia tuottamaan matkaviestinverkon peittoa sisääntenniverkon kautta. Tampereen teknillisen yliopiston tutkimuksen mukaan talokohtaiset sisäverkot ovat radioteknisesti hyvä ratkaisu. Riittävän laadukkaan sisäverkon kautta operaattorit voisivat kaupallisten, vapaaehtoisten sopimusten pohjalta tarjota talokohtaisia, kappaleessa 7.2.3. kuvattuja erityisratkaisuja suuriin kerrostaloihin niissä tapauksissa, kun kuuluvuutta ei voida järkevästi parantaa rakennuksen ulkopuolelta.

Sisäverkkojen kohdalla on olennaista huomata, että verkon rakentaminen jälkikäteen on huomattavan kallista ja hankalaa. Näin ollen sisäverkon kaapelointiin olisi hyvä pyrkiä varautumaan niissä uudis- ja peruskorjauskohteissa, joissa matkapuhelinverkkojen kentänvoimakkuusmittauksilla heikko ulkokenttä ja/tai ulkoseinien vaimennukset tiedetään voimakkaiksi (RF-luku). Vanhoissa kiinteistöissä voi kuitenkin olla työryhmän vaatimukset täyttävän matkaviestinpalvelujen sisääntenniverkon rakentamisen estäviä tai vaikeuttavia seikkoja kuten se, että suojeltuun rappukäytävään ei välttämättä saa asentaa kaapelireittejä tai antennejä, kiinteistössä ei ole riittäviä tiloja sisääntenniverkon vaatimalle vanhaa laajemmalle talojakamolle tai laitteiden vaatimaan ilmastointiin ei ole mahdollista varautua. Lisäksi etenkin vanhoissa kiinteistöissä sisääntenniverkon rakentamisesta voi aiheutua merkittäviä lisäkustannuksia kiinteistön omistajalle, mikä on syytä ottaa huomioon mahdollisten vaatimusten ja ratkaisuvaihtoehtojen laadinnassa ja soveltamisalan rajoituksissa.

Tässä yhteydessä tarvitaan lisäksi periaatepäätökset keskeisistä vastuukysymyksistä liittyen esimerkiksi siihen, mikä viranomainen tekee verkon suunnittelua koskevat määräykset ja hyväksyy suunnitelmat sekä valvoo niiden noudattamista. Koska verkon rakentaminen jälkikäteen on huomattavan kallista ja hankalaa, tulisi myös tarkemmin arvioida mahdollisuutta tehdä sisääntenniverkon rakentamisen valvonta samaan aikaan muun rakennusvalvonnan kanssa. Lisäksi periaatepäätöksiä tarvitaan verkon rakentamiseen, huoltoon ja ylläpitoon sekä omistukseen liittyvissä kysymyksissä.

Viestintävirastossa on hiljattain valmisteltu kiinteistön sisäverkkoja ja teleurakointia koskeva määräysluonnos M65. Määräys astuu voimaan 1.1.2014. Työryhmä on esittänyt kannanottonaan talokohtaisten sisäverkkojen mukaan ottamisen määräyksen sisältöön. Laajamittaisten muutosten tekeminen määräyksen sisältöön ei tässä vaiheessa ole enää tarkoituksenmukaista, koska määräyksen voimaan tulon viivästyttäminen olisi haitaksi muille määräyksellä edistettävillä toimenpiteillä. Määräystä tullaan näillä näkymin päivittämään kuitenkin jo vuonna 2014 Tietoyhteiskuntakaaren tuomien muutosten johdosta, joten konkreettisten ehdotusten huomioiminen määräyksessä voisi tuolloin olla mahdollista. Siten työryhmä esittää, että seuraavat rakennuksia ja verkkoja koskevat vaatimukset huomioidaan sisääntenniverkkojen rakentamisedellytysten luomisessa, kuitenkin siten, että niitä koskevat rajoitukset ja niiden taloudelliset näkökulmat tulevat arvioiduiksi:

- sisääntenniverkkoja tulisi voida rakentaa asuinkerrostaloihin, yritysikiinteistöihin, kauppakeskuksiin, hotelleihin ja periaatteessa kaikkiin rakennuksiin joissa on rappukäytävät
- kaikkien operaattoreiden tulee voida kytkeytyä talojakamossa samaan sisääntenniverkkoon matkaviestinverkkojen peittoalueen ulottamiseksi talon sisälle
- sisääntenniverkon koaksiaalikaapelin ja jakajien taajuusalue tulisi määritellä mahdollisimman laajaksi mutta sisääntenniverkon kautta tarjottavat matkaviestinverkon taajuusalueet ja siten myös antennit olisivat operaattorikohtaisia

- sisääntenniverkon kaapeli-, jakaja- ja liitinvaraimennukset tulisi määritellä jotta ne voidaan ottaa huomioon radioverkkosuunnittelussa ja että operaattoreille pystytään tarjoamaan tasapuolinen pääsy sisääntenniverkkoon
- sisääntenniverkkoon liitettäville tukiasemille ja toistimille tulee varata riittävät tilat talojakamoista ja jakamot tulee varustaa riittävällä ilmastoinnilla
- sisääntenniverkolle tulee varata riittävästi tilaa kaapelikouruista ja rakennukset tulee varustaa rappukäytävien yhteydessä olevilla kaapeleiden nousutiloilla sekä porrastasanteilla olevilla nousutilojen huoltoluukuilla
- sisätilapeittoa tarjoavat antennit tulee voida sijoittaa porrastasanteiden yhteyteen
- mahdollisia talojakamoon sijoitettavia toistimia varten tulee rakennuksen katolle sijoitettavilta antenneilta olla mahdollisuus vetää koaksiaalikaapeli (tai kaapeleita) talojakamoon sijoitettuihin toistimiin
- mikäli samassa rakennuksessa on useita talojakamoita, tulee olla mahdollista muodostaa kaapeliyhteys talojakamoiden välille ja tämä yhteys tulee määritellä
- mikäli rakennuksessa varaudutaan matkapuhelinverkkojen sisäkaapelointiin varaamalla sitä varten tyhjät putkitukset, niiden kunto, yhtenäisyys ja esteettömyys tulee varmistaa rakennuksen lopputarkastuksessa tarkastusasiakirjan yhteenveto-osaan tehtävällä merkinnällä

7.2 Telepuolen ratkaisuvaihtoehdot

7.2.1 Passiiviset antenniratkaisut laajennettuna kuluttajille saatavissa olevilla aktiivilaitteilla (ns. lisääntennit)

Passiiviset antenniratkaisut ovat toistintratkaisuja ilman aktiivisia komponentteja. Järjestelmä koostuu ulkoantennista ja sisääntennista, jotka ovat kytkettynä toisiinsa koaksiaalikaapelilla tai muulla siirtolinjalla.

Arvioiden mukaan passiiviset antenniratkaisut voivat helpottaa kuuluvuusongelmaa yksittäistapauksissa, erityisesti pientaloissa, mutta eivät sovellu laajemmaksi ratkaisumalliksi ongelmaan esimerkiksi kerrostaloissa.

Ratkaisussa passiivisen antennilinjan päähän sisätiloihin asennetaan kuluttajalle saatavissa oleva aktiivinen päätelaite. Päätelaite voi olla esimerkiksi mobiilidata-laite tai sitten ns. pöytä-GSM -laite. Näissä ratkaisuissa päätelaite on asennettuna kiinteästi kiinni ulos asennettuun anteeniin. Ratkaisulla saadaan osittain kompensoitua rakenteiden aiheuttamat vaimennukset, mikä sitten mahdollistaa riittävän signaalitason esim. puhelimen käytölle. Toisaalta ratkaisu rajoittaa joissain tapauksissa päätelaitteen liikuttelua sisätiloissa. Kuitenkin jos käytössä on esimerkiksi WLAN –sovitinmella varustettu mobiililaite, ei ongelmaa silloin käytännössä ole.

Antennien asentaminen sekä aktiivilaitteen lisääminen vaatii hieman radioteknistä osaamista, muun muassa siksi, että toimiakseen antenni tulee kohdistaa oikein signaalin tulosuuntaan nähden. Antennin toimivuus signaalin parantamisessa edellyttää myös hyvää matkaviestinverkon ulkokenttää. Lisäksi ratkaisu voi rajoittaa päätelaitteen liikuttelua sisätiloissa mutta toisaalta liikkuvuuden kustannuksella laitteen toimintaedellytyksiä voidaan ratkaisevasti parantaa signaalivoimakkuuden parantumisen vuoksi.

Ratkaisumallissa käytettäisiin kuluttajalle suunnattuja, jo hyväksytyjä laitteita. Näin ollen hyvänä puolena voidaan pitää sitä, että kuluttajalle saatavissa olevalla aktiivilaitteella laajennetut passiiviset järjestelmät eivät aiheuta häiriötä muille verkoille. Tästä johtuen niiden toteuttaminen ei edellytä radiolain 7 § mukaista Viestintäviraston myöntämää radiolupaa. Kuluttajien avuksi Viestintäviraston internetsivuilla on saatavilla matkapuhelimen kuuluvuutta ja mobiililaajakaistan parantamista koskeva ohje, jossa käsitellään muun muassa nimenomaan lisääntenniratkaisuja.

7.2.2 Tukiasemaverkon tiivistäminen

Operaattorit hoitavat matkaviestinverkon kuuluvuuden asuinalueilla lähtökohtaisesti rakennusten ulkopuolisten tukiasemien kautta. Tukiasemaverkon tiivistäminen on toimenpide, jota operaattorit tekevät jatkuvasti kaupallisten tarpeiden pohjalta. Liikennemäärien kasvu edellyttää joka tapauksessa uusia tukiasemia, mutta näillä yksin on vaikea ratkaista kuuluvuusongelmaa, jos rakennuksen läpäisykyky olematon, sillä tukiaseman rakentaminen puolta lähemmäs rakennusta nostaa signaalivoimakkuutta vain 6 dB (nelinkertaiseksi) kun energiatehokkaassa ratkaisussa vaimennukset voivat olla 20-30 dB (signaalivoimakkuus sisällä sadas- tai tuhannesosa ulkona olevasta).

Lisäksi tukiasemaverkon tiivistäminen on kuitenkin verrattain hidasta ja kallista operaattoreille verrattuna saatuun parannukseen signaalivoimakkuudessa. Vaimennusongelma ei ole ratkaistavissa yksinomaan tukiasemaverkkoa tiivistämällä. Kysymykseksi nousee myös se, saadaanko tukiasemien sijoittamiseen riittävästi paikkoja. Erityisesti asutuskeskuksissa uusien tukiasemapaikkojen saaminen saattaa olla huomattavan hankalaa. Osittain tukiasemaverkon tiivistämistä voitaisiinkin edistää kaavoitukseen ja lupaprosessiin liittyvin toimenpitein. Joitakin tällaisia toimia tukiasematilanteen parantamiseksi on jo käynnistetty. Liikenne- ja viestintäministeriössä valmisteilla olevaan tietoyhteiskuntakaareen on valmisteltu säännöksiä, joiden mukaan teleyrityksille esitetään oikeutta sijoittaa langattoman viestintäverkon tukiasemia ja radiomastoja toisen omistamalle tai hallitsemaalle maalle tai rakennukseen. Lisäksi alhaisempien taajuusalueiden, kuten 800 MHz:n alueen, käyttöönotto tuo osittaista helpotusta ongelmaan, sillä matalampi taajuus pidentää signaalin kantamaa, jolloin tukiasemia ei tarvitse rakentaa yhtä tiheään kuin korkeammilla taajuuksilla.

7.2.3 Operaattoreiden tekemät sisäverkkoratkaisut

Rakennuksen sisäverkkoon voidaan kytkeä esimerkiksi aktiivitoistin/toistimia tai muu kuuluvuutta parantava ratkaisu. Tällaiset laitteet liitettäisiin rakennuksen valmiiseen sisääntenniverkkoon ja laitetilaan, ja niiden omistus ja hallinta säilyisi operaattorilla. Kiinteistönomistaja vastaisi edelleen sisäverkon laadusta ja rakentamisesta. Sisäverkon olisi mahdollistettava usean matkaviestinoperaattorin liittyminen, jotta taloyhtiöllä olisi aina mahdollisuus tehdä sopimukset haluamiensa operaattoreiden kanssa. Operaattoreiden mukaan valmiit sisääntenniverkot rakennuksissa nopeuttaisivat myös uusien radiotekniikoiden käyttöönottoa.

Verkonhallinnan ja häiriöttömyyden näkökulmasta arvioituna aktiivitoistimet ovat hyvä ratkaisu, mikäli toistimet vahvistavat vain ennalta määritellyn operaattorin taajuuskaistaa, ovat laadultaan riittävän korkeatasoisia ja ovat matkaviestinoperaattorin hallinnassa. Aktiivitoistimien asennus vaatii radioteknistä osaamista ja niiden tulee sopeutua radioverkossa mahdollisesti tehtäviin muutoksiin.

Rajotteena operaattoreiden RF-laitteisiin perustuvassa ratkaisumallissa on kuitenkin se, että erilliset sisäverkkoratkaisut ovat taloudellisesti kannattavia lähinnä vain suurissa asuintaloissa, jolloin ne eivät vastaa yksittäisten pientalojen sisätilakuuluvuusongelmiin.

7.2.4 Kotitukiasemat ja muut kiinteän laajakaistaverkon mahdollistamat ratkaisut

Maailmalla osa operaattoreista on alkanut tarjota aktiivisesti femtosolu- eli kotitukiasemaratkaisuja, kun taas osa on jättäytynyt asian ulkopuolelle. Femto-tukiasemia on paljon mm. Japanissa, Yhdysvalloissa ja myös osassa Eurooppaa. Vuoden 2012 loppupuolella niitä oli maailmalla yhteensä lähes 6 miljoonaa kappaletta. Tällä hetkellä harva operaattori kuitenkaan tarjoaa femto-tukiasemia massiivisella tuotannolla. Kotitukiasemien määrä on maailmanlaajuisesti silti lisääntymässä, ja on todennäköistä, että 4G/LTE -teknologian yleistymisen myötä kotitukiasemaratkaisut tulevat olemaan osa operaattorin verkkoinfrastruktuuria myös Suomessa.

Femto-tukiasemat ovat operaattorikohtaisia, joten ne ratkaisevat kuuluvuusongelman kerrallaan vain yhden operaattorin ja talouden osalta. Lisäksi femto-tukiasemien yhteydessä nousee usein esille myös muun muassa tietoturvaan, häiriöihin ja väärennöksiin liittyviä huolia. Femto-tukiasemien keskinäisiä häiriöitä ilmenee todennäköisemmin kerrostaloissa, joissa soluja on samanaikaisessa käytössä paljon. Lisäksi kotitukiasemaratkaisujen taajuustarpeet on otettava huomioon radiverkkosuunnittelussa.

On selvää, että pelkkä kotitukiasemaratkaisu ei riitä vastaukseksi koko sisätilakuuluvuusongelmaan. Ensinnäkin monet suomalaistaloudet elävät pelkän langattoman laajakaistan varassa, kun taas femto-tukiasema edellyttää toimiakseen kiinteää laajakaistayhteyttä (kuitu/adsl). Toinen keskeinen rajoite on se, että femto-tukiasemat eivät tue vanhempia matkapuhelimia, joita Suomessa tulee arvioiden mukaan olemaan suhteellisen paljon vielä lähitulevaisuudessa. Lisäksi ratkaisumalliin saattaa liittyä tiettyjä käyttöönottorajoitteita esimerkiksi iäkkäämmän väestön keskuudessa, sillä ainakin ulkomailla femto-tukiasemat ovat lähtökohtaisesti olleet asiakkaalle postitse lähetettäviä laitteita, joiden asentamisesta asiakas vastaa itse.

Hyvä puoli kotitukiasemaratkaisuissa on niiden verrattain edullinen hinta kuluttajille. Niillä voidaan mahdollistaa sisätilakuuluvuus myös yksittäistapauksissa, joihin ei ole muuta käyttäjän tarpeet täyttävää ja nopeaa ratkaisua. Verkkolaittevalmistajien mukaan kehitys vaikuttaa siltä, että tulevaisuudessa kotitukiasemaratkaisuja tullaan enenevästi tarjoamaan veloituksetta vaikkakin kotitukiasemien lisäksi operaattorien on investoitava kotitukiasemaverkkojen vaatimiin uusiin hallinta- ja keskitinratkaisuihin sekä siirtoyhteyksien (kuitu- ja DSL-yhteyksien) ylläpitoon. Työryhmä ehdottaa, että kotitukiasemavaihtoehto otetaan huomioon asian jatkovalmistelussa.

Kotitukiasemaratkaisujen ohella kiinteä laajakaistayhteys mahdollistaa sovelluksia, joista voi olla apua tilanteissa, joissa tavallinen matkapuhelu ei kuulu rakennuksen sisätiloissa. Yksi tällainen vaihtoehto on internetpuhelu eli VoIP (Voice over Internet Protocol). VoIP:lla tarkoitetaan menettelyä, jolla puhe ja muu tieto siirretään paketteina datayhteydellä. Internetpuhelu ei siis ratkaise perinteisessä puhelinverkossa välitettävien puhelujen kuuluvuusongelmaa, mutta tarjoaa potentiaalisen vaihtoehdon.

Kun puhelut eivät kuulu sisätiloissa, voidaan VoIP:n avulla helposti muodostaa yhteydet kiinteän datayhteyden kautta. Kännykkää käyttäessä tarvitaan lisäksi WLAN-tukiasema ja siihen nettiyhteys. Internetpuhelu-palvelun käyttöönoton helppous riippuu kunkin valmistajan ohjelmistosta ja laitteistosta. Perinteisesti se vaatii tietokoneen tai puhelimen, jossa on VoIP-ohjelmisto asennettuna. Nykyiset älypuhelimet ja hieman vanhemmatkin mahdollistavat VoIP-ohjelmistojen käytön. Lisäksi markkinoilta löytyy myös erityisiä VoIP-puhelimia. VoIP-ohjelmistolla on mahdollista "soittaa" puheluita kännykästä tai tietokoneesta, välittää kuvia ja muuta dataa. Perinteinen SMS-viesti ei välity, mutta siihen rinnastettava internetin kautta siirtyvä viesti kylläkin. Jos päätelaitteessa on kamera, myös kuvapuhelun soittaminen on mahdollista. VoIP:lla voidaan soittaa myös tavallisiin puhelinliittymiin. Tätä varten tarvitaan kuitenkin

käyttäjätili jonkin IP-operaattorin palveluissa puhelun välittämiseksi verkkojen välillä. Tilille talletetaan käyttäjän toimesta rahaa, jota käytetään puheluihin. VoIP-soittaminen tavalliseen puhelinverkkoon (kiinteä tai mobiili) yleensä on palveluna, mutta tavallisesta puhelin verkosta VoIP-osoitteeseen soittamisen onnistuminen tulee varmistaa ISP-palvelun tarjoajalta (Internet Service Provider).

VoIP-ratkaisujen käyttöönottoa voitaisiin edistää lisäämällä tietoisuutta tarjolla olevista palveluista. Lisäksi ratkaisun mahdollinen tuotteistaminen (VoIP-ohjelmisto/ISP-palvelut – WLAN-tukiasema /reititin – makkula) kännyköille voisi olla hyödyllistä.

7.2.5 Pienet aktiivitoistintratkaisut

Toistimia, vahvistimia ja aktiivisia antenneja ei ole suunniteltu kuluttajalaitteiksi toisin kuin matkaviestinverkon päätelaitteita, joiden lähetteet, mukaan lukien lähetystaajuus ja teho, ovat jatkuvasti verkon hallinnassa varmistaen käytetyn palvelun laadun ja taajuusresurssin tehokkaan ja häiriöttömän käytön ilman että radiolaitteen käyttäjältä edellytetään minkäänlaista radioteknistä osaamista. Tämä periaate on mahdollistanut matkaviestinverkkojen päätelaitteiden luvasta vapaan toiminnan.

Päätelaitteista poiketen, toistimen, vahvistimen ja aktiivisen antennin asennus ja operointi vaatii radioteknistä osaamista ja tietoa siitä matkaviestinverkosta jonka signaaleja sillä aiotaan vahvistaa jotta vältetään verkolle ja sen käyttäjille koituvat haitalliset häiriöt. Matkaviestinoperaattorin verkonhallinnalla tulee olla tieto laitteen asennuksesta ja teknisistä parametreista jotta se voidaan ottaa huomioon matkaviestinverkkoon tehtävien muutosten yhteydessä. Kuten muidenkin matkaviestinverkon komponenttien kohdalla, tulee tällaisten laitteiden käyttö ja niiden tekniset parametrit olla operaattorin verkonhallinnan piirissä, jotta verkkoon mahdollisesti tehtävät muutokset voidaan toteuttaa myös kyseisten laitteiden osalta.

Tällä hetkellä pienet, kuluttajien hankkimat toistimet ja aktiiviset antennivahvistimet ovat selkeästi kiellettyjä Suomessa. Internetin kautta on kuitenkin saatavissa paljon ns. piraattitoistimia, jotka kattavat kaikkien operaattoreiden taajuuskaistat. Kuluttajan käyttämästä piraattitoistimesta aiheutuu helposti huomattavia ongelmia operaattoreiden matkaviestinverkkoihin ja sen kautta muiden kuluttajien matkaviestinyhteyksiin. Viestintävirasto selvittää vuodessa useita tällaisia häiriötapauksia.

Ruotsissa kuluttajien hankkimien aktiivisen toistimien käyttö matkaviestinoperaattorille myönnettyllä taajuusalueella edellyttää matkaviestinoperaattorin hyväksynnän sekä kansallisen televiranomaisen eli PTS:n myöntämän luvan. Toistimen käyttö ilman asianmukaista lupaa on myös Ruotsissa rangaistava teko. Myös Venäjällä on käytössä huomattava määrä pieniä toistimia. Suomessa aktiivisia toistimia saavat käyttää vain operaattorit, ja niiden käyttämät laitteet eroavat laadultaan ja sen myötä hinnaltaan huomattavasti näistä pienistä toistimista.

Suomessa pienten toistimien, vahvistimien ja aktiivisten antennien salliminen vaatisi lainsäädännöllisiä muutoksia. Sallimiseen liittyvät suurimmat huolet liittyvät ennen kaikkea matkaviestinoperaattoreiden verkkoihin ja verkon käyttäjiin kohdistuviin häiriöihin ja verkonhallinnan ongelmiin. Viestintäviraston mukaan yksi ongelma toistimien standardia soveltamissa laitteissa on se, ettei standardia ole tehty kuluttajille myytävää radiolaitteita varten.

Toisaalta on huomioitava, että ilman lupaa käytettyjen aktiivilaitteiden leviämistä voi olla joka tapauksessa hankala estää tulevaisuudessa, jos kuuluvuusongelmat uusissa taloissa ja syrjäseuduilla pahenevat. Tästä näkökulmasta katsottuna on perusteltua pyrkiä edistämään luvallisten laitteiden yleistymistä.

7.2.6. Uudet radioteknologiat

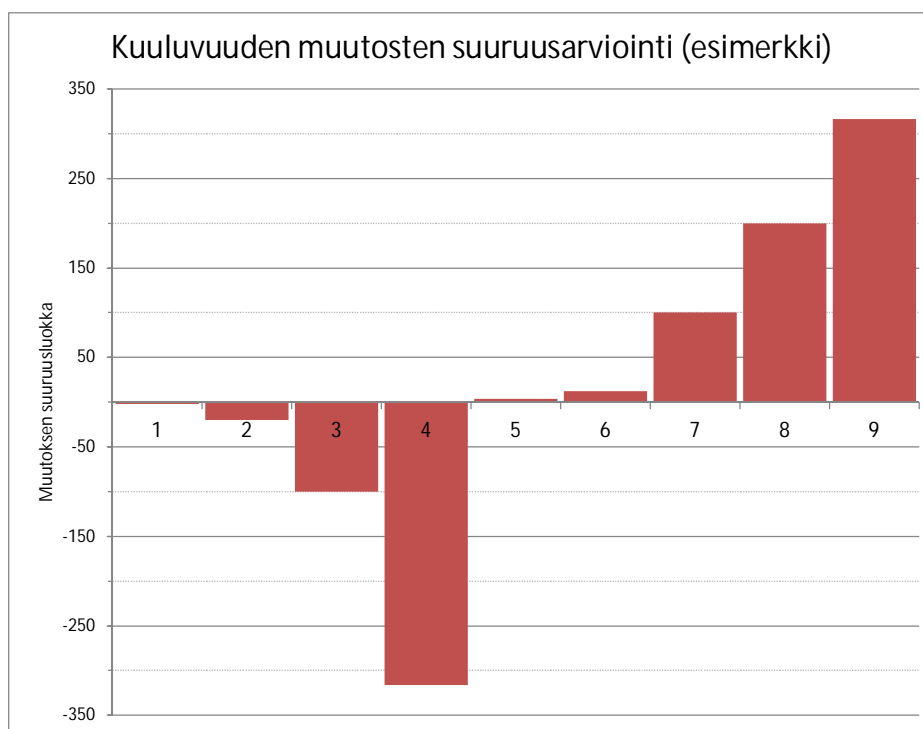
Tulevaisuudessa muun muassa 4G -tekniikan nähdään tuovan parempia mahdollisuuksia sisätilakuuluvuuden parantamiseksi. LTE-tekniikassa aktiivitoistimet (ns. LTE-relay) ja femto-tukiasemaratkaisut on huomioitu jo vaatimusmäärittelyssä, mikä mahdollistaa niiden toteuttamisen häiriöttömästi myös kuluttajien asentamilla laitteilla. Uudet teknologiat eivät kuitenkaan täysin ratkaise kuuluvuusongelmia. On esimerkiksi huomioitava, että LTE-teknologia tulee ainakin alkuvaiheessa olemaan käytettävissä pelkästään datayhteyksiin, kun taas puheyhteydet mahdollistettaisiin edelleen GSM- ja 3G -teknologioilla. Näin ollen uudet radioteknologiat eivät ainakaan lähivuosina korjaisi ongelmia matkapuhelimen puheyhteyksien kuuluvuuden osalta, vaan helpottaisivat tilannetta lähinnä pidemmällä aikavälillä.

7.3 Esimerkki kuuluvuuden muutosten suuruusarviointista

Edellä esitettyjen rakenteellisten syiden ja ratkaisujen vaikutus olemassa olevan mobiiliverkon kuuluvuuteen sisätiloissa eroaa huomattavasti toisistaan. Tässä on kuvattu esitettyjen mallien mahdollista vaikutusluokkaa sekä edellä mainittujen lukujen että niiden pohjana olevien tutkimusraporttien valossa. Tässä vaikutuksessa ei ole mainittu itse rakennuksen sisäisiä aktiivisia ratkaisuja (femto-tukiasemat, sisäantenniverkot, toistimet ja ulkoantennit) koska niiden vaikutus perustuu radioesteen kiertämiseen, eli niiden vaikutus on aina riittävä alkuperäiseen rakenteelliseen esteeseen nähden.

Oheisessa taulukossa sekä sitä seuraavassa kuvaajassa on hahmoteltu eri kuuluvuusheikennysten miinusmerkkiset sekä parannusten plusmerkkiset vaikutukset sekä kertoimella että desibeleinä.

Nro	Vaikutustapa	Muutos (kerroin)	Muutos (dB)
1	Matkapuhelinteknologian vaikutus	-2	-3
2	Uusi talo verrattuna vanhaan (keskiarvo)	-20	-13
3	Uusi talo verrattuna vanhaan (pahimmillaan)	-100	-20
4	Ikkunoiden korvaaminen selektiivikalvolla	-316	-25
5	Tukiasematiheyden nelinkertaistaminen	4	6
6	Betonielementin korvaaminen kevytlekaharkolla (RF-aukko)	13	11
7	Ikkunan selektiivikalvon poistaminen osittain (RF-aukko)	100	20
8	Ikkunan selektiivikalvojen poistaminen kokonaan (RF-aukko)	200	23
9	Alumiinipintaisen eristelevyn korvaaminen lasivillalla puutalossa (RF-aukko)	316	25



8. Muut huomioon otettavat näkökohdat

8.1. Radiotaajuisten säteilyn terveysvaikutukset

Langattoman teknologian kehittyessä ja sen käytön yleistyessä radiotaajuisten säteilyn mahdolliset terveysvaikutukset väestölle nousevat esille useissa yhteyksissä. Langattoman viestinnän ja erityisesti sisätalokuuluvuuden edistämisestä keskusteltaessa on huomioitava joidenkin kansalaisten esittämä huoli säteilyn turvallisuudesta.

Säteilyturvakeskuksen mukaan radiotaajuisten säteilyn terveysvaikutuksista on tehty huomattava määrä tutkimuksia kansainvälisesti. Kudosten lämpeneminen on radiotaajuisten säteilyn ainoa tunnettu haittavaikutus. Tavanomaisilla säteilytasoilla lämpeneminen on kuitenkin niin pientä, ettei haitallisia vaikutuksia esiinny.

Suomessa on annettu radiotaajuisten säteilyn terveyshaittojen estämiseksi altistusrajat erikseen väestölle ja työntekijöille. Ionisoimattoman säteilyn altistusrajat väestölle on säädetty sosiaali- ja terveysministeriön asetuksella (294/2002), ja niiden noudattamista valvoo Säteilyturvakeskus.

Jotkut kansalaiset ovat olleet huolissaan erityisesti matkaviestinverkon tukiasemien aiheuttamasta säteilystä. Säteilyturvakeskuksen selvitysten mukaan matkaviestinverkkojen tukiasemat eivät standardien mukaisesti asennettuina kuitenkaan aiheuta sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen rajoja ylittävää altistusta. Antennien oikein asentamisella varmistetaan se, että väestön altistuminen säteilylle jää selvästi määriteltyjen enimmäisarvojen alapuolelle. Antennit sijoitetaan korkealle tai muuten hankalasti tavoitettaville paikoille, johon väestöllä ei ole pääsyä tai kosketusyhteyttä. Rakennusten ulkoseinällä tai katolla olevat antennit eivät aiheuta merkittävää altistumista asunnoissa, koska antenni säteilee eteenpäin, mutta hyvin vähän taakse ja alaspäin eli asuntoihin ja piha-alueelle päin. Sisätilojen antennien lähetystehot ovat alhaisia, suunnilleen samanlaisia kuin matkapuhelimien, ja ne asennetaan paikkoihin, joiden välittömässä läheisyydessä ei normaalisti oleskella. Antennien sijoittelua valvotaan, ja väärin asennetut antennit siirretään sellaiseen paikkaan tai korjataan sellaiseen asentoon, että niistä ei aiheudu haittaa väestölle.

Säteilyturvakeskuksen mukaan normaalitilanteessa tukiasemia huomattavasti altistavampaa radiotaajuista säteilyä aiheuttaa puhuttaessa yleensä korvalla pään vieressä pidettävä matkapuhelin. Matkapuhelimet ovat merkittävien radiotaajuisten kenttien lähde ihmisen elinympäristössä. Matkapuhelimesta johtuva altistuminenkaan ei kuitenkaan ylitä altistusrajajoja, eikä sen siten ole todettu aiheuttavan käyttäjälle terveyshaittoja. Pitkäkestoisen matkapuhelimen käytön mahdollisista terveysvaikutuksista ei kuitenkaan ole vielä täyttä varmuutta.

Lisäksi on huomattava, että radiosignaalin hyvä kuuluvuus, esimerkiksi tiheän tukiasemaverkon avulla, pienentää puhelinten aiheuttamaa altistumista: mitä parempi kuuluvuus on, sitä pienemmällä teholla matkapuhelin lähettää. Normaalitilanteessa matkapuhelin säätää automaattisesti lähetystehonsa mahdollisimman pieneksi muun muassa akun säästämiseksi ja muihin verkon käyttäjiin kohdistuvien häiriöiden minimoimiseksi. Kuitenkin jos kuuluvuus on heikkoa, matkapuhelin joutuu toimimaan täydellä teholla. Altistumisen voimakkuutta mitataan SAR-arvolla, ja normaali puhelinten korkein sallittu SAR-arvo on 2 W/kg. On arvioitu, että heikossa kentässä puhelu aiheuttaa altistumisen, joka on n. 10-60 % tästä sallitusta SAR-arvosta, kun taas hyvällä kuuluvuusalueella altistuminen on huomattavasti vähäisempää. Tästä näkökulmasta katsottuna ratkaisun löytyminen sisätalokuuluvuusongelmiin pienentäisi altistumista matkapuhelimen säteilylle, minkä pohjalta työryhmän tavoitteiden voidaan katsoa olevan puollettavia myös säteilyn terveysvaikutusten näkökulmasta.

9. Työryhmän suositukset jatkotoimenpiteiksi

Yleisellä tasolla työryhmä on havainnut, että kuuluvuusongelmien ratkaisemisessa ei voida turvautua vain yhteen tapaan, vaan eri ratkaisuvaihtoehdoista on löydettävä kuhunkin tilanteeseen kustannustehokkaimmat ja parhaiten sopivat. Eri ratkaisumallien ja toimenpiteiden vertailussa on huomioitava rakennuksen tyyppi, sillä monet ratkaisuvaihtoehdot on huomattavasti vaikeampi toteuttaa valmiissa rakennuksissa kuin uudisrakentamisessa, ja toiset vaihtoehdot sopivat paremmin kerrostaloihin ja toiset taas pientaloihin. Keskeisintä on edistää aktiivista yhteistyötä rakennusten suunnittelijoiden ja rakentajien, tietoliikenneasiantuntijoiden ja viranomaisten välillä, jotta tieto mahdollisista kuuluvuusongelmista leviää mahdollisimman hyvin ja radiosignaalin läpäisyvaatimukset osataan ottaa ennakoivasti huomioon erityisesti uudis- ja korjausrakentamisen suunnittelussa.

Konkreettisemmat suositukset, joita työryhmä esittää, voidaan jaotella lyhyen ja pidemmän aikavälin toimenpiteiksi:

9.1 Ehdotukset lyhyen aikavälin toimenpiteiksi

1. Rakennusalan toimijoiden yhteistyön ja tietoisuuden edistäminen radiosignaalikysymyksissä

Toimenpide: Tiivistetään rakentajien, suunnittelijoiden, rakennusten omistajien ja viranomaisten välistä tiivistä yhteistyötä, jotta alan toimijoilla olisi tarvittava tietämys ja käytössään riittävät keinot kuuluvuusongelmien välttämiseksi uudis- ja korjausrakentamisessa.

Vastuutaho: Rakennusteollisuus (rakentajien ja suunnittelijoiden tiedottaminen ja yhteistyön koordinointi) teleoperaattoreiden tukemana.

2. Tiedottaminen kuluttajille telepuolen ratkaisuvaihtoehdoista

Toimenpide: Tiedotetaan avoimesti ja ymmärrettävällä tavalla tarjolla olevista, kuluttajakäyttöön suunnatuista vaihtoehdoista (esimerkiksi antenniratkaisuista), joiden avulla kuluttaja tai yritys voi omatoimisesti parantaa tietoliikenneyhteyksiä asunnossaan tai toimipaikassaan.

Vastuutaho: teleoperaattorit, Viestintävirasto

3. Rakennusten ulkovaipan vaimennusten määrittäminen RF-arvon avulla

Toimenpide: Määritellään raportissa kuvatun RF-kuuluvuusarvon laskentamalli yleisimmille rakennusmateriaaleille ja suositellaan sen hyödyntämisestä uudis- ja korjausrakentamisessa, erityisesti pientalojen kohdalla.

Vastuutaho: Rakennusteollisuus (RF-arvon konkretisointi ja käytön edistäminen, rakentajien ja suunnittelijoiden ohjeistus) teleoperaattoreiden, Viestintäviraston ja ympäristöministeriön tukemana

4. Varautuminen matkaviestinkäyttöön soveltuvan sisäverkon kaapelointiin kerrostaloissa

Toimenpide: Ohjeistetaan rakentajia ja suunnittelijoita varautumaan rakennusten sisäverkon kaapelointiin ja päivitetään sopivassa tilanteessa kiinteistön sisäverkkoja koskeva määräys tässä raportissa kuvatulla tavalla.

Vastuutaho: Rakennusteollisuus (rakentajien ja suunnittelijoiden ohjeistaminen), Viestintävirasto (määräysten päivittäminen)

5. Laillisten kotitukiasemien saatavuuden ja käyttöönoton edistäminen

Toimenpide: Viranomaiset tutkivat kotitukiasemien käyttöönottoon liittyvät mahdolliset säädös- ja määräysmuutokset. Operaattorit markkinoivat aktiivisesti omia kotitukiasemiaan.

Vastuutaho: Viestintävirasto, teleoperaattorit

9.2 Ehdotukset pidemmän aikavälin toimenpiteiksi

1. Laillisten pienten aktiivitoistimien saatavuuden ja käyttöönoton edistäminen

Toimenpide: Viranomaiset tiedottavat käyttäjiä laillisista ratkaisuvaihtoehdoista ja toisaalta myös piraattilaitteiden aiheuttamista ongelmista. Viranomaiset arvioivat yhdessä muun muassa teleoperaattoreiden kanssa sitä, millä edellytyksillä pienille aktiivitoistimille voidaan myöntää lupia tai vapauttaa luvista ja mitä toimenpiteitä saatavuuden ja käyttöönoton edistäminen vaatii.

Vastuutaho: Teleoperaattorit, Viestintävirasto

2. Kuuluvuusongelmien näkökulmasta tehtävän tutkimus- ja kehitystyön edistäminen

Toimenpide: Lisätään muun muassa uusien rakentamismateriaalien ja tietoliikenneverkon komponenttien tutkimus- ja kehitystyötä. Kannustetaan toimijoita uusien innovaatioiden testauskäyttöön ja hyödynnetään rohkeasti uudet ratkaisumallit kuuluvuusongelmien ehkäisyssä ja korjaamisessa.

Vastuutaho: Tele- ja rakennusalan yritykset, järjestöt ja viranomaiset (tutkimustyön edistäminen ja hyödyntäminen), tutkimus- ja kehityslaitokset ja tutkimustyön rahoittajat

3. Avoin ja ennakoiva lainsäädännön valmistelu

Toimenpide: Ministeriöt ottavat viestintä- ja rakennusalan säännöksiä valmistellessaan huomioon rakennus- ja tietoliikennenäkökulmat kuulemalla muita hallinnonaloja sekä rakennusalan ja tietoliikennesektorin yrityksiä ja järjestöjä.

Vastuutaho: Liikenne- ja viestintäministeriö ja ympäristöministeriö (lainsäädännön ja ohjeistuksen valmistelu ja sidosryhmäkuulemisten koordinointi)

4. Kansainvälinen vaikuttaminen

Toimenpide: Edistetään kuuluvuusongelmien ennalta ehkäisemistä ja korjaustoimenpiteiden kehittymistä olennaisilla kansainvälisillä foorumeilla ja erityisesti Euroopan unionin tasolla. Keskustelun käynnistämiseksi toimitetaan tässä raportissa esitetty analyysi ja toimenpidesuositukset avoimesti muiden EU-maiden saataville.

Vastuutaho: Liikenne- ja viestintäministeriö, Viestintävirasto ja ympäristöministeriö sekä Rakennusteollisuus, teleoperaattorit ja muut sidosryhmät (tietoisuuden ja ratkaisuhakuisuuden edistäminen eurooppalaisissa hallintoelimissä ja muissa yhteyksissä).

9.3 Toimenpiteiden toteutumisen seuranta

Työryhmäraportissa ehdotettujen toimenpiteiden edistymistä tarkastellaan ja raportoidaan liikenne- ja viestintäministeriön koordinoimassa viranomaisten ja sidosryhmien yhteisessä kokouksessa vuosi työryhmän toimikauden päättymisen jälkeen.

Lähteet

Asp, A. 2013. RF-luvun käytön mahdollisuudet rakennusten signaalinvaimennusten hallintaa ohjaavana elementtinä

Asp, A. 2013. Teknisten ratkaisumallien arviointia rakennusten kuuluvuusongelmille. Powerpoint-diat.

Jormalainen, J. 2013. Matkapuhelinverkon kuuluvuus rakennuksissa. Powerpoint-diat, www.betoni.com

Motiva. 2013. Matalaenergiatalon määritelmiä, http://www.motiva.fi/rakentaminen/millainen_on_energiatehokas_pientalo/matalaenergiatalon_maaritelmiä

Niemelä, J. & Asp, A. 2012. Passiivitalojen teknis-taloudellinen vaikutus radioverkon peittoon ja kustannuksiin. Powerpoint-diat.

Niemelä, J., Asp, A. Asp & Sydorov, Y. 2012. Radiosignaalin vaimennusmittauksia nykyaikaisissa asuintaloissa. Tampereen teknillinen yliopisto. Tietoliikennetekniikan laitos. Tutkimusraportti 2012: 1

Sutela, T. 2013. Esitys työryhmälle 11.1.2013. Powerpoint-diat.