



# Yhteisantenniverkon laskenta- työkalu

Narcis Huskic

OPINNÄYTETYÖ  
Huhtikuu 2021

Talotekniikan tutkinto-ohjelma  
Sähköinen talotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan tutkinto-ohjelma  
Sähköinen talotekniikka

HUSKIC, NARCIS  
Yhteisantenniverkon laskentatyökalu

Opinnäytetyö 48 sivua, joista liitteitä 2 sivua  
Huhtikuu 2021

---

Opinnäytetyö tehtiin konsulttitoimiston Sitowise Oy:n toimeksiannosta. Aiheena oli tutustua yhteisantenniverkon rakenteeseen, komponentteihin, toimintaan, määräyksiin ja standardeihin. Opinnäytetyössä selvitettiin, mitä suunnittelijalta vaaditaan yhteisantenniverkkoa suunniteltaessa. Lopuksi työssä pohdittiin antenniverkon potentiaalista tulevaisuutta ja Viestintäviraston määräyksen 65 D/2019 M mahdollisesta sisällöstä.

Tavoitteena oli kerättyjen tietojen pohjalta luoda Excel-laskentatyökalu yhteisantenniverkon vaimennuksien laskemiseen. Työkalun oli tarkoitus olla helppokäyttöinen, mutta myös sisältää kaikki tarpeelliset arvot, sillä antenniverkon rakenne on aina kohdekohtainen. Työkalun ensisijainen tavoite on nopeuttaa ja helpottaa suunnittelijan työtä antenniverkon vaimennuksien laskemisessa.

Lopputuloksena on kattava selvitys yhteisantenniverkon komponenteista, niiden toiminnasta ja vaatimuksista. Työn tavoitteeksi asetettu Excel-laskentatyökalu toteutettiin ja laskentatyökalu liitettiin osaksi Sitowise-konsernin malliasiakirjoihin. Työkalun suunnittelun tukena olivat kerätyn materiaalin lisäksi myös yrityksen kokenut sähkösuunnittelija ja Tampereen ammattikorkeakoulun opettaja. Suunnittelijat säästävät työkalun avulla arvokasta työaikaa, sillä heidän ei tarvitse etsiä komponenttien vaimennusarvoja valmistajien sivuilta eikä laskea käsin antennirasioiden signaalitasoa.

Selvitystyön myötä saatiin tietoa Viestintäviraston määräyksen 65 D/2019 M mahdollisen päivityksen sisällöstä. Tulevan määräyksen päivityksen perusteella ja Viestintäviraston antamien lausuntojen mukaan nykyisellä antenniverkolla on vielä vahva asema tulevaisuudessa. Tekniikan kehittyessä ja uusien jakelustandardien lisääntyessä antenniverkon infrastruktuuri voi mahdollisesti muuttua.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Building Services Engineering  
Electrical Building Services

HUSKIC, NARCIS  
Excel Calculation Tool for Attenuation in Antenna Networks

Bachelor's thesis 48 pages, appendices 2 pages  
April 2021

---

This thesis was commissioned by the consulting firm Sitowise Ltd. The purpose of this thesis was to gather information of the structure, components, operation, regulations, and standards of the common antenna network. The goal was to create an Excel calculation tool to calculate the attenuations of the common antenna network and analyze the potential future of the antenna network and the possible content of the FICORA Regulation 65 D/2019 M.

The designing of the Excel calculation tool was based on (gathered) information from literature, regulations, standards, and interviews. The tool was meant to be easy to use, but also contain all the necessary data, as the structure of the antenna network is always site-specific. The primary objective of the tool was to speed up and simplify the electrical designer's work on calculating antenna network attenuations.

The result is a comprehensive study of the components, their operation, and the requirements of the common antenna network. The Excel calculation tool set as the goal of the thesis was achieved, and the calculation tool was incorporated in the model documents of the consulting firm. Electrical designers save valuable work time with the tool, as they do not have to look for component attenuation values on the manufacturers' pages or manually calculate the signal levels of the antenna boxes.

The study provided information on the possible content on the update of the FICORA Regulation 65 D/2019 M. Based on the possible content of the forthcoming regulation and according to the statements issued by FICORA, the current antenna network will have a strong position in the future. As technology advances and new distribution standards increase, the infrastructure of the antenna network may change in the future.

---

Key words: common antenna network, regulation 65, FICORA, antenna network design

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	YHTEISANTENNIVERKKOJA KOSKEVAT MÄÄRÄYKSET JA STANDARDIT .....	7
	2.1 Määräykset .....	7
	2.2 Standardit.....	8
	2.3 Ohjeistukset .....	8
3	YHTEISANTENNIVERKON RAKENNE.....	9
	3.1 Yhteisantenniverkkojen rakenne .....	9
	3.2 Jakoverkon mitoitus .....	10
4	YHTEISANTENNIVERKON KOMPONENTIT .....	12
	4.1 Antennit.....	12
	4.1.1 UHF-antenni .....	15
	4.1.2 VHF-antenni .....	16
	4.1.3 ULA-antenni .....	16
	4.1.4 Lautasantenni.....	17
	4.1.5 Antennimasto .....	19
	4.2 Aktiiviset komponentit .....	20
	4.2.1 Päävahvistin .....	20
	4.2.2 Kuituvastaanotin .....	21
	4.2.3 Laajakaistavahvistin .....	22
	4.3 Passiiviset komponentit.....	23
	4.3.1 Jaotin (Splitter) .....	24
	4.3.2 Haaroitin (Tap).....	25
	4.3.3 Antennirasia .....	26
	4.3.4 Kaapelit .....	27
	4.3.5 Liittimet.....	30
	4.4 Signaalit .....	31
	4.4.1 DVB-T ja -T2.....	31
	4.4.2 DVB-S ja -S2 .....	32
	4.4.3 DVB-C ja -C2.....	32
	4.4.4 Kaapelimodeemin signaalit.....	33
	4.4.5 Analoginen radiokanava .....	34
	4.5 Suojaus ja turvallisuus .....	34
	4.6 Suorituskyky ja vaimennukset.....	35
5	YHTEISANTENNIVERKON SUUNNITTELU .....	38
	5.1 Excel-laskentatyökalu .....	39

5.2 Työkalun luominen .....	39
5.3 Työkalun käyttö .....	39
5.4 Toiminta käytännössä .....	40
6 VIESTINTÄVIRASTON MÄÄRÄYS 65.....	41
6.1 Määräyksen muutokset .....	41
6.2 Verkon tulevaisuus ja tuleva määräys.....	42
7 POHDINTA .....	44
LÄHTEET .....	45
LIITTEET .....	47
Liite 1. Excel-laskentatyökalun lyhimmän haaran laskelma .....	47
Liite 2. Excel-laskentatyökalun pisimmän haaran laskelma .....	48

## 1 JOHDANTO

Antenniverkkoja käytetään tv-palveluiden jakeluun asuin-, toimitila-, ja julkisissa kiinteistöissä. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom, on laatinut verkolle määräyksen 65. Määräys 65 määrää sisäverkkojen rakenteesta, laadusta, turvallisuudesta, tarkastuksesta ja dokumentoinnista, millä saavutetaan pitkäikäinen ja suorituskyvyltään laadukas antenniverkko. Määräys perustuu standardeihin, jotka määräävät komponenttien laadun ja antavat verkolle suorituskykyvaatimukset.

Opinnäytetyössä perehdytään yhteisantenniverkkoa koskeviin määräyksiin, standardeihin ja ohjeisiin. Tutustaan verkon rakenteeseen, taajuusalueisiin, komponentteihin ja niiden vaikutukseen verkon suorituskykyyn, signaalimuotoihin ja sen välitystapoihin. Käydään läpi mitä Viestintäviraston määräys 65 D/2019 M vaatii nykypäivän suunnittelijalta, määräyksen historiaa, antenniverkon tulevaisuutta ja tulevan määräyksen mahdollista sisältöä.

Opinnäytetyö tehdään konsulttitoimiston Sitowise Group Oyj:n toimeksiannosta. Sitowise on pohjoismainen rakennetun ympäristön asiantuntija- ja digitalo. Työn tarkoituksena on luoda Excel-laskentatyökalu, joka helpottaisi yhteisantenniverkon suunnittelussa ja verkon vaimennuslaskelmissa. Laskentatyökalu laaditaan vastaamaan Sitowise-konsernin dokumentaation ulkoasua ja työkalu liitetään yrityksen malliasiakirjoihin.

## 2 YHTEISANTENNIVERKKOJA KOSKEVAT MÄÄRÄYKSET JA STANDAR-DIT

### 2.1 Määräykset

”Antennijärjestelmällä tarkoitetaan antenniverkosta, mahdollisista vahvistimista ja antenneista muodostunutta kokonaisuutta, jota käytetään viestinnän välittämiseen joukkoviestintäverkon ja huoneistossa sijaitsevien päätelaitteiden välillä.” (MPS 65 D/2019 M, 21.)

”Yhteisantenniverkolla tarkoitetaan vähintään kaksi asuinhuoneistoa käsittävän asuinkiinteistön, toimitilakiinteistön tai julkisen kiinteistön sisäverkkoa, joka on toteutettu rakennuksen sisällä koaksiaalikaapeloinnilla ja rakennusten välillä joko koaksiaalikaapeloinnilla tai optisella kaapeloinnilla, ja jota käytetään viestinnän välittämiseen kiinteistössä joukkoviestintäverkosta käyttäjien päätelaitteisiin.” (65 D/2019 M, 6.)

Viestintävirasto on määrännyt viestintämarkkinalain perusteella määräyksen 65 D/2019 M, kiinteistön yhteisantenniverkosta ja järjestelmästä. Määräys käsittelee kiinteistön sisäisten yhteisantennijärjestelmien ja -verkkojen tarvitsemia tilojen suunnittelua, rakentamisen ja ylläpidon teknisiä vaatimuksia sekä asiakirja vaatimuksia. Määräyksen tarkoitus on turvata verkon laatu, toiminta ja pitkäikäisyys. Määräyksen vaatimuksia noudatetaan, jos kiinteistöön toteutetaan tai uudistetaan yhteisantenniverkkoa, määräys ei kuitenkaan velvoita toteuttamaan kyseistä verkkoa. Sen sijaan laki sähköisen viestinnän palveluista (917/2014) velvoittaa rakennuttajaa varustamaan uuden kiinteistön tai rakennuksen edellä mainittua sisäverkkoa tukevalla fyysisellä infrastruktuurilla. (MPS 65 D/2019 M, 14; 65 D/2019 M, 4; Sant.fi.)

Viestintäviraston määräykselle 65 D/2019 M on julkaistu perustelumuuisto MPS 65 D/2019 M, joka käsittelee määräyksen 65 D /2019 M perustelut ja soveltamisohjeet. MPS 65 D:ssa on listattu yhteisantenniverkkoja koskevat standardit ja oh-

jeet, joihin viitataan määräyksessä. MPS 65 D:n pyrkii ohjaamaan ja selventämään määräyksen 65 D/2019 M asettamia tavoitteita. (MPS 65 D/2019 M, 12–14).

## **2.2 Standardit**

Suomessa standardeja julkaisee, kääntää ja myy Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Liitto on julkaissut standardeja, jotka koskevat yhteisantenniverkkoja. Viestintäviraston määräyksessä 65 D ja sen perusteluissa vedotaan useisiin standardeihin, jotka koskevat mm. rakenneosia, komponentteja, suorituskykyä jne. (MPS 65 D/2019 M, 128.)

## **2.3 Ohjeistukset**

Viestintäviraston MPS 65 D/2019 M suositellaan ST-korttien käyttöä. ST-kortti eli sähkötietokortti on julkaisu, jonka aihealue, tarkoitus ja laajuus on rajattu. ST-korttien lisäksi on olemassa ST-käsikirjoja, jotka ovat laajempia ja syvällisempiä kuin kortit. ST-kortit ja -käsikirjat ovat Sähkötieto ry:n julkaisuja. Sähkötieto ry on julkaissut ST-kortteja sekä ST-käsikirjan 12, joissa käsitellään mm. yhteisantenniverkon suorituskykyä, ratkaisuja, verkon ja signaalien vaatimuksia niitä velvoittavien standardien mukaisesti. (Sähköinfo ST-kortisto ja tietokansiot 2020.)

ST-korteissa on selkeästi esitettynä määräyksen vaatimukset ja standardien tiedot. ST-korttien aineisto on helposti ymmärrettävissä ja toteutettavissa käytännössä. Tästä syystä julkaisussa MPS 65 D/2019 M suositellaan moneen otteeseen tutustumaan vastaaviin ST-kortteihin.

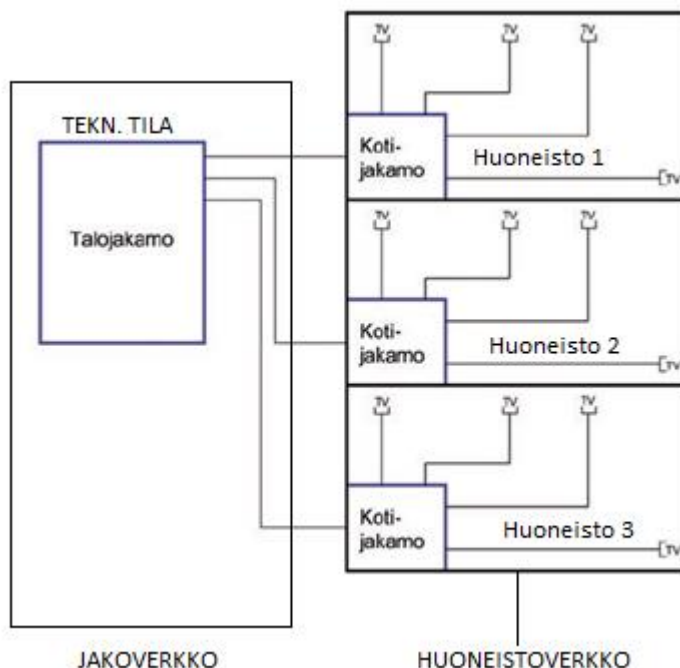


### 3 YHTEISANTENNIVERKON RAKENNE

#### 3.1 Yhteisantenniverkkojen rakenne

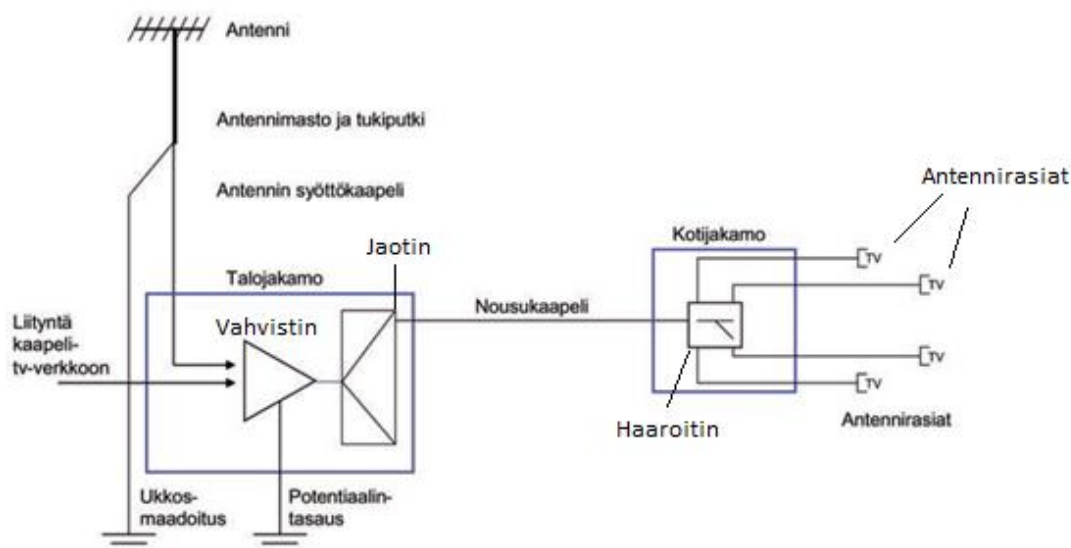
Antenniverkon topologia eli fyysinen rakenne riippuu kiinteistön rakenteesta ja palveluista, joita on tarkoitus välittää verkon kautta. Määräys 65 D (2019 M, 7) velvoittaa asuinkiinteistöjen antenniverkon koaksiaalikaapeloinnin rakenteen on muodostettava tähtiverkko. Tämä tarkoittaa, että kaapeloinnit jakamoiden, laitteiden ja komponenttien välillä suunnitellaan ja toteutetaan siten, että ne muodostavat tähtimäisen rakenteen (MPS 65 D/2019 M, 28).

ST-käsikirja 12 (2017, 25) on selkeyttänyt rakenteen kuvion avulla (kuvio 1). Asuinkiinteistössä yhteisantenniverkko jakautuu kahteen osaan, jakoverkkoon ja huoneistoverkkoon. Antenniverkkoa syötetään talojakamosta, jossa päävahvistin/kuituvastaanotin toimii jakoverkon tähtipisteenä eli vahvistimesta/vastaanottimesta asennetaan koaksiaalikaapeli, joka kulkee eri passiivisten komponenttien läpi huoneiston kotijakamoon. Huoneistoverkon rakenne on myös tähtimäinen, jolloin kotijakamolta asennetaan erillinen kaapeli jokaiseen antennirasiaan. Tähän rakenteeseen poikkeuksena on antenniverkko, joka ulottuu eri rakennuksiin (ST-621.10 2019, 8).



KUVIO 1. Antenniverkon rakenne kiinteistössä (ST-käsikirja 12 2017, 25 muokattu)

Kuviosta 2 (ST-käsikirja 12 2017, 15) nähdään kattavampi ja tarkempi antennijärjestelmän rakenne. Uutta yhteisantennijärjestelmää suunniteltaessa on kaksi vaihtoehtoa, käytetään maanpäällisiä antennejä (Master Antenna TV eli MATV) tai liitytään kaapeli-tv-verkkoon (Cable Antenna TV eli CATV), josta saadaan signaalit. Kaapeli-tv-verkkoon liityntä onnistuu koaksiaalikaapelilla tai nykyään lisääntyvällä ja yleistyvällä valokuitukaapelilla. Kuvion 2 verkossa, nähdään MATV- ja CATV-verkon vaihtoehto. Yhteisantenniverkko koostuu tyypillisesti antennista tai vaihtoehtoisesti kaapeli-tv-liitynnästä ja niiden rakenneosista kuten vahvistimista, jaottimista, kotijakamoista, haaroittimista ja antennirasioista. Talojakamolta asennetaan koaksiaalikaapeli huoneiston kotijakamolle, jonka haaroittimen kautta liitytään huoneiston antennirasioihin.



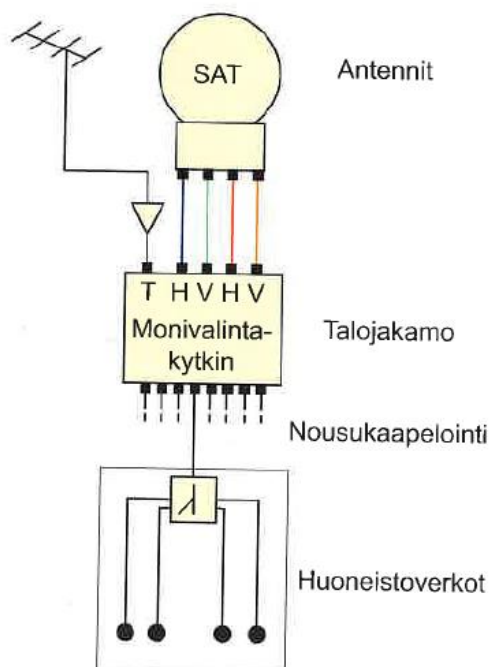
KUVIO 2. Tähtimäisen antenniverkon periaate (ST-käsikirja 12 2017, 15 muokattu)

### 3.2 Jakoverkon mitoitus

CATV- tai MATV-verkko mitoitetaan taajuusalueelle 5–1218 MHz. Verkko voidaan myös mitoittaa alueelle 5–2150 MHz, jolloin saadaan välitettyä satelliittilähetykset huoneistoihin. Satelliittivälitaajuusverkosta käytetään nimitystä SMATV (Satellite Master Antenna TV). Verkon rakenneosien tulee tukea komponenttitasolla ja kokonaisuutena verkon taajuusaluetta (Naskali & Suikkanen 2004, 144).

Tähtiverkko mahdollistaa maanpäällisen jakeluverkon palvelujen sekä kaapelitelevisioverkossa jaettavien palvelujen jakelun antennirasioihin taajuusalueella 47–1218 MHz. Myötäsuunnan taajuusalue on 47–1218 MHz ja paluusuunnan 5–65 MHz. Verkko siis välittää kaikki omista antenneista ja kaapeliverkosta saatavat ohjelmat ja palvelut. Antenniverkossa myötäsuuntaa käytetään tv-ohjelmien jakeluun. CATV-verkossa paluusuuntaa eli antennirasiaista vahvistimeen päin käytetään kaapelimodeemin palveluihin. (ST-käsikirja 12 2017, 193.)

SMATV on rakenteeltaan samanlainen kuin tähtiverkko, mutta rakenneosien taajuusalue on 5–2150 MHz. Verkko mahdollistaa samat palvelut kuin edellinen, mutta myös lisäksi satelliittien välittämien kanavien suorajakelun taajuusalueella 950–2150 MHz. Kuvioista 3 nähdään yksi satelliittipalveluiden suorajakelun välitystavoista taajuusalueella 950–2150 MHz. Tässä vaihtoehdossa tarvittavat monivalintakytkimet on sijoitettu talojakamoon. Kytkimien avulla jaetaan satelliittisekä antenniverkonlähetykset huoneistoihin. Järjestelmään on myös liitetty antenni, joka vastaanottaa maanpäällisen jakeluverkon palvelut. (Naskali & Suikkanen 2004, 134; ST-käsikirja 12 2017, 193.)



KUVIO 3. Satelliittiantennijärjestelmä, SMATV (Naskali & Suikkanen 2004, 18)

## 4 YHTEISANTENNIVERKON KOMPONENTIT

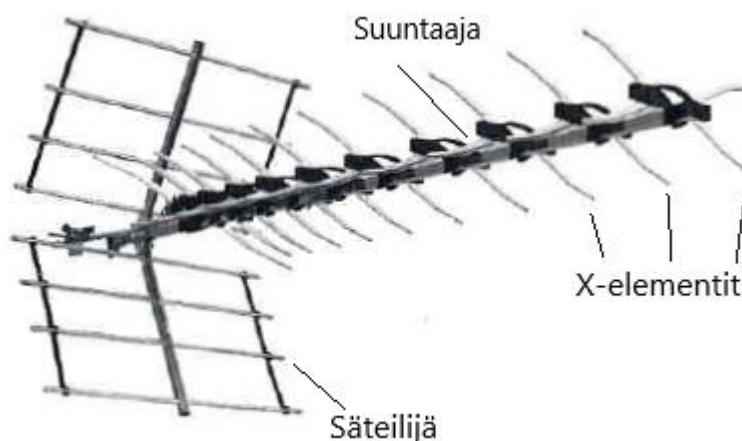
Viestintäviraston määräyksen 65 D (2019 M 16), mukaan yhteisantennijärjestelmän rakenneosat on suunniteltava ja valittava niin, että koko yhteisantenni- tai kaapeli-tv-verkko täyttää standardin SFS-EN 60728 järjestelmäarvo- ja vaimennusvaatimukset. Standardi on määritellyt rakenneosille laatuluokitukset 1–3. Laatuluokka 1 ollessa paras ja laatuluokka 3 huonoin. Tällöin järjestelmää suunniteltaessa on otettava huomioon mitä laatuluokkaa käytetään. (ST-käsikirja 12 2017, 31.)

### 4.1 Antennit

Antennin tehtävänä on vastaanottaa signaalia ilmassa vapaasti etenevistä sähkömagneettisista radioaalloista. Radioaalloilla tarkoitetaan sähkö- ja magneettikenttää, joka etenee vaaka- tai pystysuunnassa eli pysty- tai vaakapolarisoitu signaali. Maanpäällisten televisiolähetysten toiminnassa on päädytty käyttämään vaakapolarisaatio lähetystyyppejä, sillä niissä esiintyy vähemmän häiriöitä. Antenneilla vastaanotettu signaali siirretään koaksiaalikaapelin avulla antennivahvistimelle. Sähköisten ominaisuuksien lisäksi antennilta vaaditaan toimivuutta ja mekaanista lujuutta rasittavissa sääolosuhteissa. (Naskali & Suikkanen 2004, 52; Ikonen A. 2009, 37; ST-käsikirja 12 2017, 31.)

Määräyksen mukaan on käytettävä erillisiä antenneja eri taajuusalueiden (ULA, VHF III ja UHF) signaalien vastaanottamiseen. Maanpäällisten lähetysten vastaanottoon käytetään UHF-antenneja. Analogisia radiopalveluja vastaanotetaan ULA-antennilla (VHF-II). Antenniverkon palveluja voidaan haluttaessa laajentaa mm. satelliitti- tai netti-tv-palveluilla. (Pientalon antenniopas 2020, 10.)

Antennityyppi riippuu vastaanotto-olosuhteista kuten kiinteistön maantieteellinen sijainti tai maastoesteet lähetysaseman suunnassa. Yleisin antennityyppi on Yagi-antenni. Fyysiseltä rakenteeltaan se muodostuu syöttöelementistä eli säteilijästä, suuntaajaelementistä ja heijastinelementeistä. (ST-käsikirja 12 2017, 32.) Kuvassa 1 nähdään Yagi-antennin ja sen osat.



KUVA 1. UHF-antenni ja sen osat (Naskali & Suikkanen 2004, 56 muokattu)

Antennin vahvistus kuvaa sen kykyä kaapata signaali lähetysaseman suunnasta etenevästä radioaallostasta. Vahvistus ilmoitetaan desibeleissä puoliaaltodipoliin verrattuna eli antenniin, jonka pituus on  $n$ . puolet alueen keskitaajudesta. Yksikkönä käytetään dB, dB<sub>i</sub> tai dB<sub>d</sub>. Alaindeksi viittaa vertailuantenniin eli tässä tapauksessa isotrooppiin tai dipoliin. Vahvistus voidaan ilmoittaa pallopinnalle säteilevään antenniin eli isotrooppiseen verrattuna, jolloin yksikkönä on dB<sub>i</sub>. Antennin koko on suoraan verrannollinen sen vahvistukseen eli mitä kookkaampi antenni sen parempi vahvistus. (Naskali & Suikkanen 2004, 52.) Taulukossa 1 nähdään määräyksen 65 D (2019 M, 9) vaaditut minimiarvot vahvistukselle yhteisantennikäytössä. ULA-taajuusalueesta ei määräyksessä oteta kantaa, mutta standardissa SFS-EN 60728 vahvistus on 3 dB<sub>d</sub>.

TAULUKKO 1. Yhteisantennikäytössä antennin vahvistuksen minimiarvo taajuusalueen yläpäässä (65 D/2019 M, 8)

Taajuusalue	Vahvistus (dB <sub>i</sub> )
UHF	14
VHF III	11

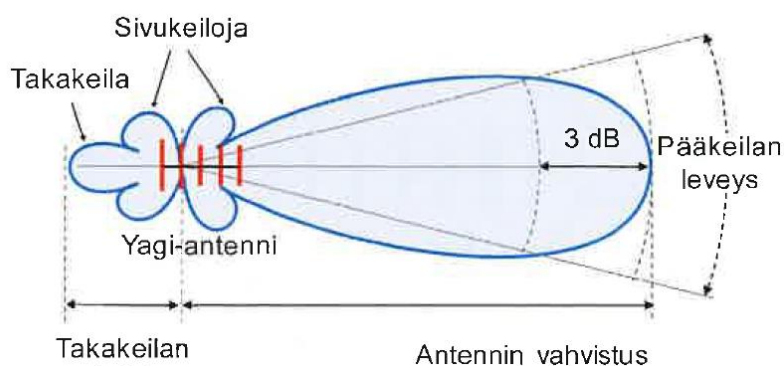
Vahvistuksen lisäksi antennilla on muita ominaisuuksia mitkä on otettava huomioon, kuten etu-takasuhde, keilanleveys ja sivukeilavaimennus. Antenneista on useimmiten olemassa suuntakuvio, joka on visuaalinen esitys, jolla havainnoidaan edellä mainitut asiat. (Naskali & Suikkanen 2004, 52–53.)

Etu-takasuhde ilmaisee antennin kykyä vaimentaa takaosaan tulevia häiriöitä. Suhde kuvaa antennin pääkeilan suunnasta 90–270° olevan suurimman pääkeilan ja takakeilan erotuksen dB:inä. (ST-käsikirja 12 2017, 33.)

Keilanleveys on pääkeilan leveys asteina niiden pisteiden kesken, joissa vahvistus on laskenut 3 dB ilmoitettuun pääkeilan maksimiarvoon. Keilan kerrotaan vaaka- ja pystytasolle erikseen. Mahdollisimman kapealla keilanleveydellä voidaan parantaa toiston laatua häiriöiden osalta. Keilan kapeus on kääntäen verrannollinen antennin puomin pituuteen. Pidemmällä puomilla saavutetaan kapeampi keilanleveys. (ST-käsikirja 12 2017, 33.)

Sivukeilavaimennus tarkoittaa suurimman antennin sivukeilan ja pääkeilan vahvistuksen erotusta desibeleinä. Sivukeilavaimennus kertoo antennin suuntaavuudesta, eli kuinka hyvin antenni vaimentaa sivultapäin tulevia häiriöitä ja heijastumia. (Naskali & Suikkanen 2004, 53.)

Kuviossa 4 nähdään esimerkki antennin graafisesta esityksestä eli suuntakuviosta. Kuvasta nähdään antennin suuntaavuus eli sivukeilavaimennus, etu-takasuhde ja keilanleveys. Suuntakuvion muoto muuttuu taajuuden muuttuessa, vaikka vahvistus pysyisi samana (ST-käsikirja 12 2017, 34). Kuviossa 4 nähdään pääkeila eli vastaanottokeila on antennin puomin suuntainen alue. Alueen ulkopuolelle jäävät keilat ovat sivukeiloja ja antennin nollapisteestä katsottuna takana oleva keilat ovat takakeiloja.



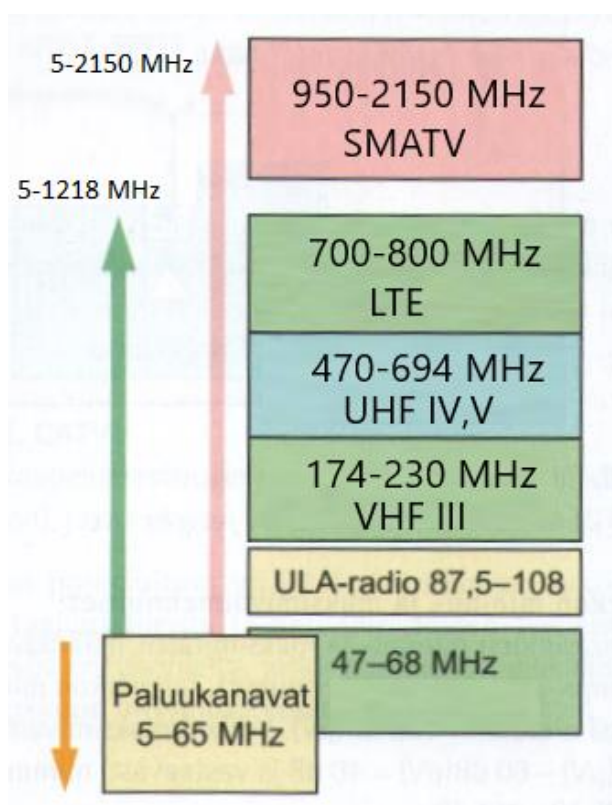
KUVIO 4. Esimerkki antennin suuntakuviosta (Ikonen A. 2009, 40)

Antenneista ilmoitetaan myös tuulikuorma, joka on vaakasuora voima  $N$ :na (voiman suure Newton). Nimensä mukaisesti se kertoo tietyn tuulivoiman vaikutuksen antennin kiinnityspisteeseen. Antennin koko on suoraan verrannollinen sen kuorman keston. (ST-käsikirja 12 2017, 35.)

#### 4.1.1 UHF-antenni

Kuten antennin nimestä on pääteltävissä antenni vastaanottaa UHF (Ultra High Frequency) -taajuusalueen lähetykset. Määräyksen 65 D (2019 M, 8) mukaan antennin pitää kattaa taajuusalueet UHF IV ja V, 470–694 MHz.

Televisiokäytössä olleita taajuusalueita 800 MHz:n ja 700 MHz:n siirrettiin matkaviestinkäyttöön. Tämän muutoksen vuoksi määräys edellyttää ylärajataajuuden olevan 694 MHz. Antenneissa on oltava sisäänrakennettu LTE 700-suodatin tai lisätty mastovahvistimen eteen alipäästösuodatin, sillä matkaviestintaajuudet saattavat aiheuttaa häiriöitä UHF lähetyksien vastaanottoon. (MPS 65 D/2019 M, 43–44.) Kuviossa 5 on pyritty selkeyttämään SMATV, LTE, UHF, VHF ja ULA taajuusalueet graafisesti.



KUVIO 5. Antenniverkon taajuusalueet (Naskali & Suikkanen 2004, 144, muokattu)

### 4.1.2 VHF-antenni

Antenni vastaanottaa VHF III (Very High Frequency) -taajuusalueen lähetykset. Määräyksen 65 D (2019 M, 8) mukaan antennin pitää kattaa taajuusalue 174–230 MHz. MPS 65 D (2019 M, 40) suosittelee VHF-antennin perään asennettavaksi ULA FM -taajuuskaistaa vaimentava suodatin, kun ollaan lähellä ULA FM -lähettäjiä. Kuvassa 2 nähdään VHF-antenni.



KUVA 2. 7-elementtinen VHF-antenni (Ikonen A. 2009, 41)

Teleoperaattorin DNA Oyj operoima antenniverkko VHF-taajuusalueella suljettiin 1.4.2020. Teleoperaattorin mukaan verkon toiminta ei ollut liiketaloudellisesti kannattavaa. VHF-alueella ei ole ollut sen jälkeen tv-lähetyksiä ja uusien VHF-antennien asentaminen ei siksi ole aiheellista. Vanhojen antennijärjestelmien antenneja ei kuitenkaan kannata mastosta poistaa, sillä on mahdollista, että aluetta käytetään tulevaisuudessa jälleen tv-lähetyksiin. (Pientalon antenniopas 2020, 11; Sant.fi.)

### 4.1.3 ULA-antenni

ULA-antennilla vastaanotetaan analogisia radiopalveluja. Radiolähetykset jaetaan yhteisantenniverkossa ULA- alueella 87.5–108 MHz. Yhteisantennitekniikassa voidaan käyttää 2–3-elementtisiä ULA-antenneja. 3-elementtiset ovat yleisimpiä, sillä niillä vähennetään haitallisia heijastuksia paremmin. (ST-käsikirja 12 2017, 108; ST 621.11 2020, 1.)

Valtakunnalliset radiolähetykset ovat vaakapolarisoituja, mikäli halutaan vastaanottaa paikallisradion lähetyksiä, on asennettava pystypolarisoitu antenni. VHF-



antennin poistuttua mastolle mahtuu kaksi ULA- antennia. Ennen VHF-antennin poistumista, ULA-antenneille on jouduttu asentaa oma masto, sillä antennit usein häiritsivät toisiaan. (ST-käsikirja 12 2017, 108.)

Pientalon antennioppaan (2020, 13) mukaan on olemassa Z-ULA-antenni, nähdään kuvassa 3, joka voi vastaanottaa sekä valtakunnalliset, sekä paikalliset radiolähetykset. Antennin rakenteellinen z-muoto vastaanottaa parhaiten pysty- ja vaakapolarisaatiot, mutta maaston ollessa haastava antennin vahvistus on usein riittämätön. Z-ULA antennia käytetään usein pientalon antennijärjestelmissä, eikä suositella yhteisantennijärjestelmään. (Suikkanen P. 2020.)



KUVA 3. Pientalo antennijärjestelmän Z-ULA-antenni (Laatuantenni.fi)

#### 4.1.4 Lautasantenni

Satelliittilähetyksien vastaanottoon käytetään lautas- eli heijastinantennia, joka kokoaa signaalin. Rakenteellisesti antenni muodostuu paraboloidin muotoisesta heijastinlautasesta, joka kohdistaa vastaanotetun signaalin polttopisteeseen. Polttopisteessä sijaitseva syöttö poimii signaalin ja ohjaa sen taajuusmuuntimeen. Kuvassa 4 nähdään sivusta syötetty antenni eli offset-tyyppinen antenni, joka on yleisimmin käytetty Suomessa satelliittilähetyksen kotivastaanottoon. Lautasen halkaisija on tyypillisesti 0,5–1,2 m, joka sen pintatarkkuuden kanssa

on suoraan verrannollinen vahvistukseen. (Naskali & Suikkanen 2004, 65; ST-käsikirja 12 2017, 36–37.)



KUVA 4. Offset-antenni (ST-käsikirja 12 2017, 36)

Lautasantenni pystyy vastaanottamaan eri polarisaatioissa olevat signaalit. Signaalien erottaminen toteutuu syöttöön kytkettävällä polarisaatioerottimella tai liitettävällä taajuusmuuntimella. Syöttö ja taajuusmuunnin on pienissä lautasantenneissa valmiiksi liitetty. Esteetön lähetysten vastaanotto edellyttää ristipolarisaatiovaimennuksen olevan tarpeeksi suuri. Vaimennus kertoo, kuinka paljon käänteisen polarisaation lähetys on vaimentunut. Vaimennus riippuu syötön piirteistä ja se ilmoitetaan dB:inä. (Naskali & Suikkanen 2004, 62–64.)

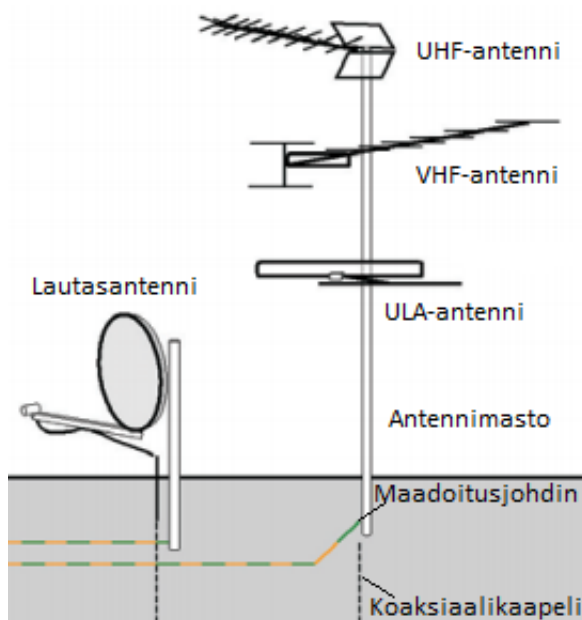
Satelliittilähetysten ensisijainen taajuusalue on 10–13 GHz, joiden vastaanotto tapahtuu yhdellä syötöllä. Haluttaessa vastaanottaa myös alueella 3–5 GHz tapahtuvia lähetystyyppejä on syöttö vaihdettava alueelle sopivaksi, sillä syöttö on ainoa asia mikä vaikuttaa taajuusalueen vastaanottoon. Lautasantennin vastaanotetut lähetykset muutetaan yhteisantennijärjestelmään sopivaksi eli muunnetaan taajuusalueeseen 950–2150 MHz. (Naskali & Suikkanen 2004, 133; ST-käsikirja 12 2017, 37.)

Liitettäessä lautasantenni yhteisantennijärjestelmään, on käytettävä universal quad-taajuusmuunninta sekä monivalintakytkintä, jos halutaan satelliitti- ja antenniverkonlähetykset kulkevan yhden koaksiaalikaapelin avulla jokaiseen antenniasiaan. Quad-taajuusmuunnin mahdollistaa satelliittilähetysten jakamisen moneen pisteeseen. Monivalintakytkimellä voidaan valita haluttu taajuusalue ja polarisaatio eli haluttaessa voidaan vastaanottaa vain lineaarisia polarisaatioita ja

päinvastoin. Kytkin myös mahdollistaa satelliitti- ja antenniverkonlähetysten kulun samassa kaapelissa. (Ikonen A. 2009, 82–83.)

#### 4.1.5 Antennimasto

Yhteisantennijärjestelmän antennit asennetaan kuumasinkittyyn teräsmastoon, joka sijoitetaan useimmissa tapauksissa katolle. Masto asennetaan kuumasinkittyyn terästukiputkeen, jonka paikka on määritetty mittaamalla ja testaamalla. Tukiputki on noin 2 m pitkä ja kiinnitetään katon kantaviin rakenteisiin. Katon yläpuolelle jäävä putkenosa on oltava ST-kortin 621.30 (2020, 5) mukaan korkeintaan 80 cm ja kiinnikkeiden väli on kuudesosa maston kokonaispituudesta. Masto on useimmissa tilanteissa enintään 6 m pitkä. Antennimasto kiinnitetään tukevasti ja kaikki tehdyt läpiviennit tulee olla luotettavasti tehty, sillä katon rakenteisiin ei saa päästä kosteutta, jotta tämä ei pääse vaurioitumaan. (ST-käsikirja 12 2012, 143.) Antennien järjestys antennimastossa nähdään kuviossa 6.



KUVIO 6. Antennien sijoitus mastoon (Pientalon antenniopas 2020, 15, muokattu)

Maston ollessa avoimesti katolla se on alttiina salamaniskuille, sähkönturvallisuuden kannalta masto maadoitetaan. ST-kortin 621.31 (2017, 1) mukaan maadoitus

toteutetaan maadoitusjohtimella, joka asennetaan maston alapäähän ja johdetaan lyhintä reittiä kiinteistön päämaadoituskiskoon. Antennimaston maadoitusjohtimen on oltava vähintään 16 mm<sup>2</sup>:n kuparijohdin tai 50 mm<sup>2</sup>:n teräsjohtin. Jos käytetään teräsjohtinta, on johtimen oltava eristetty.

## 4.2 Aktiiviset komponentit

Yhteisantenniverkossa aktiivisilla komponenteilla tarkoitetaan rakenneosia, jotka käsittelevät ja muokkaavat signaalia ennen sen välittämistä eteenpäin. Näitä komponentteja ovat mm. päävahvistin, kuituvastaanotin ja laajakaistavahvistin.

### 4.2.1 Päävahvistin

Yhteisantennijärjestelmän antennien ja muista lähteistä vastaanottamaa signaalia ei voi suoraan syöttää jakeluverkkoon, poikkeuksena omakotitalon järjestelmä. Signaalia on tarve säätää, muokata ja vahvistaa ennen jakelua, tämä on päävahvistimen tehtävä järjestelmässä. Päävahvistimiin kuuluu myös satelliittiantennien taajuusmuuntimet sekä antennissa kiinni olevat esivahvistimet, jota käytetään vastaanottosignaalin ollessa heikko. (ST-käsikirja 12 2017, 38.) Kuvassa 5 on esimerkkejä kiinteistön päävahvistimista.



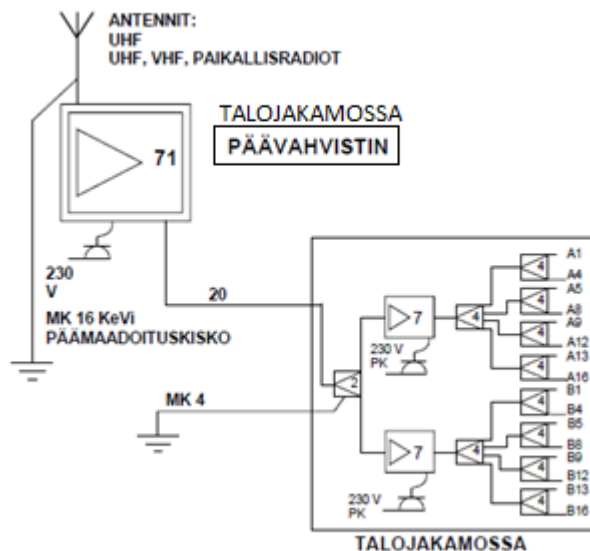
KUVA 5. Kiinteistön päävahvistimia (ST-käsikirja 12 2017, 37)

MPS 65 D (2019 M, 10) mukaan UHF-alueella on käytettävä vahvistinta, jossa on taajuusaluekohtainen tulo ja kanavanippuryhmäkohtainen säätö. Tämä tarkoittaa, että vahvistimella voidaan säätää signaalien lähtötasoja kanavanippu-

ryhmä kohtaisesti. Kanavanippu (MUX, multiplex) on lähete, joka koostuu useasta ohjelmakanavasta sekä oheispalveluista. Kanavanippuryhmä viittaa useaan kanavanippuun, joiden vahvistusta säädetään ryhmäkohtaisesti (Naskali & Suikkanen 2004, 400–401).

VHF-alueella käytettävältä päävahvistimelta vaaditaan vähintään taajuusaluekohtainen tulo ja säätö. Taajuusaluekohtaisella säädöllä tarkoitetaan, sitä että voidaan säätää vahvistusta UHF- ja VHF-alueelle erikseen. (MPS 65 D/2019 M, 10.)

ULA-antennin vastaanottosignaali tuodaan päävahvistimeen, jolla on erillinen sisääntulo sille. Signaalin vahvuutta säädetään ja vastaanotetut ULA-ohjelmat siirretään toiselle taajuudelle mahdollisien häiriöiden välttämiseksi. (ST-käsikirja 12 2017, 38.) Kuviossa 7 on esimerkki antennijärjestelmäkaaviosta, kun signaalinlähteenä on käytetty vastaanottoantenneja.



KUVIO 7. Esimerkki antennijärjestelmäkaaviosta (ST 621.10 2019, 7)

#### 4.2.2 Kuituvastaanotin

Yhteisantennitekniikassa valokuidun käyttö on merkittävästi lisääntynyt sen loistavien ominaisuuksien ja kuitulaitteiden hinnankehityksen myötä. Toiminta perus-

tuu kuidun kautta liitettävään paikallisen teleoperaattorin kaapelitelevisioverkkoon. Kyseessä on CATV-verkko, mutta koaksiaalikaapelin sijaan käytetään valokuitua. Käytettäessä valokuitua niin päävahvistimelle ei ole tarvetta vaan käytetään sen sijaan kuituvastaanotinta. Vastaanottimen tehtävä on käsitellä signaali ja muuntaa se koaksiaalikaapelille kelpoiseksi, jotta tämä voi johtaa sen huoneiston jakamoon tai muihin kiinteistöihin. Vastaanottimissa on usein vahvistin sisäänrakennettuna, joka mahdollistaa jakoverkon syötön pelkällä vastaanottimella. (ST-käsikirja 12 2017, 46–47.)

### 4.2.3 Laajakaistavahvistin

Yhteisantennitekniikassa käytettävä vahvistin, kun halutaan laajentaa jakeluverkon ulottuvuutta ja kompensoida verkossa tapahtuvia vaimennuksia. Laajakaistaisen vahvistimen ilmoitettavat ominaisuudet ovat ST-käsikirjan 12 (2017, 42–43) mukaan:

- Taajuusalue kertoo mitä taajuuksia vahvistin vahvistaa ja millä se operoi
- 2-suuntaisuus, joka mahdollistaa paluukaistataajuuden käytön
- Vahvistus kertoo desibeleinä, kuinka paljon signaalia vahvistetaan
- Kohinaluku ilmaisee kuinka paljon vahvistin itse lisää häiriötä verkkoon, mitä alempi luku sen parempi vahvistin
- Maksimilähtötaso kertoo vahvistimen korkeimman signaalin lähtötason, joka voidaan asettaa.

Laajakaistavahvistimet eritellään yhteisantenniverkon vahvistimiin eli jakoverkon vahvistin ja kaapeli-tv-verkon vahvistimiin eli haaraverkon vahvistin. Jakovahvistin usein vahvistaa 35–40 dB, jos antennien vastaanotettu signaali on tarpeeksi vahva niin on syytä käyttää pienempää vahvistusta, sillä se pienentää kohinaa. Haaraverkon vahvistin on tyypillisesti 20–30 dB ja paluusuunnalla tarvitaan erikseen vahvistin. Molemmissa vahvistintyypeissä on Tilt-korjain, jolla korjataan korkean taajuuden aiheuttamaa vaimennusta, vahvistamalla korkeaa taajuutta enemmän kuin matalaa. Suunnitteluvaiheessa varmistetaan, että jakovahvistimella on pääsy 230V jännitteeseen pistorasian avulla. Haaraverkon vahvistin saa

jännitteensä koaksiaalikaapelia pitkin. CATV-verkon runko- ja haaravahvistimet on nykyisin korvattu valokaapelilla. (ST-käsikirja 12 2017, 43.)

Määräyksen 65 D (2019 M, 9) mukaan laajakaistaisia vahvistimia, jotka kattavat monta taajuusaluetta ei saa kytkeä suoraan antennista tulevaan kaapeliin. Nämä vahvistimet eivät ole suunniteltu siihen tarkoitukseen. Estämällä kyseisten vahvistimien käyttö minimoidaan 800 MHz ja 700 MHz matkaviestiverkkojen aiheuttamaa häiriöriskiä järjestelmälle. Tarvittaessa voidaan käyttää erillistä määräystä noudattavaa esivahvistinta (MPS 65 D/2019 M, 43).

### **4.3 Passiiviset komponentit**

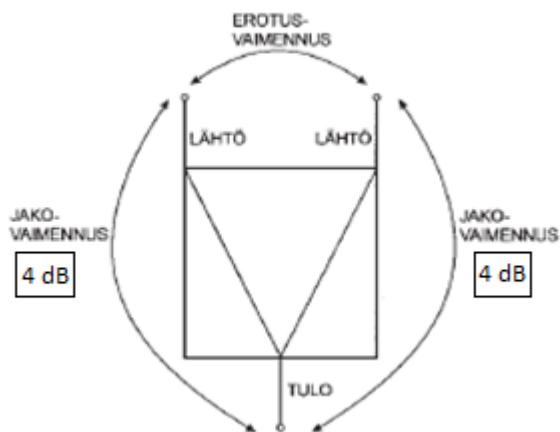
Yhteisantenniverkossa passiivisilla komponenteilla tarkoitetaan rakenneosia, jotka eivät käsittele tai muokkaa signaalia vaan välittävät ja jakavat sen eteenpäin. Komponentit ovat mm. jaottimet, haaroittimet, liittimet, antennirasiat ja kaapelit. Näistä komponenteista muodostuvaa osakokonaisuutta kutsutaan passiiviseksi verkoksi tai vain jakoverkoksi. Jakoverkko jakaa tähtipisteestä saadun signaalin vastaanottopisteisiin ja erottaa pisteet niin etteivät niihin liitetyt laitteet aiheuta häiriöitä muiden vastaanottopisteiden signaalilaatuun. Näiden ja määräyksen 65 D (2019 M, 16) vaatimusten täyttämiseen on käytettävä standardinmukaisia komponentteja, jotka tukevat taajuusaluetta 5–1218 MHz. (ST-käsikirja 12 2017, 53.)

Passiivisista rakenneosista kun puhutaan, niin tarvitsee tutustua käsitteeseen heijastusvaimennus. Heijastusvaimennuksen yksikkö on dB ja se ilmaisee etenevän ja heijastetun signaalin suhteen. Heijastusvaimennus kertoo desibeleinä, kuinka paljon vastaanotettu signaali on vaimentunut etenevään verrattuna. Passiiviset rakenneosat on jaettu kolmeen laatuluokkaan, joissa on määrätty vaatimukset vaimennuksesta, antennirasioilla on kuitenkin vain yksi luokka. (Naskali & Suikkanen 2004, 70; ST-käsikirja 12 2017, 31).

### 4.3.1 Jaotin (Splitter)

Jaotin on rakenneosia, jolla signaali jaetaan useaan yhtä suureen lähtöön, signaalin jako voi tapahtua kahteen, kolmeen, neljään jne. Yhtä suureen lähtöön jakamisella tarkoitetaan, että vastaanotetun signaalin ja jokaisen lähtöliittimen vaimennus on yhtä suuri. Jaotinta käytetään kiinteistön päävahvistimen tähtipisteessä. (ST-käsikirja 12 2017, 53.)

Lähtöjen välillä tapahtuu myös erotusvaimennusta, joka tarkoittaa lähtöjen välistä vaimennusta. Vastaanottopisteet luovat häiriötä paluusuunnassa ja erotusvaimennus kumoaa tämän. Jaottimen erotusvaimennus on kuitenkin hyvin pieni kaikissa laatuluokissa eikä sen lähtöihin saa kytkeä päättyviä antennirasioita. Uutta yhteisantennijärjestelmää suunniteltaessa on jaottimien perään kytkettävä haaroitin, josta kaapeloidaan antennirasioille. Vanhaa yhteisantennijärjestelmää kunnostaessa jaottimen lähtöihin voi kytkeä vain hyvin sovitettuja komponentteja kuten ketjutettavia antennirasioita. Jaottimen jakovaimennus riippuu haarojen lukumäärästä esim. 2-jaon jakovaimennus on n. 4 dB. Lähtöjen lisääminen yhdellä nostaa vaimennusta 2 dB eli 3-jaon vaimennus on 6 dB jne. (Naskali & Suikkanen 2004, 78–79; ST-käsikirja 12 2017, 53–54.) Kuviossa 8 on selkeytetty jaottimessa tapahtuvia vaimennuksia ja nähdään jaottimen piirrosmerkki.



KUVIO 8. Vaimennukset jaottimessa, jossa on 2-jako (ST-käsikirja 12 2017, 54, muokattu)



Jaottimen rakenteeseen sisältyy kotelointi, kiinnityskorvakkeet ja liittimet, jotka ovat samasta korroosiosuojatusta silumiinivalusta tehty. Rakenteella varmistetaan vahva kokonaisuus, sekä hyvä ulkoisten häiriöiden sietokyky. (ST-käsikirja 12 2017, 53.) Kuvassa 6 nähdään esimerkki jaottimesta, jossa on neljä lähtöliittintä.



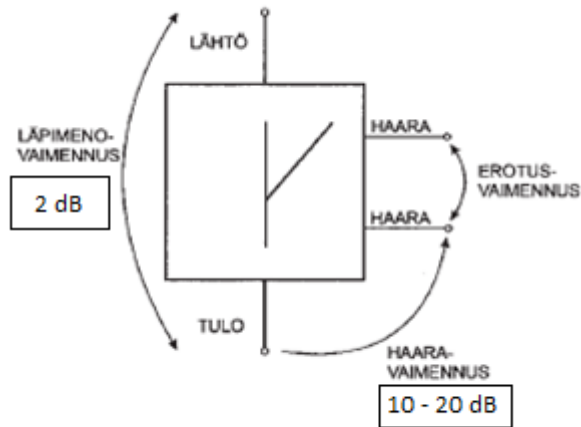
KUVA 6. Tyypillinen 4-jaotin, joka tukee taajuusalueita 5–1300 MHz (Laatuantenni.fi)

Eri jakelujärjestelmille ja taajuusalueille on valmistettu jaottimia, yhteisantenniverkolle 5–1218 MHz ja satelliittitaajuusjakelulle 5–2150 MHz. Niiden suoritusarvot riippuvat mille alueelle ne on valmistettu esim. käytettäessä satelliittijakeluun tarkoitettuja jaottimia yhteisantenniverkossa niin verkon suoritusarvot kärsivät, koska satelliittijakelun jaottimissa on heikommat heijastus- ja erotusvaimennukset. (ST-käsikirja 12 2017, 54; 65 D/2019 M, 10.)

#### 4.3.2 Haaroitin (Tap)

Haaroitin on ulkomuodoltaan samanlainen kuin jaotin, mutta toiminnaltaan poikkeava komponentti. Haaroittimia on saatavilla kahta eri tyyppiä: päättyviä ja sarjaan kytkettäviä. Haaroittimissa on 1–18 lähtöä haaroille ja yksi liitin tulolle. Yhteisantennitekniikassa käytettävissä haaroittimissa on yleensä 2–8 haara. Haaravaimennus on tyypillisesti 10–20 dB, eli vaimennus tulevan ja lähtevän signaalien välillä. Sarjaan kytkettävällä haaroittimella on yksi lähtö, jossa vaimennus jaottimen luokkaa eli 1–4 dB ja 1–8 haaraa, joiden vaimennus on 10–20 dB luokkaa. Haaroitin vaimentaa lähtöjä enemmän kuin jaotin, joka mahdollistaa antennirasioiden ja antenniverkkolaitteiden kytkemisen verkkoon häiriöttä. Yhteisantennijärjestelmissä haaroittimien lähtöihin kytketään päättyvä antennirasia. Kuten jaottimiakin niin haaroittimia on myös saatavilla taajuusalueille 5–1218 MHz ja 5–

2150 MHz. Kuviossa 9 nähdään haaroittimessa tapahtuvia vaimennuksia sekä haaroittimen piirrosmerkki. (ST-käsikirja 12 2017, 55–57.)



KUVIO 9. Vaimennukset haaroittimessa, jossa on 2 haaraa (ST-käsikirja 12 2017, 56, muokattu)

### 4.3.3 Antennirasia

Yhteisantennijärjestelmässä viimeinen passiivinen komponentti on antennirasia, josta signaali siirretään liitännäjohtojen avulla huoneiston vastaanottiin. Antennirasioita on kahta tyyppiä: ketjutettava ja päättyvä rasia. Ketjutettavassa rasiassa on suuret perusvaimennukset, jotta rasiaan kytketyt laitteet eivät aiheuttaisi häiriöitä ketjuun. Ketjutettavia käytetään vanhaa verkkoa kunnostettaessa. Tähtiverkossa käytetään päättyvää rasiaa, jossa on liitännät mm. televisiolle, radiolle ja tarpeen tullen satelliittivastaanottimelle, puhutaan 2- tai 3-liittimisistä rasioista. Antennirasiat ovat ns. suodatinrasioita, sillä rasiat hävittävät tv-lähdöstä radiosignaaleja millä varmistetaan vastaanottolaitteiden toimivuus. Verkon ja tarpeiden mukaan valitaan tarvittavat ulostulot antennirasiaille. Kuvassa 7 tyypillinen 3-liittiminen antennirasia. (Naskali & Suikkanen 2004, 86–87; ST-käsikirja 12 2017, 57–58.)

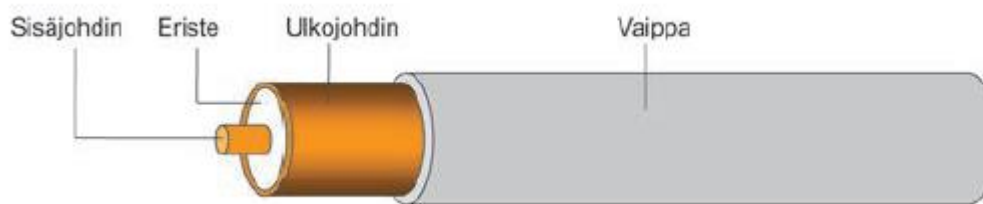


KUVA 7. 3-liittiminen antennirasia (ST-käsikirja 12 2017, 59)

Rasiat luokitellaan perusvaimennuksen perusteella eri vaimennusluokkiin, mutta yleisin rasiamalli on päättyvä 1 tai 4 dB:n antennirasia, jossa on 1 tai 4 dB perusvaimennus. Päättyvää rasiaa käytetään yhteisantennijärjestelmän taajuusalueella 5–1218 MHz jokaiseen haaroittimen haaraan päähän. Perusvaimennuksella ilmaistaan signaalitason heikentyminen sen kulkiessa antennirasiasta huoneiston vastaanottimiin. Ketjutettavissa rasioissa on 10–13 dB:n perusvaimennus, sekä tyypillisesti 1–3 dB:n läpimenovaimennus. (Naskali & Suikkanen 2004, 88–89; ST-käsikirja 12 2017, 60–61.)

#### 4.3.4 Kaapelit

Kaapeleiden virka yhteisantennijärjestelmässä on välittää signaali verkossa pisteiden välillä. Välittäessä signaalia se vaimentuu ja on alttiina ulkoisille häiriöille. Nämä asiat voi minimoida oikealla kaapelivalinnalla. Yhteisantenniverkossa käytetään yleisimpänä kaapelityyppinä koaksiaalikaapelia sen ominaisuuksien takia. Koaksiaalikaapeli on mekaanisesti luja ja kestävä, mutta vaikuttavin asia siinä on sen ominaisuudet radiotaajuisten signaalien siirrossa. Toinen yhteisantenniverkossa yleistynyt kaapelityyppi on valokuitukaapeli. Nykyään valokaapelia käytetään usein kaapeli-tv-verkon runkokaapelina perinteisen koaksiaalikaapelin tilalla. Rakenteeltaan koaksiaalikaapeli muodostuu sisäjohtimesta ja sen eristeestä, ulkojohtimesta ja vaipasta. (Naskali & Suikkanen 2004, 94–95; ST-käsikirja 12 2017, 73–74.) Kuviossa 10 on kyseiset rakenneosat esitetty tarkemmin.



KUVIO 10. Koaksiaalikaapelin rakenne (ST-käsikirja 12 2017, 74)

Hehkutettua kuparilankaa oleva sisäjohtin kuljettaa signaalin toivottuun pisteeseen. Kuparilangan paksuus on kääntäen verrannollinen kaapelin aiheuttamaan vaimennukseen. Mitä suurempi sisäjohtimen poikkipinta-ala niin sitä vähemmän se vaimentaa signaalia. Eriste toimii tukirakenteena ulko- ja sisäjohtimen välillä erottaen nämä toisistaan. Eristeen materiaalina on yleisesti polyeteeni. Ulkojohtin nimensä mukaisesti toimii toisena johtimena ja suojaa kaapelia sähkömagneettisilta häiriöiltä. Ulkojohtimen rakenteen määrää kaapelilta vaaditut ominaisuudet, mutta yleensä sisäkaapeleissa se on kuparifoliota, jonka päällä lepää kuparilankapunos. Kaapelin vaippa on sisäkaapeleissa PVC-muovia ja sen tehtävänä on suojata kaapelia. Ulkokaapeleissa ympäristöolosuhteiden ollessa vaativammat niin materiaalina toimii PE-muovi. (Naskali & Suikkanen 2004, 94–95; ST-käsikirja 12 2017, 77–78.)

Koaksiaalikaapelit on jaettu suojauskyvyn mukaan luokkiin A++, A+, A, B ja C. (MPS 65 D/2019 M, 75). Sisäverkossa käytettävä kaapeli on oltava vähintään luokan A koaksiaalikaapeli (65 D/2019 M, 26).

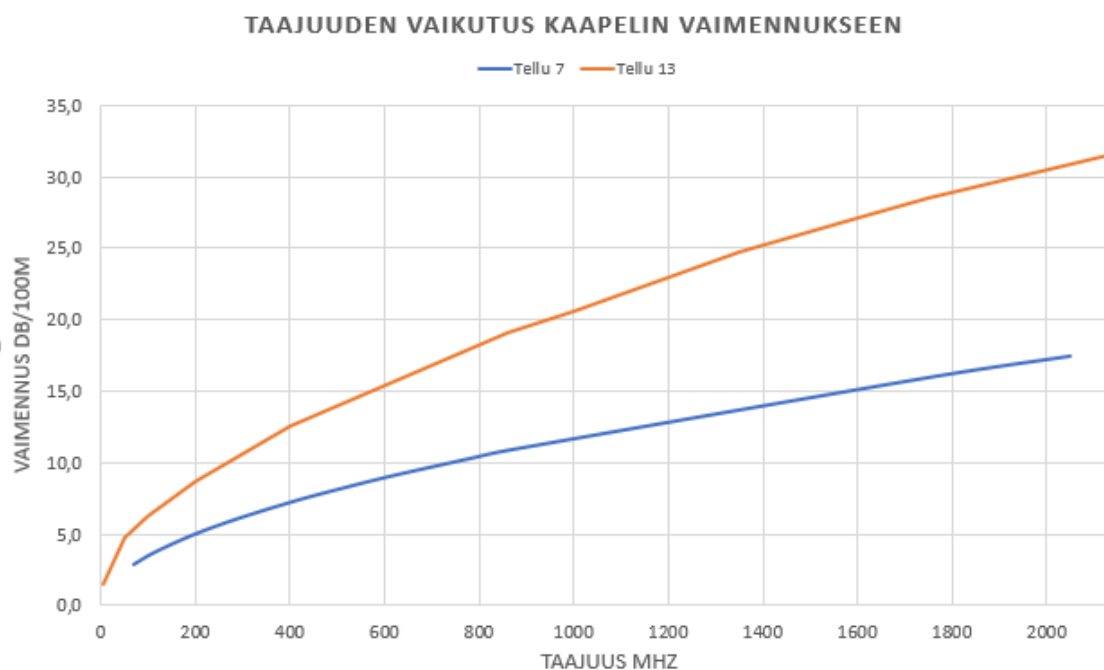
Signaalin laadun kannalta koaksiaalikaapelin tärkeimpiin sähköisiin ominaisuuksiin kuuluu:

- Ominaisimpedanssi
- Vaimennus
- Heijastusvaimennus
- Nopeuskerroin
- Suojauskyky

(Naskali & Suikkanen 2004, 94; ST-käsikirja 12 2017, 80).

ST-käsikirjan 12 (2017, 80) mukaan: ”Ominaisimpedanssi ilmaisee koaksiaalikaapelin sisä- ja ulkojohtimen välisen jännitteet suhteen niissä kulkevaan virtaan.” Yhteisantennijärjestelmissä käytettävien kaapeleiden ominaisimpedanssi on  $75 \Omega$  (ohmia) ja kaapelivalmistajat yleensä ilmoittavat toleranssin esim.  $75 \pm 3 \Omega$  (ST-käsikirja 12 2017, 80–81).

Vaimennus kertoo, paljonko signaalin taso laskee kaapelissa kulkiessaan ja se ilmoitetaan yksikössä dB/100 m. Kaapelista aiheutuva vaimennus riippuu kaapelin mitoista ja materiaaleista. Vaimennus on suoraan verrannollinen taajuuteen ja kaapelin lämpötilaan. (ST-käsikirja 12 2017, 82.) Kuviossa 11 on havainnollistettu taajuuden vaikutus vaimennukseen valmistajien ilmoittamilla tiedoilla. Kuviossa näkyy myös yhteisantennijärjestelmän käytetyimmät kaapelit, sisäkaapeli TELLU 13 ja ulkokaapeli TELLU 7.



KUVIO 11. Eri koaksiaalikaapeleiden vaimennuksia

Kaapelin heijastusvaimennus on sidoksissa ominaisimpedanssiin. Impedanssin ollessa muuttumaton koko kaapelin pituudelta niin heijastusvaimennuksia ei synny. Kaapelin pitää olla siis tasalaatuinen, jotta saadaan minimoitua heijastusvaimennus. (Naskali & Suikkanen 2004, 96; ST-käsikirja 12 2017, 83.) Termi heijastusvaimennus on selitetty yksityiskohtaisemmin luvussa 4.3.

Nopeuskerroin kertoo, kuinka nopeasti signaali etenee kaapelissa suhteessa valon nopeuteen tyhjiössä. Suhde ilmoitetaan prosentteina. Nopeuskerroin riippuu kaapelin eristeen ominaisuuksista esim. käytettäessä kaapelia, jossa on eristeessä tavallista enemmän ilmaa niin nopeuskerroin on suurempi. Nopeuskerrointa hyödynnetään, kun yritetään kaapelitutkalla arvioida etäisyyttä vikakohtaan. (Naskali & Suikkanen 2004, 97; ST-käsikirja 12 2017, 85.)

Kaapelin suojauskykyyn vaikuttaa kytkentäimpedanssi ja suojausvaimennus. Hyvä suojaus saavutetaan pienellä kytkentäimpedanssilla. Kaapelin ulkojohtimessa kulkeva virta ja kytkentäimpedanssi määrittelevät häiriöjännitteen suuruuden. Syntynyt häiriöjännite summautuu suoraan signaaliin aiheuttaen ongelmia piiriin. Häiriösuojaus voi jakaa kahteen kategoriaan: häiriönsieto ja häiriönpäästö. Standardien mukaan kaapelin on siedettävä häiriöitä tietyn verran ilman, että ne vaikuttavat kaapelissa kulkevaan signaaliin ja kaapeli ei saa itse päästää häiriöitä ympäristöön. (ST-käsikirja 12 2017, 86–87.)

#### **4.3.5 Liittimet**

Koaksiaalikaapeleiden yhdistäminen yhteisantennijärjestelmän eri rakenneosiin vaatii liittimet. Liittimien on oltava kaapeleille soveltuvia, määräyksen ja standardien mukaisia. Liittimet eritellään käyttötarkoituksen mukaan kolmeen eri ryhmään: jatkoliitin, vaihtoliitin ja laiteliitin. Jatkoliitintä nimensä mukaisesti käytetään saman kaapelityypin jatkamiseen ja vaihtoliitintä erityyppisen kaapelityypin. Laiteliitintä käytetään liitettäessä eri komponentteihin kuten jaotin, haaroitin jne. (ST-käsikirja 12 2017, 96.)

MPS 65 D (2019 M, 76) mukaan liittiminä täytyy käyttää kaapelin kanssa fyysisesti, mekaanisesti ja sähköisesti sopivia liittimiä, jotta vältytään ylimääräisiltä vaimennuksilta. Yleisin liitintyyppi antenniverkkojen asennuksissa on F-liitin ja niitä on saatavilla kaapeliin puristettavia eli kompressoituja liittimiä. Määräys 65 D (2019 M, 16) kieltää kierrettävien liittimien käytön, koska liitin rikkoo helposti kaapelin vaipan (korroosio), jolloin antenniverkko ei täytä vaatimuksia. Puristettava liitin on asennustavaltaan varmempi vaihtoehto, sillä saadaan aikaseksi luotettava vedonpoisto ja liitos (ST-käsikirja 12 2017, 97–98).

## 4.4 Signaalit

Yhteisantennitekniikassa digi-tv-lähetysten jakeluun käytetään eurooppalaista DVB eli Digital Video Broadcasting -standardia. DVB-standardi jakautuu moneen järjestelmään. Oleellimmat näistä ovat:

- DVB-T eli terrestrial, joka on maanpäällisen jakelun standardi
- DVB-S eli satellite, joka on satelliittijakelun standardi
- DVB-C eli cable, joka on kaapelijakelun standardi

Näistä standardeista on kehitetty toisen sukupolven versioita kuten T2, S2 ja C2, joiden avulla siirretään entistä enemmän dataa ja laadukkaampia digi-tv-lähetyksiä. Yhteisantenniverkossa siirretään näiden tv-lähetysten lisäksi analogisia radiosignaaleita ja liittyessä kaapeli-tv-verkkoon voidaan välittää myös kaapelimo-deempalveluita. (Naskali & Suikkanen 2004, 39; Ikonen A. 2009, 14, 189.)

### 4.4.1 DVB-T ja -T2

DVB-T ja -T2 ovat signaalimuotoja, joita käytetään maanpäällisissä tv-lähetyksissä. Signaalit ovat ns. bittivirtaa ja jotta ne voidaan lähettää antennille niin bittivirta paloitellaan moneen kanta-aaltoon ja virhesuojataan. Yksi tv-lähetys koostuu siis tuhansista moduloiduista kantaalloista. Signaalin lisäämistä kanta-aaltoon kutsutaan moduloimiseksi. Tämä järjestely tunnetaan myös nimellä COFDM-tekniikka (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing). (Ikonen A. 2009, 204; ST 621.11 2020, 1.)

Yksi kanava UHF-alueella vie 8 MHz ja VHF-alueella 7 MHz. Näiden kanavien taajuuskaistanleveyttä eli kanavanippua kutsutaan multipleksiksi. Multipleksissä on useita palveluita koottuna yhteen läheteeseen eli multipleksoitu. DVB-T signaalin yhdessä 8 MHz tv-kanavassa on 1,1kHz välein kantaaltoja. Kantaaltoja on kokonaisuudessaan yli 6000 kappaletta, ja DVB-T2 signaalissa on moninkertainen määrä n. 32000, joka mahdollistaa suuremman bittivirran. Suuremmalla bittivirralla saadaan lähetettyä HD-lähetyksiä UHF-alueella. Yhden lähetyksen

signaali voi sisältää viisi-kymmenen tv-ohjelmaa. (Naskali & Suikkanen 2004, 402; Ikonen A. 2009, 204–205; ST 621.11 2020, 1–2.)

#### **4.4.2 DVB-S ja -S2**

DVB-S on signaalimuoto, jota käytetään satelliittilähetyksissä. Satelliittisignaali on muodoltaan samanlainen kuin DVB-T, mutta tarvitsee erilaisen modulaation, QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) – menetelmän. Satelliittisignaali vaatii enemmän virhesuojausta, sillä vastaanotettu signaali on heikko, jolloin tämä modulaatiomenetelmä sopii hyvin satelliittijakeluun. Standardi sallii erilaiset virheen korjaus tehot ja taajuuskaistan leveydet. Leveys vaihtelee 26–54 MHz välillä. Nämä vaikuttavat vastaanotetun signaalin tasoon ja antennin heijastimen suuruuteen. (ST-käsikirja 12 2017, 16–17; ST 621.11 2020, 2.)

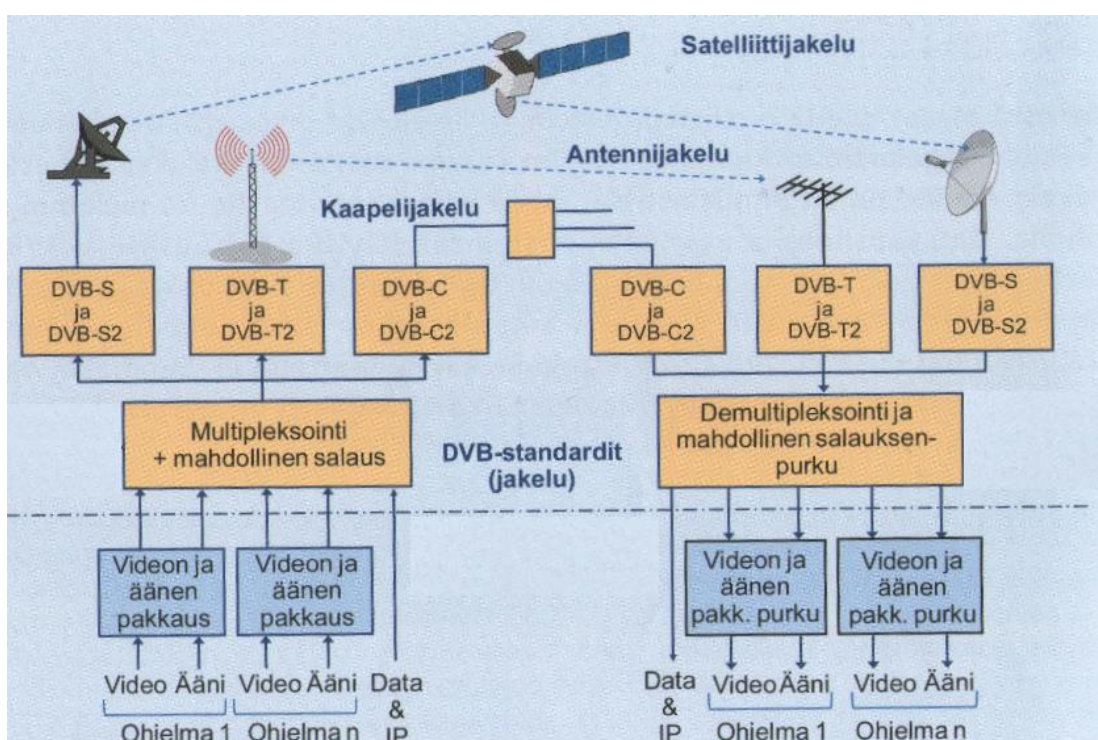
DVB-S2 kehitettiin parantamaan DVB-S palveluita ja muita satelliittien kautta tapahtuvaa liikennettä. Uusi signaalimuoto on joustavampi ja mahdollistaa useampia modulaatiomenetelmiä kuten 8 PSK ja MAPSK. Merkittävin etu uudella tekniikalla on siirtokapasiteetin kasvu 30 %:lla. DVB-S2 siirtostandardi käyttö on yleistynyt teräväpiirtolähetyksien myötä. (Ikonen A. 2009, 220; ST-käsikirja 12 2017, 18.)

#### **4.4.3 DVB-C ja -C2**

Kaapelijakelua varten on kehitetty siirtostandardi DVB-C. Edellisiin standardeihin signaalimuoto eroaa tehokkuudellaan, hallitun ympäristönsä ansiosta. Signaalin modulaatioon yleisimmin käytetään 128 QAM- ja 254 QAM (Quadrature Amplitude Modulation) -menetelmiä. Signaalin nopeus kaapelissa vaihtelee modulaatiomenetelmästä, 254 QAM ollessa nopein mahdollinen. Standardi ei vaadi virheenkorjausta johtuen koaksiaalikaapelin hyvistä suojausominaisuuksista. Kanavien taajuuskaistan leveydet ovat 7 MHz tai 8 MHz. (Ikonen A. 2009, 2015; ST-käsikirja 12 2017, 18; ST 621.11 2020, 2.)



Kaapeli-tv-verkon palveluiden määrän lisääntyminen oli tuonut paineita siirtokapasiteetti määrän nostamiseen. Tämän takia kehitettiin uusi edistyneempi standardi DVB-C2 (ei vielä Suomessa käytössä). Uudistettuun standardiin otettiin vaikutteita DVB-T2 ja -S2 standardista. Parhaimmillaan yhdellä signaalilla saadaan lähetettyä 8 kanavaa. Hyödyntämällä erilaisia modulaatioita voidaan saavuttaa, jopa 50 % siirtokapasiteetin lisäys edelliseen standardiin verrattuna. (Ikonen A. 2009, 217–218; ST-käsikirja 12 2017, 18.) Kuviossa 12 nähdään tv-lähetysten jakelujärjestelmän rakenne.



KUVIO 12. TV-lähetysten jakelujärjestelmän periaate (Ikonen A. 2009, 190, muokattu)

#### 4.4.4 Kaapelimodeemin signaalit

Yhteisantenniverkon käytettäessä kaapeli-tv-liitäntää niin on mahdollista siirtää dataliikennettä verkon paluusuunnalla eli käytössä on 5–65 MHz, mutta tyypillisesti käytetään taajuusaluetta 28–65 MHz:n paremman häiriönsiedon takia. Dataliikenteen käyttö perustuu EuroDocsis- tai Docsis -standardiin. Standardien ero on taajuuskaistan leveys EuroDocsis-standardissa 8 MHz ja Docsis-standardissa 6 MHz. Modulaatiovaihtoehtoja on paluusuunnalla useita, mutta menosuunnalla

käytetään 256 QAM. Tekniikasta on kehitetty paranneltu versio Wideband Dc-sis, joka hyödyntää monta menosuunnan kanavaa samaan aikaan, jolloin verkon siirtonopeus kasvaa. (ST-käsikirja 12 2017, 19; ST 621.11 2020, 2.)

#### **4.4.5 Analoginen radiokanava**

Analogisella radiokanavalla viitataan luvussa 4.1.3 mainittuun ULA-radiolähetysiin, joiden toiminta on 87,5–108 MHz taajuusalueella. Radiolähetysten kantoaaltojen käsittelyyn käytetään FM (Frequency Modulation) -modulaatiomenetelmää. (ST-käsikirja 12 2017, 20.)

### **4.5 Suojaus ja turvallisuus**

Määräys 65 D (2019 M, 14–20) asettaa eri vaatimuksia yhteisantenniverkon maadoituksesta, potentiaalitasauksesta, sähkömagneettisesta suojauksesta, laitetilojen lukituksesta ja paloturvallisuudesta. Määräys pyrkii näillä vaatimuksilla takaamaan verkon toiminnan vikatilanteessa.

Maadoituksella ja potentiaalitasauksella pyritään suojaamaan verkkoa, kun irrotetaan verkon osia toisistaan niin näiden välille ei pääse syntymään potentiaaliero. Suojauksella on tarkoitus suojata verkko ilmastollisilta ylijännitteiltä ja ennaltaehkäistä hengenvaarallisia kosketusjännitteitä. Noudatetaan standardia SFS-EN 60728-11. (MPS 65 D/2019 M, 53.)

Yhteisantennijärjestelmän potentiaalitasaus toteutetaan talojakamon tähtipisteessä. Järjestelmän kaikkien laitteiden kotelot, passiiviset komponentit ja kaapeleiden ulkojohtimet liitetään vähintään 4 mm<sup>2</sup> (tyypillisesti 6mm<sup>2</sup>) kuparijohtimella talojakamon potentiaalitasaukiskoon, joka yhdistetään kiinteistön päämaadoituskiskoon. Maadoitus toteutetaan SFS-EN 60728-11 vaatimusten mukaan. Kiskon puuttuessa ja järjestelmän ylettyessä muihin rakennuksiin noudatetaan MPS 65 D (2019 M, 53) sovellettuja ohjeita.

MPS 65 D (2019 M, 53) mukaan noudattaen standardeja SFS-EN 50083-2 ja SFS-EN 50083-8 tehdään määräyksen 65 D/2019 M vaatimusten mukainen sähkömagneettinen suojaus. Sähkömagneettisella suojauksella ehkäistään mahdolliset verkkoon kohdistuvat häiriöt, jotka vaikuttavat lähetysten vastaanottoon.

Järjestelmän tähtipisteen sijainti on toteutettava niin että asiattomien pääsy laite-tiloihin ja kytkentäpaikkoihin estetään. Tällä ehkäistään verkon tahallinen sabotointi. Järjestelmän komponenttien ja tähtipisteen sijainnin on oltava ilman erityisiä työkaluja tapahtuvan murron kestäviä. (MPS 65 D/2019 M, 59.) Liikenne- ja viestintävirasto suosittelee noudattamaan aiheesta julkaistua suositusta 306/2019 S.

Noudattamalla kaapeleille, kaapelireiteille ja läpivienneille asetettuja paloturvallisuusstandardeja varmistetaan rakennukselle asetetut paloturvallisten teknisten vaatimuksien täytyminen. Määräyksessä 65 D (2019 M, 13) vaaditaan SFS 6000-5-52, 6000-4-42 ja 6000-7-710 noudattamista, sillä pyritään takaamaan järjestelmän paloturvallisuus perustasolla. Erikoisolosuhteisiin sovelletaan lisäohjeita, jotka löytyvät mm. ympäristöministeriön rakentamismääräyksessä E1 ja maankäyttö- ja rakennuslain pykälässä 117 b. (MPS 65 D/2019 M, 60.)

#### **4.6 Suorituskyky ja vaimennukset**

Viestintäviraston määräys 65 D (2019 M, 13) asettaa yhteisantenniverkolle vaatimuksia järjestelmäarvoihin. Järjestelmä on toteuttava siten, että se mahdollistaa palvelujen kaikkiin järjestelmän rasioihin vähintään taajuusalueella 5–1218 MHz. Verkon rakenteen ja passiivisten komponenttien on tuettava taajuusaluetta. Määräyksen suorituskykyvaatimukset koskevat vain ylärajaa 1000 MHz. (MPS 65 D/2019 M, 48–49.)

Määräys ei aseta vaatimuksia ylärajataajuudelle, joten suurempaa kuten satelliittilähetysten taajuusaluetta 2150 MHz saa käyttää. (MPS 65 D/2019 M, 48.)

Koaksiaalikaapelilähtöisten kaapeliverkkojen, jotka operoivat 30–3000 MHz taajuusalueella täytyy täyttää standardin SFS-EN 60728-1 järjestelmäkohtaiset vaatimukset. Standardi määrää järjestelmäarvojen vähimmäisvaatimukset myötäsunnassa ja mittausmenetelmät millä mitataan järjestelmän suorituskyky. (MPS 65 D/2019 M, 48–49.)

Antennijärjestelmän signaalitason voimakkuutta ilmaistaan yksiköllä dB $\mu$ V (desibelimikrovoltti). Taulukossa 2 nähdään standardin SFS-EN 60728-1 asettamat signaalitasojen vaatimukset antennirasioille eri signaalimuodoille ja modulointitavoille, joita määräys 65 D/2019M velvoittaa noudattamaan. Signaalitasot ovat riippumattomia vastaanottotavoista ja taajuudesta.

TAULUKKO 2. Standardin vaatimukset signaalitasolle (MPS 65 D/2019 M, 49.)

Vastaanottotapa	Signaali- muoto	Modulaatio	Signaalitaso
Antennivastaanotto	DVB-T	-	45–74 dB $\mu$ V
Antennivastaanotto	DVB-T2	-	49–74 dB $\mu$ V
Kaapelitelevisiovastaanotto	DVB-C	64 QAM	47–67 dB $\mu$ V
Kaapelitelevisiovastaanotto	DVB-C	128 QAM	50–70 dB $\mu$ V
Kaapelitelevisiovastaanotto	DVB-C	256 QAM	54–74 dB $\mu$ V
Radiovastaanotto	ULA	-	50–70 dB $\mu$ V

Jokainen passiivinen komponentti aiheuttaa vaimennusta yhteisantenniverkossa. Määräys 65 D (2019 M, 10) asettaa uuden verkon 1000 MHz taajuusalueelle vaimennusvaatimukset, jotka nähdään taulukossa 3 tarkemmin. Vaimennus laskeaan niin, että vahvistimen jälkeen jokaisen passiivisen komponentin aiheuttama vaimennus summataan yhteen, jolloin saadaan kokonaisvaimennus. Tämä luku, sitten vähennetään vahvistimen oletetusta lähtötasosta 100 dB $\mu$ V, jolloin saadaan antennirasian signaalitaso. Taajuuksilla 47 MHz ei ole vaimennusvaatimusta, mutta antenniverkon suunnittelussa on käytetty suosituksena 26dB. Vaimennus 1000 MHz alueella saa olla määräyksen mukaan suurimmillaan 45dB. Määräys ei aseta vaimennusvaatimuksia ylärajataajuudelle 1218 MHz.

Antennirasian signaalitasoero (kaltevuus) saa olla maksimissaan 15 dB uudessa verkossa, mutta kunnostetussa verkossa tämä arvo nousee 18 dB:n. Arvo saadaan, kun laskettavan antennirasian 1000 MHz ja 47 MHz taajuusalueella tapahtuvat yhteenlasketut vaimennukset erotetaan toisistaan. Vaimennusvaatimukset perustuvat SFS-EN 60728-1 standardiin.

TAULUKKO 3. Vaimennusvaatimukset (SFS EN 60728-1 2014, 109)

<b>Taajuusalue</b>	<b>Vaimennus</b>	<b>Tasoero (kaltevuus)</b>
47 MHz	≥26 dB (suositus)	≤15 dB
1000 MHz	≤45 dB	≤15 dB

## 5 YHTEISANTENNIVERKON SUUNNITTELU

Yhteisantenniverkon suunnittelijan on selvitettävä mitä palveluja antennijärjestelmällä tarjotaan, antennirasioiden määrä sekä niiden sijoitus kiinteistössä. Näiden asioiden ollessa selvillä voidaan määrittää verkon taajuusalue ja tähtipisteiden paikat. ST-käsikirjan 12 (2017, 105) mukaan suunnittelija laatii verkosta seuraavat dokumentit:

- Sähköselostus
- Asemapiirustus ja tasopiirustukset
- Järjestelmäkaavio

Suunnittelijan on varmistettava suunnitellun tähtiverkon toimivuus laskemalla verkon vaimennukset. Tähtiverkon vaimennuslaskut voidaan tehdä tavalla, joka on esitetty luvussa 4.6 tai noudatetaan ST-käsikirjan 12 (2017, 129) tapaa seuraavasti:

1. Suunnitellaan tähtipisteet huoneiston tarpeen mukaan. Käytetään huoneiston sisällä tähtipisteinä monilähtöistä haaroitinta ja huoneistoja syöttävässä tähtipisteessä jaotinta.
2. Tähtiverkkoa syöttävän vahvistimen lähtötasoksi oletetaan 105 dB $\mu$ V
3. Lasketaan suurimman vaimennuksen antennirasian signaalitaso taajuudella 1218 MHz ja 1000 MHz, joka on usein pisin haara tähtiverkossa. Summataan haaran kaikkien passiivisten komponenttien vaimennukset ja vähennetään vahvistimen lähtötasosta 105 dB $\mu$ V. Tuloksen täytyy olla 60–80 dB $\mu$ V välillä. Jos tulos ei ole tältä väliltä haaran komponentteja on muutettava, haaran rakennetta muutettava tai vahvistimen lähtötasoa säädettävä.
4. Laske pienimmän vaimennuksen antennirasian taso taajuudella 47 MHz, joka on usein lyhyin haara tähtiverkossa. Summataan haaran kaikkien passiivisten komponenttien vaimennukset ja vähennetään vahvistimen lähtötasosta 105 dB $\mu$ V. Tuloksen täytyy olla 60–80 dB $\mu$ V välillä. Jos tulos ei ole tältä väliltä haaran komponentteja on muutettava, haaran rakennetta muutettava tai vahvistimen lähtötasoa säädettävä.

Jos nämä arvot toteutuvat niin lopputuloksena on yhteisantenniverkko, jossa taajuusalueella 47–1218 MHz on jokaisessa rasiassa signaalitaso 60–80 dB $\mu$ V välillä. Kun lasketaan SMATV-verkkoa, niin noudatetaan ST-käsikirjan 12 (2017, 131–132) ohjetta.

## 5.1 Excel-laskentatyökalu

Osana opinnäytetyötä oli Excel-laskentatyökalun luominen yhteisantenniverkon vaimennuksien laskemiseen. Suunnittelijat varmistavat työkalulla suunnittelemansa antenniverkon toimintavarmuuden. Laskentatyökalu on jatkossa osa Sitowise-konsernin asiakirjamalleja.

## 5.2 Työkalun luominen

Työkalun tavoitteena on olla helppokäyttöinen, mutta myös sisältää kaikki tarpeelliset arvot, sillä antenniverkon rakenne on aina tapauskohtainen. Työkalun tarkoitus on nopeuttaa ja helpottaa kohdan 4.6 laskentaprosessia. Etulehteen listataan kaikki laskennan osalta olennainen ja data sijaitsee erillisellä välilehdellä. Taulukkoon ei tarvitse syöttää arvoja vaan riittää kun valitsee oikean komponentin ja määrittelee komponentin mukaan pituuden tai lukumäärän. Laskuri on värikoodattu käyttäjäystävälliseksi ja laskentasolut, johon ei ole asiaa, on lukittu. Työkaluun liitetään ominaisuus, jossa käyttäjällä on mahdollisuus lisätä erilliselle välilehdelle dataa, jos markkinoille tulee uusi valmistaja tai halutaan täydentää saman valmistajan komponentti valikoimaa ja arvoja. Ominaisuudella pyritään siihen, että työkalu on käyttökelpoinen myös tulevaisuudessa.

## 5.3 Työkalun käyttö

Työkalun käyttöä sujuvoittamaan, laskurin viereen sijoitetaan käyttöohjeet. Käyttöohjeet menevät seuraavasti:

1. Valitaan laskettava haara
2. Alasvetovalikosta valitaan komponentin valmistaja

3. Toisesta valikosta valitaan valmistajan tuote
4. Kolmannesta valikosta valitaan tuotteen malli
5. Komponenteista on mahdollista määrittää kpl määrä ja kaapeli pituus
6. Tulosta laskelma ja siirry seuraavaan laskettavaan haaraan

Näiden tietojen perusteella laskentatyökalu laskee antenniverkon vaimennuksen ja vertaa lukemia Viestintäviraston määräyksen 65 D/2019 M vaatimukseen.

#### **5.4 Toiminta käytännössä**

Ohjelman käyttöä testataan antamalla sille tiedot suunnitellusta yhteisantennijärjestelmästä. Esimerkkikohteena toimii uudiskohde Turun Iso-Heikkilässä. Kohteen tiedot:

- Kaapelina Draka Tellu 13 pistekaapeli
- Pisin haara 40 metriä, lyhin haara 10 metriä
- Haarassa on 3 kpl jaottimia
- Jako-2, jako-3 sekä jako-6
- Kotijakamossa on haaroitin 3:een.
- Haaran lopussa päättyvä antennirasia
- Laskelmassa käytetään Laatuantennin komponentteja

Syötetään tiedot laskentatyökalulle molemmista haaroista (liite 1–2). Laskurin mukaan esimerkkikohteen yhteisantenniverkon järjestelmäarvot ovat Viestintäviraston määräyksen 65 D/2019 M mukaisia. Suunnittelija säästää aikaansa käyttämällä laskuria, sillä hänen ei tarvitse etsiä komponenttien vaimennustietoja valmistajien sivuilta eikä laskea käsin kohdan 4.6 tai ST-käsikirjan 12 (2017, 129) tavan mukaan.



## 6 VIESTINTÄVIRASTON MÄÄRÄYS 65

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom, on laatinut kiinteistöjen sisäverkkoa koskevan määräyksen 65. Määräyksen ensimmäinen versio on tullut voimaan 2013. Määräys korvasi kiinteistöjen sisäverkkoja koskevat määräykset 21 E/2007 M sekä 25 E/2008 M, joita noudatettiin ennen 65/2013 M voimaantuloa. Määräystä on revisioitu, kun Viestintävirasto on nähnyt tämän tarpeelliseksi. Nykyinen voimassa oleva määräys 65 on revisio D, joka astui voimaan 2019 kumoten edellisen. Nykyinen määräys perustuu lakiin sähköisen viestinnän palveluista (917/2014). (Sant.fi; MPS 65 D/2019 M, 6–9.) Määräyksen revisiohistoria nähdään taulukosta 4 tarkemmin.

TAULUKKO 4. Määräyksen historia (MPS 65 D/2019 M, 6–9.)

Revisio	Voimaantulovuosi
M 65	2013
M 65 A	2014
M 65 B	2016
M 65 C	2018
M 65 D	2019

### 6.1 Määräyksen muutokset

Tekniikan kehittymisen myötä määräystä on päivitetty. Nykyisen määräyksen 65 D/2019 M merkittävimmät muutokset ovat edelliseen määräykseen 65 C/2018 M verrattuna:

- Verkon toteutusvaihtoehtoja kiinteistön sisällä on laajennettu
- Kotijakamossa sijaitsevan haaroittimen eristämistä on tarkennettu
- Verkossa käytettävien passiivisten komponenttien ylärajaa nostettiin 1000 MHz -> 1218 MHz.

Olennaisin muutos määräyksessä oli ylärajataajuuden nostaminen. Sen nostaminen yllätti alan komponentti valmistajat, konsultit ja urakoitsijat. Ylärajan noustessa komponentti valmistajat joutuivat nopeasti reagoimaan siihen sillä markkinoilla ei ollut vaatimuksia täyttäviä CATV-komponentteja. (Suikkanen P. 2020.)

Traficom perusteli ylärajataajuuden nostamisen nopeiden laajakaistapalveluiden uusien tarpeiden takia. Kaapelioperaattorit ovat päivittäneet kaapelilaajakaistaverkkojaan Docsis 3.1-standardin mukaisiksi. Standardin käyttöönotto mahdollistaa parempien yhteyksien tarjonnan kaapelitelevisioverkossa, mutta edellyttää samalla antenniverkkojen ylärajataajuuden nostoa 1218 MHz:iin. (Suikkanen P. 2020; Traficom muistio antenniverkon ylärajataajuuden nostosta 2020, 1.)

## 6.2 Verkon tulevaisuus ja tuleva määräys

Kuparikaapeloinnin syrjäyttäminen valokuitukaapeloinnilla sisäverkoissa on ehdotettu eri tahojen toimesta Traficomille. Viraston viestintäasiantuntijan Harle J. (2017) mukaan kuparikaapeloinnilla on vankka asema tulevaisuudessa. Kuparikaapelointi turvaa palvelujen saatavuuden alueilla, joissa kuitu kotiin-liittymiä ei ole mahdollista toteuttaa. Kuituliittymät sidotaan teleyrityksien paikalliseen tarjontaan, jolloin rajapinta teleyrityksien ja kiinteistöjen välillä on talojakamossa. Rajapinnan siirtäminen huoneistojakamoihin ei ole pitkäjänteinen ratkaisu, sillä kiinteistöjen tarjoamat sisäverkkopalvelut ovat teleyrityksistä riippuvaisia.

Virastolle on esitetty määräyksen vaatimusten tarkentamista passiivikomponenttien laatuluokittelun osalta. Nykyisten 1000 MHz yhteisantenniverkkojen passiivikomponenteissa on käytetty laatuluokkaa 2 vaimennuksien osalta. Virasto on nähnyt riskinä, että jatkossa 5–1218 MHz antenniverkkoihin käytetään SMATV-komponentteja niiden edullisuuden vuoksi. SMATV-komponentit ovat laatuluokkaa 3 eivätkä tue uutta Docsis 3.1 standardia, jota käytetään nykyisissä antenniverkoissa. (Traficom muistio antenniverkon ylärajataajuuden nostosta 2020, 1.)

Nykyinen sisäverkkomääräys 65 D/2019M viittaa standardiin SFS-EN 60728-4, joka sisältää laatuluokat 1–3, mutta määräys ei aseta vaatimuksia mitä laatuluokkaa käytetään yhteisantenniverkossa. Määräyksen mukaan antenniverkko täyttää vaatimukset, jos käytetään laatuluokkaa 1. Virasto mahdollisesti tarkentaa passiivisten komponenttien laatuluokkaa seuraavassa määräyksessä. (Traficom muistio antenniverkon ylärajataajuuden nostosta 2020, 1.)

VHF-taajuudella ei ole enää ohjelmistoja. Määräyksestä 65 tullaan poistamaan VHF-antenneihin ja tähän taajuusalueeseen liittyvät vaatimukset seuraavan määräyspäivityksen yhteydessä. (Traficom muistio antenniverkon ylärajataajuuden nostosta 2020, 5.)

Digita Oy, joka hallinnoi Suomen maanpäällisten verkkojen lähetyksiä kehittää antenniverkon toimintaa jatkuvasti, jotta kuluttajille saadaan palveluita mahdollisimman helposti ja laajasti. Digita on ottanut testaukseen uutta lähetysteknologiaa pääkaupunkiseudulla, 5G-broadcasting. Tekniikka mahdollistaa lähetyksien vastaanoton 5G-verkossa. 5G-broadcasting on 2020 vuoden lopulla standardisoitu jakelustandardiksi. Yhtiön mukaan uusi jakelustandardi mahdollistaa mediayhtiöille luotettavan tv-jakelun verkkojen kaistantarpeen kasvaessa ja kuvanlaadun parantuessa 4K/8K-tasoisiksi. Standardin mukaan 5G-broadcasting vaatii kuluttajalta päätelaitteen, jossa on 5G-radiotaajuusvastaanotin. Nykyisellä DVB-T2 järjestelmällä on vielä vahva asema jakelustandardina. (ETSI TS 103 720, 2020 35; Digita.fi 2021.)

## 7 POHDINTA

Opinnäytetyössä perehdyttiin yhteisantenniverkon rakenteeseen, komponentteihin, järjestelmäarvoihin sekä antenniverkkoa koskeviin määräyksiin. Suunnittelija laatii yhteisantenniverkosta seuraavat dokumentit: sähköselostus, asema- ja tasopiirustukset ja järjestelmäkaavio. Suunnittelijan on myös todettava suunnitellessa antenniverkon toimintavarmuuden laskemalla passiivisten komponenttien aiheuttamat vaimennukset.

Tämän selvitystyön myötä tehty Excel-laskentatyökalu yhteisantenniverkon vaimennuksien laskemiseen otettiin Sitowise Oy konsernille käyttöön malliasiakirjoihin, joita suunnittelijat käyttävät projekteissaan. Suunnittelijat säästävät työkalun avulla arvokasta työaika, sillä heidän ei tarvitse etsiä komponenttien vaimennusarvoja valmistajien sivuilta eikä laskea käsin antennirasioden signaalitasoa.

Viestintäviraston asiantuntijan mukaan kuparikaapeloinnilla on vahva asema antenniverkon tulevaisuudessa palvelujen turvaamiseksi kuluttajille. Täten voidaan olettaa, että tulevat määräykset pohjautuvat vielä kuparikaapelointiin. Tuleva määräys tulee mahdollisesti määrittelemään, mitä laatuluokkaa käytetään antenniverkossa, mutta tämä ei tule vaikuttamaan laaditun Excel-laskentatyökalun toimintaan.

Uuden tekniikan kehittyessä, kuvanlaadun parantuessa ja jakelustandardien lisääntyessä, tulevaisuudessa verkon infrastruktuuri saattaa hyvinkin muuttua. Jatkotutkimukselle on tarvetta, kun uuden jakelustandardin käyttö maanlaajuisesti on ajankohtaista. Excel-laskentatyökalun kehittämisehdotuksiin lisätään mahdollinen vahvistimen lähtötason taajuuskohtainen säätö.

## LÄHTEET

Digita 5G-broadcasting. Verkkosivu. Digita Oy. Luettu 14.3.2021. Saatavissa: <https://digita.fi>

ETSI TS 103 720. 2020 5G Broadcast System for linear TV and radio services; LTE-based 5G terrestrial broadcast system. Sophia Antipolis Cedex: ETSI. Luettu 1.4.2021. [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/103700\\_103799/103720/01.01.01\\_60/ts\\_103720v010101p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/103700_103799/103720/01.01.01_60/ts_103720v010101p.pdf)

Harle J. Viestintäviraston viestintäverkkoasiantuntija. 2017. Ylen haastattelu 15.11.2017. Haastattelija Pitkänen P. YLE <https://yle.fi/uutiset/3-9925548>

Ikonen, A. 2009 Teräväpiirtotelevisio. Raisio: Telestory.

65 D/ 2019 M. Määräys kiinteistön sisäisestä yhteisantenniverkosta ja –järjestelmästä. Viestintävirasto. Luettu 05.12.2020. Saatavissa: <https://www.traficom.fi/fi/sisaverkot>

MPS 65 D/2019 M. Määräyksen 65 perustelut ja soveltaminen, määräys kiinteistön sisäisestä yhteisantenniverkosta ja järjestelmästä. Viestintävirasto. Luettu 05.12.2020. Saatavissa: <https://www.traficom.fi/fi/sisaverkot>

Naskali V. & Suikkanen P. 2004. Antennijärjestelmät ja valmistautuminen digiaikaan. Porvoo: WSOY.

SANT ry. 2020. Pientalon antenniopas. Verkkojulkaisu. Luettu 13.12.2020. Saatavissa: <http://sant.fi/doc/oppaat/Antenniopas.pdf>

Satelliitti- ja antenniliitto. Verkkosivu. SANT ry Luettu 15.3.2021. Saatavissa: <https://sant.fi/>

SFS EN 60728-1. 2014. Cable networks for television signals, sound signals and interactive services - Part 1: System performance. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 8.2.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

ST-käsikirja 12 Antennijärjestelmät. 2017. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 621.10 Yhteisantennijärjestelmät, tekninen suunnitteluohje. 2019. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 621.11 Yhteisantennijärjestelmät tekniikka. 2020. Espoo: Sähköinfo Oy.

Suikkanen P. opettaja. 2020. Haastattelu 02.12.2020. Haastattelija Huskic N. Tampereen ammattikorkeakoulu

Sähköinfo ST-kortisto ja tietokansiot. Verkkosivu. Sähköinfo. Viitattu 14.12.2020.  
Saatavissa: <https://severi.sahkoinfo.fi/>

Traficom 2020. Muistio antenniverkon taajuusalueen ylärajan nostosta ja suositus käytettävistä passiivikomponenteista. Julkaisematon. Opinnäytetyöntekijän hallussa.

## LIITTEET

Liite 1. Excel-laskentatyökalun lyhimmän haaran laskelma

Lounais-Suomi		TYÖNUMERO: <työnro>		YHTEISANTENNIVERKON VAIMENNUSLASKELMA			
Eerikinkatu 2, 20100 Turku		<kohdetieto 1>		Julkaisupäivämäärä: <pvm>			
☎ +358 (0) 20 747 6000		<kohdetieto 2>		Tekijä: <nimi>			
www.sitowise.com		<kohteen osoite>		Haara: <Pisin/Lyhin>			
Laskelmat ovat suuntaa antavia. Antenniurakoitsijan on tarkistettava kaavion ja laskelman toteutuskelpoisuus							
Vahvistimen oletettu lähtötaso L [dBμV] : 100		Signaalin tasoeron yläraja antennirasialla [dB] : 15		Vaimennuksen alaraja alueella 47 MHz [dB] : 26			
Signaalitason alaraja antennirasialla [dBμV] : 54		Vaimennuksen yläraja alueella 1000 MHz [dB] : 45		Vaimennuksen yläraja alueella 1218 MHz [dB] : -			
Signaalitason yläraja antennirasialla [dBμV] : 74							
Komponentti	Tunnus	Valmistaja	Tuote	Tyyppi	Määrä [kpl]	Kaapelipituus [m]	Vaimennus [dB] alueella: 47 MHz 1000 MHz 1218 MHz
Vahvistin	VA1						
Kaapelit	KA1	Draka	Pistekaapeli	Tellu 13	-	10	0,42 2,08 2,31
	KA2	-	-	-	-	0	
	KA3	-	-	-	-	0	
	KA4	-	-	-	-	0	
	KA5	-	-	-	-	0	
	KA6	-	-	-	-	0	
Jaottimet	JA1	Laatuantenni	Jako-2	LAJ2 1G3	1	-	3,3 3,7 4
	JA2	Laatuantenni	Jako-3	LAJ3 1G3	1	-	5,2 5,8 6,2
	JA3	Laatuantenni	Jako-6	LAJ6 1G3	1	-	8,6 10,4 10,4
	JA4	-	-	-	1	-	
Haaroin	HA1	Laatuantenni	Haaroin-4	LAH 4-12PE 1G3	1	-	12 12 12
Antennipistorasia	PR1	Laatuantenni	5-1300MHz	LARS 3.1	1	-	1 1 1
Haaran vaimennus [dB] :				30,52		34,98 35,91	
Rasijännite [dBμV] :				69,48		65,02 64,09	
Vaimennusvara [dB] :				4,52		10,02 9,09	
Tasoero [dB] :				4,46		0,93	
Tasoerovara [dB] :				10,54		14,07	

## Liite 2. Excel-laskentatyökalun pisimmän haaran laskelma

Lounais-Suomi		TYÖNUMERO: <työnro>		YHTEISANTENNIVERKON VAIMENNUSLASKELMA			
Eerikinkatu 2, 20100 Turku		<kohdetieto 1>		Julkaisupäivämäärä: <pvm>			
+358 (0) 20 747 6000		<kohdetieto 2>		Tekijä: <nimi>			
<a href="http://www.sitowise.com">www.sitowise.com</a>		<kohteen osoite>		Haara: <Pisin/Lyhin>			
Laskelmat ovat suuntaa antavia. Antenniurakoitsijan on tarkistettava kaavion ja laskelman toteutuskelpoisuus							
Vahvistimen oletettu lähtötaso L [dBμV] :		100		Vaimennuksen alaraja alueella 47 MHz [dB] :			
Signaalitason alaraja antennirasialla [dBμV] :		54		15			
Signaalitason yläraja antennirasialla [dBμV] :		74		Vaimennuksen yläraja alueella 1000 MHz [dB] :			
Signaalitason yläraja antennirasialla [dBμV] :				Vaimennuksen yläraja alueella 1218 MHz [dB] :			
Komponentti	Tunnus	Valmistaja	Tuote	Tyyppi	Määrä [kpl]	Kaapelipituus [m]	Vaimennus [dB] alueella: 47 MHz 1000 MHz 1218 MHz
Vahvistin	VA1						
Kaapelit	KA1	Draka	Pistekaapeli	Tellu 13	-	40	1,68 8,32 9,24
	KA2	-	-	-	-	0	
	KA3	-	-	-	-	0	
	KA4	-	-	-	-	0	
	KA5	-	-	-	-	0	
	KA6	-	-	-	-	0	
Jaottimet	JA1	Laatuantenni	Jako-2	LAJ2 1G3	1	-	3,3 3,7 4
	JA2	Laatuantenni	Jako-3	LAJ3 1G3	1	-	5,2 5,8 6,2
	JA3	Laatuantenni	Jako-6	LAJ6 1G3	1	-	8,6 10,4 10,4
	JA4	-	-	-	-	1	
Haaroitin	HA1	Laatuantenni	Haaroitin-4	LAH 4-12PE 1G3	1	-	12 12 12
Antennipistorasia	PR1	Laatuantenni	5-1300MHz	LARS 3.1	1	-	1 1 1
Haaran vaimennus [dB] :				31,78	41,22	42,84	
Rasijännite [dBμV] :				68,22	58,78	57,16	
Vaimennusvara [dB] :				5,78	3,78	2,16	
Tasoero [dB] :				9,44	1,62		
Tasoerovara [dB] :				5,56	13,38		