

Antenniverkon selvitys ja mittaus

Juho Pirttinen

Opinnäytetyö

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Juho Pirttinen	
Työn nimi Antenniverkon selvitys ja mittaus	
Päiväys 20.9.2012	Sivumäärä/Liitteet 56/13
Ohjaaja(t) Lehtori Heikki Laininen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Kiites Oy, Jyväskylä	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Viestintävirasto on antanut yhteisantenniverkkoja koskevan määräyksen joka asettaa vaatimuksia yhteisantenniverkoille. Niiltä osin kuin määräys velvoittaa on asennukset ja mittaukset tehtävä standardien mukaan ja käytettyjen komponenttien on oltava standardien mukaisia. Suomen standardoimisliitto SFS on julkaissut standardeja joihin määräyksessä viitataan. Sähkötieto ry on julkaissut ohjeistuksia jotka opastavat ja antavat tietoa standardien ja määräysten mukaisiin toimintatapoihin ja ratkaisuihin. Opinnäytetyön toteutuksessa hyödynnettiin laajasti edellä mainittujen toimijoiden julkaisuja.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kiinteistöjen antenniverkkojen eli yhteisantenniverkkojen standardien ja määräyksen mukaiset rakenteet ja käytettävät komponentit sekä verkolle käyttöönottoaiheessa suoritettavat tarkastukset ja mittaukset. Lisäksi työssä selvitettiin, mitä signaaleja yhteisantenniverkossa välitetään. Tavoitteena oli laatia toimeksiantajayritykselle antenniverkkojen tarkastuksiin ja mittauksiin sopiva tarkastuspöytäkirja, mittauspöytäkirja ja mittausohje. Yritykselle hankittiin myös uusi mittalaitteisto selvitystyön pohjalta. Mittalaitteilla suoritettiin käytännön kohteessa mittaukset viestintäviraston vaatimusten mukaisesti.</p> <p>Mittalaitteiden hankintaa varten vertailtiin eri valmistajien mittalaitemalleja ja niiden ominaisuuksia. Määräyksestä ja Sähkötiedon oppaista ja ohjeista poimittiin oleelliset tiedot mittausohjeisiin ja niiden avulla tehtiin myös mittauspöytäkirja.</p> <p>Työn tuloksena opinnäytetyössä kuvattiin antenniverkon keskeiset rakenteet ja komponentit kattavasti sekä selvitettiin määräykset ja suoritettavien mittausten vaatimukset. Työssä toteutettuja asiakirjoja voidaan käyttää hyödyksi yrityksen tulevissa antenniverkkojen tarkastuksissa ja mittauksissa.</p>	
Avainsanat yhteisantenniverkko, mittaukset, tarkastukset	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Juho Pirttinen			
Title of Thesis Description and Measuring of Antenna Network			
Date	20 September 2012	Pages/Appendices	56/13
Supervisor(s) Mr Heikki Laininen, Lecturer			
Client Organisation /Partners Kiites Oy Jyväskylä			
<p>Abstract</p> <p>The Finnish Communications Regulatory Authority has given a regulation which sets requirements for the master antenna network. Installations and measurements have to be done according to the standards and used components have to be according to the standards. The Finnish Standards Association SFS has published standards that are referred to in the regulations. Sähkötieto registered association has published instructions which guide and provide information on the standards and regulations in accordance with procedures and solutions. In the realisation of the thesis the above-mentioned publications were widely utilised.</p> <p>The objective of this thesis was to examine the structures, used components, inspections and measurements of master antenna networks in accordance with standards and regulations. It was also studied what signals are transmitted in the antenna network. An inspection protocol, a measurement record and a measurement guide was formed for the client company to be used in the inspections and measurements of the antenna networks. Also new measurement equipment was purchased for the client company on the basis of the study. The measurement equipment was used for the measurements in the target according to the regulations of the Finnish Communications Regulatory Authority.</p> <p>For the purchase of measurement equipment models features and functions of different manufacturers were compared. Most relevant information was collected from the regulations and instructions they and used in the forming of inspection protocol, measurement record and measurement guide.</p> <p>As a result of this thesis the essential structures and components of the antenna network were described inclusively and the regulations together with the requirements of the executable measurements were examined. The implemented documents of this thesis can be used in the company's future inspections and measurements of antenna networks.</p>			
<p>Keywords master antenna network, measurements, inspections</p>			

ESIPUHE

Opinnäytetyö tehtiin jyvaskyläläiselle Kiites Oy:lle.

Kiitokset Kiites Oy:lle ja erityisesti toimitusjohtaja Tero Tiihoselle mielenkiintoisesta opinnäytetyöstä sekä saamastani työkokemuksesta vuosien ajalta. Kiitokset myös lehtori Heikki Lainiselle opinnäytetyön ohjauksesta.

Jyväskylässä 20.9.2012

Juho Pirttinen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	8
2	YHTEISANTENNIVERKKOJA KOSKEVAT MÄÄRÄYKSET, STANDARDIT JA OHJEET ..9	
2.1	Viestintäviraston määräykset.....	9
2.2	Standardit	9
2.3	Ohjeistukset	9
3	YHTEISANTENNIVERKON YLEINEN RAKENNE JA KOMPONENTIT.....	11
3.1	Yhteisantenniverkon rakenne	11
3.1.1	Tähti 800 ja Tähti 2000.....	12
3.1.2	Yhteisantennijärjestelmän potentiaalintaus	13
3.2	Komponentit.....	13
3.2.1	Antennit.....	14
3.2.2	Satelliittivälitaajuusjakelun laitteet.....	19
3.2.3	Vahvistimet.....	21
3.2.4	Passiiviset komponentit.....	23
4	SIGNAALIT JA SIGNAALITASOT	29
4.1	Antennijärjestelmissä välitettävät signaalit.....	29
4.1.1	DVB-T ja DVB-T2.....	29
4.1.2	DVB-C ja DVB-C2.....	30
4.1.3	DVB-S ja DVB-S2.....	30
4.1.4	Analoginen radio	31
4.1.5	Kaapeli-tv:n paluusuunta.....	31
4.2	Signaalitasot ja laadut	31
4.2.1	MER ja BER.....	32
4.2.2	Konstellaatiokuva.....	32
4.2.3	S/N ja C/N	34
4.2.4	Vahvistimen tulo- ja lähtötaso ja laatu.....	34
4.2.5	Antennirasian signaalitaso ja laatu	35
5	YHTEISANTENNIVERKON KÄYTTÖÖNOTTO JA MITTAUKSET	37
5.1	Lopputarkastus ja mittaus.....	37
5.1.1	Tarkastus.....	37
5.1.2	Mittaukset.....	39
5.2	Antennimaston lujuuslaskelma	43
5.3	Kaaviot ja piirustukset	43
6	TYÖN TOTEUTUS	44

6.1 Tarkastuspöytäkirjapohjan laatiminen.....	44
6.2 Mittalaitteiden hankinta.....	44
6.2.1 Selvitystyö.....	44
6.2.2 Mittalaitteiden vertailu	45
6.2.3 Hankitut laitteet	46
6.3 Mittausohjeen laatiminen	48
6.4 Käyttöönottotarkastus ja mittaus.....	48
6.4.1 Verkon vaimenemat	49
6.4.2 Vahvistimien säädöt	51
6.4.3 Signaalitasot ja laadut	52
7 YHTEENVETO	54
LÄHTEET	55

LIITTEET

- Liite 1 Yhteisantenniverkon tarkastuspöytäkirja
- Liite 2 Yhteisantenniverkon mittausohje
- Liite 3 Vapaudenkatu 40–42 tarkastuspöytäkirja

1 JOHDANTO

Yhteisantenniverkkoa käytetään erilaisten signaalien välittämiseen kiinteistöissä. Yhteisantenniverkolle on annettu määräyksiä, vaatimuksia ja suosituksia. Määräykset määräävät kiinteistön yhteisantennijärjestelmän suunnittelun, rakentamisen, ylläpidon tekniset vaatimukset sekä niitä koskevien dokumenttien vaatimukset. Lisäksi määräykset määrittävät myös, että verkkojen on oltava kaikilta osin standardien mukaisia. Standardit määrittävät myös käytettyjen komponenttien vaatimukset ja antavat verkon suorituskyvylle ja ominaisuuksille vaatimukset. Standardien pohjalta on laadittu ohjeistuksia helpottamaan työskentelyä, verkon suunnittelua, asennusta, huoltoa ja kunnossapitoa.

Opinnäytetyössä perehdytään yhteisantenniverkkoja koskeviin määräyksiin ja standardeihin sekä ohjeistuksiin. Työssä perehdytään yhteisantenniverkon rakenteisiin ja komponentteihin lisäksi millaisia signaaleita verkossa välitetään ja miten ne vaimenevat verkon eri komponenteissa ja toisaalta kuinka niitä voidaan vahvistaa. Antenniverkolle vaaditaan tehtäväksi käyttöönottovaiheessa erilaisia tarkastusmittauksia. Työssä selvitetään, millä laajuudella ja mitä mittauksia verkolle on tehtävä sekä mitkä ovat vaaditut raja-arvot kyseisissä mittauksissa.

Opinnäytetyö tehdään Kiites Oy:lle, joka on jyvaskyläläinen sähköurakointiliike. Opinnäytetyössä laaditaan Kiites Oy:lle yrityksen dokumentaation ulkoasun ja määräyksi-en vaatimukset täyttävä uusi tarkastus- ja mittauspöytäkirja yhteisantenniverkon tarkastusmittauksiin. Työssä selvitetään, millaisia mittalaitteita tarvitaan ja ne myös hankitaan yritykselle. Vaadituista mittauksista tehdään asentajien tueksi mittausohje, helpottamaan suoritettavia mittauksia. Opinnäytetyössä tehtyjä dokumentteja ja uusia mittalaitteita käytetään yhteisantennijärjestelmän käyttöönottomittauksessa käytännön kohteessa.

Viestintävirasto on antanut yhteisantenniverkkoja koskevan määräyksen, joka asettaa vaatimuksia yhteisantenniverkoille. Suomen standardoimisliitto SFS on julkaissut standardeja, joihin määräyksessä viitataan. Sähkötieto ry on julkaissut ohjeistuksia, jotka opastavat ja antavat tietoa standardien ja määräysten mukaisiin toimintatapoihin ja ratkaisuihin.

2 YHTEISANTENNIVERKKOJA KOSKEVAT MÄÄRÄYKSET, STANDARDIT JA OHJEET

2.1 Viestintäviraston määräykset

Yhteisantenniverkolla tarkoitetaan yleisesti vähintään kaksi huoneistoa käsittävän kiinteistön sisäistä viestintäverkkoa, jota käytetään signaalien välittämiseen kaapelitelevisioverkosta tai antenneilta käyttäjän vastaanottiin (21 E/2007 M, 1).

Viestintävirasto on määrännyt viestintämarkkinalain nojalla määräyksen kiinteistön sisäisestä yhteisantenniverkosta ja järjestelmästä. Määräyksessä määrätään kiinteistön sisäisten yhteisantennijärjestelmien ja kaapeleilla toteutettujen yhteisantenniverkkojen sekä niiden tarvitsemien tilojen suunnittelun, rakentamisen ja ylläpidon teknisistä vaatimuksista sekä niitä koskevien asiakirjojen vaatimuksista. (21 E/2007 M, 1.)

Viestintäviraston määräykselle 21E/2007 M on annettu erillinen määräyksen perustelu ja soveltamisohjeet Viestintävirasto MPS 21. Viestintäviraston MPS 21:ssä on yhteisantenniverkkoja koskevien standardien ja ohjeiden luettelo, joihin määräyksessä viitataan. Niiltä osin kuin määräys 21E/2007 velvoittaa, on yhteisantenniverkkoihin liittyvät asennukset ja mittaukset tehtävä standardien mukaan ja käytettyjen komponenttien oltava standardien mukaisia. (MPS 21 2008, 7.)

2.2 Standardit

Suomen standardisoimisliitto SFS on julkaissut standardeja, jotka koskevat yhteisantenniverkkoja. Standardit koskevat kaapeleiden, kytkentöjen, rakenneosien, suorituskyvyn, maadoitusten, potentiaalintasauksen, järjestelmän ja komponenttien häiriösaateilyn vaatimuksia. (MPS 21 2008, 7.)

2.3 Ohjeistukset

Viestintäviraston MPS 21:ssä esitetään dokumentit, jotka antavat määräykseen liittyvää lisätietoa. Lisätietoa antavat mm. Sähkötieto ry:n julkaisut. Sähkötieto ry on julkaissut antennijärjestelmiä koskevia ST-kortteja eli sähkötietokortteja sekä ST-käsikirjan 12. St-korteissa ja -käsikirjassa käsitellään yhteisantenniverkon rakenneratkaisut, käytetyt tekniikat, suorituskyky sekä verkon ja signaalien vaatimukset niitä velvoittavien standardien mukaisesti. (MPS 21 2008, 8.) ST-kortit opastavat ja anta-

vat tietoa standardien ja määräysten mukaisiin toimintatapoihin ja ratkaisuihin. (Sähköinfo ST-kortisto ja tietokansiot 2012.)

St-korteista vaatimukset ovat helpommin löydettävissä ja ne ovat myös helpommin saatavissa kuin standardit. Tästä syystä tässä työssä esitettyjen verkkoon ja verkon suorituskykyyn liittyvien lukujen lähteinä on käytetty St-kortteja ja -käsikirjaa.

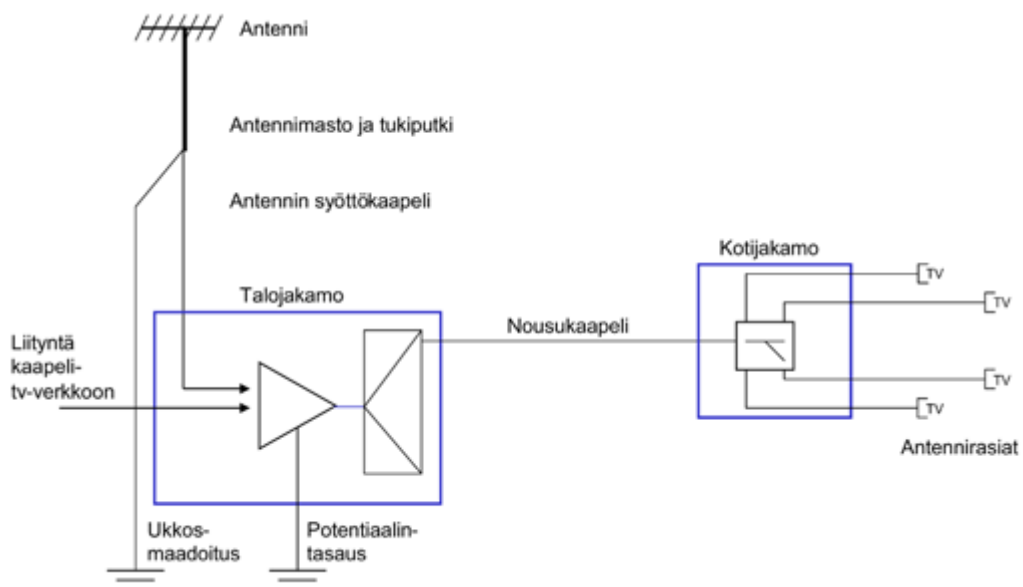
3 YHTEISANTENNIVERKON YLEINEN RAKENNE JA KOMPONENTIT

3.1 Yhteisantenniverkon rakenne

Yhteisantenniverkko jakautuu jakoverkkoon ja huoneistoverkkoon, jotka yhdessä muodostavat passiivisen jakoverkon. Jakoverkko on rakenteeltaan tähtimäinen, eli jakoverkossa on tähtipiste, josta jokaiseen huoneistoon viedään yksi kaapeli huoneiston tähtipisteeseen. Huoneistoverkko on myös tähtiverkko, eli kaikille antennirasioille viedään oma kaapelinsa. (ST-Käsikirja 12 2008, 24 - 25.)

Passiivista jakoverkkoa syöttää päävahvistin. Jos verkkoon kuuluu enemmän kuin 25–30 huoneistoa, jaetaan jakoverkko useampaan passiiviseen jakoverkkoon, joista jokaista syöttää oma vahvistimensa. (ST-Käsikirja 12 2008, 25.)

Kuviossa 1 on esitetty antenniverkon yleinen rakenne. Kuvan esimerkkiverkko koostuu antennista ja sen maadoituksista tai kaapeli-tv-liitynnästä, talojakamon laitteista kuten vahvistimesta ja jaottimilla toteutetusta tähtipisteestä sekä potentiaalintasauksesta. Talojakamolta viedään nousukaapeli kotijakamolle, jonka haaroittimilla toteutettuun tähtipisteeseen liittyvät huoneistoverkon kaapelit, jotka on liitetty huoneiden antennirasioihin.



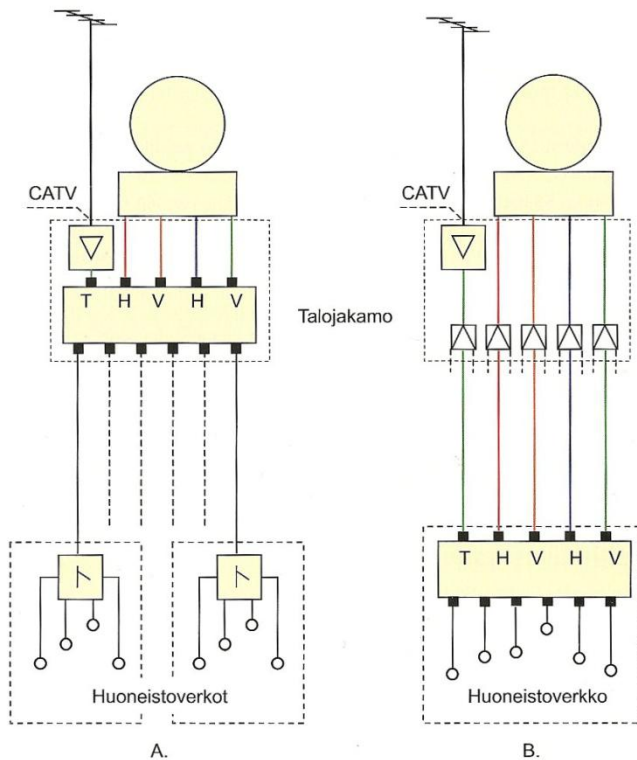
KUVIO 1. Antennijärjestelmän tähtiverkon periaate. (ST-Käsikirja 12 2008, 15)

3.1.1 Tähti 800 ja Tähti 2000

Tähti 800 ja Tähti 2000 kertovat mille taajuusalueelle jakoverkko on mitoitettu. Tähti 800 -verkko on mitoitettu taajuusalueelle 5 - 862 MHz ja Tähti 2000 taajuusalueelle 5 - 2150 MHz. Verkon rakenneosat on valittava suunnitellun taajuusalueen mukaan. (ST-Käsikirja 12 2008, 206.)

Tähti 800 -verkko mahdollistaa kaikkien kaapeli-tv-verkonpalveluiden tai antenniverkonpalveluiden, jotka vastaanotetaan kiinteistön omilla antennilla, välittämisen yhteisantenniverkossa. (ST-Käsikirja 12 2008, 206.)

Tähti 2000 -verkko mahdollistaa satelliittipalvelujen välittämisen yhteisantenniverkossa taajuusalueella 950–2150 MHz (ST-Käsikirja 12 2008, 206). Kuviossa 2 on esitetty välitystapoja satelliittivälitaajuuden suorajakelulle. A-vaihtoehdossa tarvittava monivälityskytin on sijoitettu talojakamoon, jolloin se toimii tähtipisteenä. B-vaihtoehdossa kytkin sijaitsee huoneiston tähtipisteessä mahdollistaen kaikkien palvelujen samanaikaisen käytön, esimerkiksi useamman satelliittivastaanottimen käyttämisen yhtä aikaa. Järjestelmään on liitetty myös maanpäällisen verkon lähetyksen vastaanoton antenni, mikä mahdollistaa myös kyseisten kanavien katsomisen. (Naskali & Suikkanen 2004, 134.)



KUVIO 2. Satelliittipalvelujen suorajakelun välitystapoja, jolloin käytössä verkon rakenne on Tähti 2000. (Naskali & Suikkanen 2004, 134.)

3.1.2 Yhteisantennijärjestelmän potentiaalintasaus

Potentiaalintasauksella vähennetään laitteiden sähköeristyksiä rasittavien potentiaalierojen vaikutuksia. Sähköeristyksen vaurioituessa antennijärjestelmä tulee jännitteelliseksi, mistä voi aiheutua vaaraa. Vastaanotinlaitteet saattavat vuotaa antenniverkkoon vuotovirtaa. Yksittäisen laitteen vuotovirta on vaaraton, mutta usean laitteen vuotovirtojen summautuessa voi vuotovirta nousta vaarallisen suureksi. Normaalitylanteessa potentiaalintasaus johtaa vuotovirran maahan. Tästä syystä antenniverkollle suoritetaan potentiaalintasaus. (ST 621.31 2010, 2 - 3.)

Potentiaalintasauksen periaatteena on kytkeä kaikki koaksiaalikaapelit samaan potentiaaliin. Koaksiaalikaapelit ovat yhteydessä eri laitekoteloiden runkoihin, joten potentiaalintasaus voidaan suorittaa yhdistämällä laiterungot potentiaalintasauskiskoon. Potentiaalintasaukseen käytetään vähintään 4 mm² eristettyä kelta-vihreää kupari-kaapelia. (ST 621.31 2010, 2.)

Antennijärjestelmän potentiaalintasaus suoritetaan yleensä talojakamon tähtipisteessä. Isoissa rakennuksissa käytetään usein porraskohtaisia vahvistimia. Jokaisen vahvistimen potentiaaleja ei ole kuitenkaan tarpeen tasata erikseen, vaan tasaus verkon yhdessä pisteessä riittää. Jos antennijärjestelmä käsittää useampia rakennuksia, suoritetaan potentiaalintasaus jokaisen rakennuksen tähtipisteessä erikseen. (ST 621.31 2010, 2.) Huoneistontähtipisteeseen ei asenneta potentiaalintasausta erikseen. Rakennneosat eivät myöskään saa maadoittua kotijakamon runkoon, vaan ne tulee eristää rungosta esimerkiksi muovilevyllä., mikä vähentää häiriöitä. (ST 605.02 2008, 13.)

3.2 Komponentit

Antennijärjestelmään asennettavien laitteiden ja komponenttien tulee olla laatuvaatimuksiltaan niitä koskevien standardien mukaisia. Joillekin komponenteille on useita laatuluokkia, jolloin on määriteltävä, mitä laatuluokkaa käytetään. (ST-Käsikirja 12 2008, 31.)

3.2.1 Antennit

Antennin tehtävä on vastaanottaa signaalia ilmassa vapaasti etenevistä radioaalloista. Antennilta signaali siirretään antennikaapelia pitkin antennivahvistimelle. Yhteisantennitekniikassa käytettävän antennin rakenne on useimmissa tapauksissa yagityyppinen eli se koostuu dipolista, suuntaajaelementeistä ja takana olevista heijastinelementeistä. Suuntaajaelementit voivat olla myös x-mallisia jolloin kyseessä on x-elementtiantenni. Saatavilla on myös DAT-antenneita (kuva 2), joissa suuntaajaelementtejä on kolmessa päällekkäin sijoitetussa rungossa. Tällaisella rakenteella saadaan kasvatettua antennin suuntaavuutta vertikaalisessa suunnassa. (St-käsikirja 12 2008, 31 - 32.)

Antennin kykyä siepata radio-aaltoja tietyistä ilmansuunnasta kutsutaan vahvistukseksi. Yleensä antennin vahvistus ilmoitetaan verrattuna puolialtodipoliin eli antenniin jonka kokonaispituus on n . puolen aallon mittainen. Tällöin yksikkönä on dBd tai pelkästään dB, jota useimmiten käytetään antennitekniikassa. Vahvistus voidaan ilmoittaa myös ympärisäteilevään antenniin verrattuna, jolloin vahvistuksen yksikkö on dBi. Antennin koko vaikuttaa suoraan verrannollisesti antenninvahvistuksen suuruuteen, eli mitä suurempi antenni sitä suurempi on vahvistus. (St-käsikirja 12 2008, 33.) Taulukossa 1 on annettu yhteisantennikäytössä olevien antennien suositukset vahvistuksen minimiarvolle.

TAULUKKO 1. Yhteisantennikäytössä olevien antennien vahvistuksen minimiarvo suositukset. (St-käsikirja 12 2008, 33.)

Vastaanoton alue	Vahvistus / dB
VHF III	9
UHF IV/V	12
ULA-alue	3

Suomen ilmastolliset olosuhteet voivat aiheuttaa antennin huurtumisen, jolloin elementtien paksuus muuttuu aiheuttaen taajuusalueen siirtymistä alaspäin vaikeuttaen siten vastaanottoa. Laadukkaissa antenneissa huurtuminen on otettu huomioon. (St-käsikirja 12 2008, 34.)

Vahvistuksen lisäksi antenneille on annettu myös muita ominaisarvoja kuten sivukeilanvaimennus, etu-takasuhde, keilanleveys ja tuulikuorma. Antenneista on usein annettu myös graafinen esitys antenninsuuntakuviosta. (St-käsikirja 12 2008, 34.)

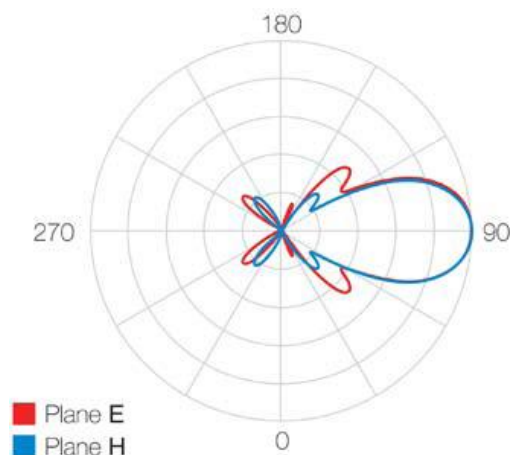
Sivukeilavaimennus tarkoittaa kuinka hyvin antenni vaimentaa sivultapäin tulevia heijastumia pääkeilaan verrattuna, eli se kertoo antennin suuntaavuudesta. Sivukeilavaimennus ilmoitetaan pääkeilan ja suurimman sivukeilan välisenä erotuksena dB:inä. (St-käsikirja 12 2008, 34.)

Etu-takasuhde tarkoittaa antennin kykyä vaimentaa suoraan ja vinosti takaapäin tulevia heijastumia. Etu-takasuhde on pääkeilan suunnasta $90\ldots 270^\circ$ olevan suurimman sivukeilan erotus dB:inä. (St-käsikirja 12 2008, 34.)

Keilanleveys on pääkeilanleveys asteissa niiden pisteiden välillä, joissa vahvistus on laskenut 3 dB verrattuna pääkeilan maksimiin. Keilanleveys ilmoitetaan sekä pysty-, että vaakatasossa. Keilanleveys riippuu antennin puomin pituudesta. Mitä pidempi puomi sitä kapeampi on keilanleveys. (St-käsikirja 12 2008, 34.) Vastaavasti keilanleveys vaikuttaa suoraan antennin vahvistukseen. Mitä suurempi vahvistus antennista halutaan, sitä kapeampi on oltava keilanleveys. (Ikonen 2009, 38.)

Antenniin vaikuttava vaakasuora voima joka vaikuttaa antennin kiinnityspisteeseen tietyllä tuulenpaineella, ilmoitetaan antennille kN:na. Antenniin kohdistuva tuulikuorma kasvaa antennin koon kasvaessa. (St-käsikirja 12 2008, 35)

Suuntakuviosta selviää graafisesti esitettynä sivukeilavaimennus, etu-takasuhde, keilanleveys. Suuntakuvion ulkoasu saattaa muuttua jonkin verran eri taajuuksilla vahvistuksen pysyessä suurin piirtein samana. (St-käsikirja 12 2008, s.35) Kuvassa 1 on esitetty antennin suuntakuvio, jossa pääkeila on suurin ja sen suunta on antennin puomin suuntainen. Pienemmät keilat eteenpäin ovat sivukeiloja ja taaksepäin taka-keiloja. Antennin vahvistus on esitetty graafisesti pääkeilan nollapisteestä sen uloimpaan pisteeseen.



KUVA 1. Antennin suuntakuvio. (ST-Käsikirja 12 2008, 35)

3.2.1.1 UHF- antenni

Nimensä mukaisesti UHF-antenni vastaanottaa UHF (Ultra High Frequency) -taajuusalueen radioaaltoja. Yleensä yhteisantennijärjestelmään riittää yksi UHF-antenni, jolloin se vastaanottaa UHF-alueet IV ja V eli kanavat 21 - 69 taajuuksilla 470–862 MHz. (ST-Käsikirja 12 2008 21–23.) UHF-antennilla voidaan vastaanottaa sekä peruskanavia, että teräväpiirtokanavia. (Pientalon antenniopas 2011, 12.)



KUVA 2. DAT-tyyppinen UHF-antenni. (ST-Käsikirja 12 2008, 32)

3.2.1.2 VHF- antenni

Yhteisantennijärjestelmissä käytettävä VHF-antenni vastaanottaa VHF III (Very High Frequency) -taajuusalueen radioaaltoja. Antenni vastaanottaa kanavat 5 - 12 taajuusalueella 174–230 MHz. (ST 621.11 2011, 2.) VHF-antennilla voidaan vastaanottaa sekä peruskanavia että teräväpiirtokanavia. Signaalimuoto on kuitenkin aina DVB-T2, joten vastaanotto vaatii DVB-T2 yhteensopivan vastaanottimen. (Pientalon antenniopas 2011, 6, 12.) Kuvassa 3 on esitetty VHF-alueen antenni.

DNA aloitti televisiolähetykset VHF-taajuuksilla vuonna 2010. (DNA Teräväpiirto-tv 2010). VHF-kanavilla ei ollut lähetetty televisiosignaalia sitten analogisen lähetyksen alasajon jälkeen.



KUVA 3. VHF-antenni. (Laatuantenni VHF III-antennit 2011, 1)

3.2.1.3 Logaritmisperiodinen antenni

Logaritmisperiodisella antennilla voidaan vastaanottaa sekä UHF että VHF signaaleita hyvissä vastaanotto-olosuhteissa lähellä lähetyksensä lähetysasemaa. Antennin vahvistus on 5–8 dB, joten sitä ei pieneen vahvistuksensa vuoksi käytetä yhteisantennijärjestelmissä. Antennin tunnistaa sen kolmiomaisesta suippenevasta muodosta. (Pientalonantenniopas 2011, 14.)

3.2.1.4 ULA-antenni

ULA-antenneilla vastaanotetaan valtakunnallisia ja paikallisia analogisia radiolähetyksiä taajuusalueella 87,5–108 MHz. Yhteisantennijärjestelmissä käytetään kaksi- tai kolme-elementtisiä ULA-antenneita. Kuvassa 4 on esitetty 2-elementtinen ULA-antenni. Valtakunnallisia kanavia varten asennetaan antenni vastaanottamaan vaakapolarisaatiota. (Laatu-antenni Ula-antennit 2011, 1; ST 621.11 2011, 2.)

Mikäli paikallisradiokanavat kuuluvat huonosti ilman antennia, asennetaan järjestelmään myös pystypolarisaatioantenni. Pystypolarisaatioantenni vaatii paljon tilaa antennimastosta, joten usein sille joudutaan asentamaan oma antennimastonsa. (Laatu-antenni Ula-antennit 2011, 1.)

Molempien polarisaatioiden vastaanottamiseksi samalla antennilla on olemassa Z-dipoliantenni. Sen vahvistus on kuitenkin melko vähäinen, joten se ei kaikissa tapauksissa ole riittävä. (Pientalon antenniopas 2011, 14)



KUVA 4. 2-elementtinen ULA-antenni. (Laatuantenni Ula-antennit 2011, 1)

3.2.1.5 Satelliittiantennit

Satelliittilähetyksiä vastaanotetaan heijastinantennilla, joka muodostuu paraboloidin muotoisesta heijastinosasta ja signaalin vastaanottavasta syötöstä. Heijastin kokoaa satelliittisignaalin heijastimen edessä olevalle syötölle. Yleisimmin käytetty antennityyppi on offset-tyyppinen antenni. Suomessa käytetään antenneja, joiden heijastimen halkaisija on 0,6 - 1,2 m. (ST-Käsikirja 12 2008, 37; Ikonen 2009, 82.)

Antenni voidaan varustaa myös toisella syötöllä eli sivusyötöllä antennin tyypin ja ominaisuuksien mukaan. Tällöin samalla antennilla voidaan vastaanottaa useamman satelliitin lähetykset. (ST-Käsikirja 12 2008, 36.)

Satelliittiantenni voi vastaanottaa samaan aikaan signaaleja, jotka ovat eri polarisaatioissa. Eri polarisaatiot erotellaan polarisaation erottimella tai taajuusmuuntimella, joka liitetään syötön yhteyteen. Syöttö ja taajuusmuunnin on valmiiksi yhdistetty pienissä antenneissa. Antennin vastaanoton taajuusalueeseen vaikuttaa ainoastaan syötön ominaisuudet, joten syöttö valitaan vastaanotettavan taajuuden mukaan. (ST-Käsikirja 12 2008, 36 - 37.)

Yhteisantennijärjestelmään liitettävään satelliittiantenniin voidaan asentaa niin sanottu universal quad -taajuusmuunnin, jolloin samaan antenniin voidaan kytkeä useita vastaanottimia. Eri polarisaatioille ja taajuusalueille on muuntimessa omat liittimensä, yhteensä 4 liittintä. Taajuusalueet siirretään jo muuntimessa jakoverkon taajuusalueelle 950–2150 MHz. Antennilta kaapelit viedään valintakytkimeen, jossa jokainen siihen liittyvä vastaanotin voi valita tarvittavan taajuusalueen ja polarisaation. (Ikonen 2009, 82.)

Satelliittiantennin vahvistus on suoraan verrannollinen antennin heijastimen kokoon. Mitä suurempi on antenni, sitä suurempi on sen vahvistus. Satelliittiantennien tuuli-kuorma on huomattavasti suurempi kuin terrestrisillä antenneilla. (ST-Käsikirja 12 2008, 37.)

3.2.1.6 Antennimasto

Antennit kiinnitetään antennimastoon, joka yleensä asennetaan rakennuksen katolle. Useimmiten noin kuusimetrisen masto on katon rakenteisiin asennetun noin kaksi metriä korkean tukiputken varassa, joka ulottuu noin 80 cm kattopinnan yläpuolelle. Katon läpiviennit, maston ja tukiputken välit ja kaapelien läpiviennit tulee tiivistää veden pitävästi, jotta katon rakenteisiin ei pääse vuotamaan vettä. (St-käsikirja 12 2008, 157; ST 605.02 2008, 9.) Signaalitasojen kannalta ylimmäksi asennetaan UHF-antenni, seuraavat antennit alaspäin lukien ovat VHF-antenni ja ULA-antennit. (Pientalon antenniopas 2011, 17.)

Antennimasto tulee maadoittaa ilmastollisten ylijännitteiden varalta tukiputken alapäästä maadoitusliittimellä ja vähintään 16 mm² Cu maadoitusjohtimella rakennuksen päämaadoituskiskoon (ST 621.31 2010, 1).

3.2.2 Satelliittivälitaajuusjakelun laitteet

Satelliittiantennin mikroaalto-osalta saatavat signaalit vaihdetaan uusille taajuuksille taajuusmuuntimella. Tätä kutsutaan välitaajuusprosessoinniksi. Välitaajuusjakelussa eli satelliittipalveluiden välityksessä yhteisantenniverkossa on verkon komponenttien sovelluttava 950–2150 MHz taajuusalueen siirtoon. (ST-käsikirja 12 2008, 61.)

Satelliittiantenni vastaanottaa eri polarisaatioita joskus useiltakin satelliiteilta. Jakeluverkkoon tarvitaan siis laitteita jotka valitsevat mitä signaalia vastaanottimelle välitetään (ST-käsikirja 12 2008, 63).

3.2.2.1 Linjavahvistin

Satelliittiantennin taajuusmuuntimelta saatava signaali vaimenee suuren taajuutensa pitkillä kaapelietäisyyksillä, joita usein on käytössä. Signaalia voidaan vahvistaa lähellä satelliittiantennia, jolloin siirrossa aiheutuvien häviöiden aiheuttama vaimennus kompensoituu. Linjavahvistimen vahvistus on kalteva, eli vahvistus kasvaa taajuuden kasvaessa. Tämä ominaisuus kompensoi erinomaisesti kaapelin kaltevaa vaimennuskäyttäytymistä eli vaimennuksen kasvua taajuuden kasvaessa. (ST-käsikirja 12 2008, 61.)

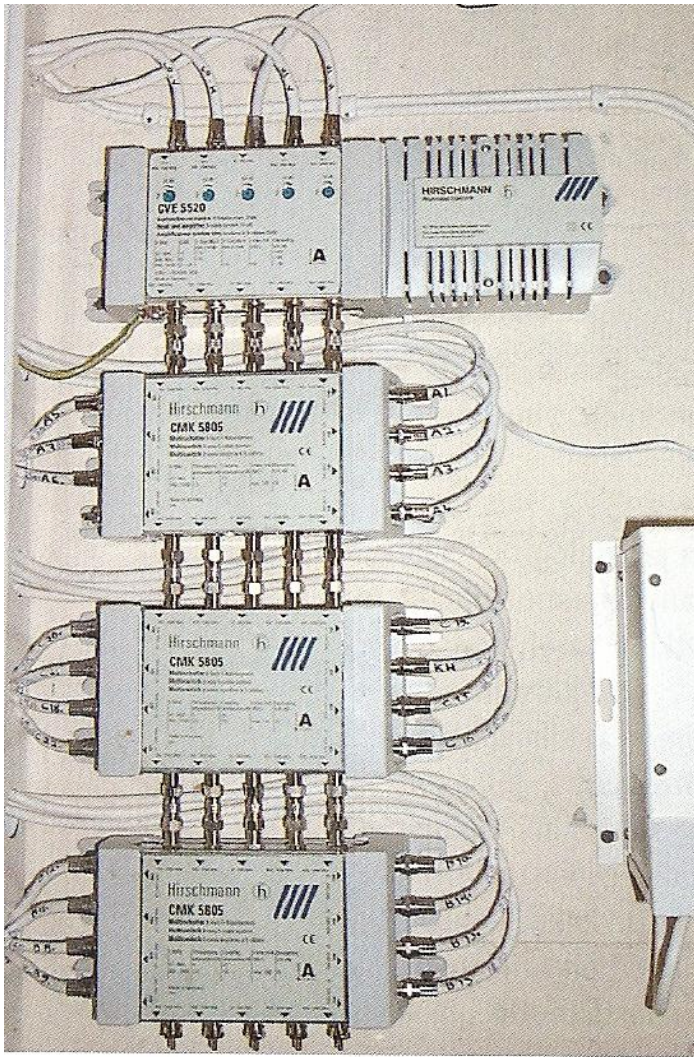
3.2.2.2 Kytkimet

Satelliittilähetyksen jakaminen useampaan vastaanottimeen vaatii välitaajuuskytkimiä. Kytkimillä valitaan satelliittisignaalin polarisaatio, jota halutaan katsoa. Useimmiten kytkimissä on myös maanpäällisten lähetysten antennien liitin, jolloin kytkimellä voidaan valita katsottavaksi myös maanpäälliset kanavat. (ST-Käsikirja 12 2008, 63.)

Kytkimeen tuodaan satelliitin tai satelliittien signaalit ja mahdollisesti maanpäällisen lähetyksen eli terrestriaalinen signaali. Kytkimestä haluttu signaali välitetään antennirasialle ja sitä kautta vastaanottimelle. Kytkintä ohjataan vastaanottimen 22 kHz ohjaussignaaliilla, 13 V / 18 V tasajännitteellä tai jännitteen ja ohjaussignaalin yhdistelmällä. Monipuolisempia kytkimiä ohjataan yleensä DiSEqC -signaalilla. (ST-Käsikirja 12 2008, 63 - 64.)

Kytкимиä on päätyviä ja ketjutettavia. Ketjutettavia kytkimiä voidaan ketjuttaa useitakin peräkkäin, jolloin vastaanottopisteiden määrää voidaan kasvattaa. (ST-Käsikirja 12 2008, 63 - 64.) Kuvassa 5 monivalintakytkimiä ketjutettuna.

Välitaajuuskytkimiä voi olla samassa kytkimessä useita, jolloin kyseessä on monivalintakytkin. Monivalintakytkimessä on ohjauselektronikkaa sekä mahdollinen linjavahvistin ja yhdysuodin. Eri käyttötarkoituksiin valmistetaan kytkimiä päätyvinä ja ketjutettavina malleina. (ST-Käsikirja 12 2008, 64.)



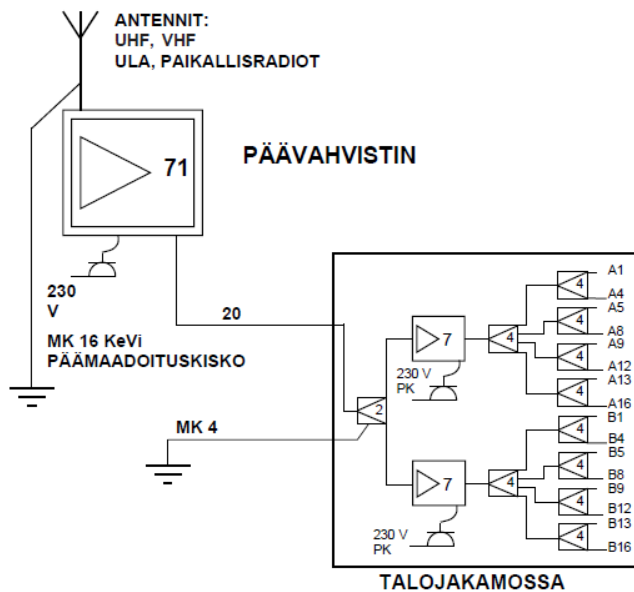
KUVA 5. Ketjutettavia monivalintakytkimiä asennettuna. (Naskali & Suikkanen 2004, 261)

3.2.3 Vahvistimet

3.2.3.1 Päävahvistin

Päävahvistimen, jota joskus myös antennivahvistimeksi kutsutaan, tehtävänä on vastaanottaa signaalit antenneilta ja muokata niitä niin, että ne voidaan syöttää jakeluverkkoon ja sitä kautta vastaanottiin. Päävahvistin on ohjelmoitavissa eli sillä voidaan muuttaa signaalitasojen asetuksia, signaalien taajuuksia, modulaatiota tai lähetysjärjestelmää vahvistimen ominaisuuksien rajoissa. Joissakin vahvistimissa on myös kanavien automaattinen signaalitason säätö. Päävahvistimeen katsotaan kuuluvaksi myös mahdolliset antennissa sijaitsevat antennivahvistimet, joita käytetään signaalitason ollessa liian alhainen. (St-käsikirja 12 2008, 38.)

DVB-T ja DVB-T2 -signaalit välitetään antenneilta yleensä sellaisenaan päävahvistimen kautta jakeluverkkoon, vain tasojen osalta säädettyinä. Päävahvistimessa on yleensä oma tulonsa ULA-antennille ja ULA-aluevahvistin, joka on ohjelmoitavissa. Päävahvistin sisältää yleensä myös käyttöjännitteensyötön antennissa mahdollisesti tarvittaville esivahvistimille. (St-käsikirja 12 2008, 38 - 40.) Kuviossa 3 on esitetty esimerkki kaavio talojakamon ja päävahvistimen kytkennöistä.



KUVIO 3. Esimerkki päävahvistimen kaaviosta, kun välitetään terrestriiset kanavat. (ST 621.10 2011, 5)

3.2.3.2 Laajakaistavahvistin

Laajakaistavahvistimia käytetään verkon ulottuman kasvattamiseen ja kompensoimaan verkon eri osissa aiheutuvia vaimennuksia. Vahvistimen ominaisuuksiin liittyvät vahvistimen taajuusalue, kohinaluku, vahvistus, 2-suuntaisuus ja maksimilähtötaso. Taajuusalue määrittelee mitä taajuuksia vahvistin vahvistaa ja millä se toimii. Kohinaluku kertoo, kuinka paljon vahvistin aiheuttaa lisää kohinaa siihen syötettyyn signaaliin. Mitä pienempi on kohinaluku sitä parempi vahvistin. Vahvistus tarkoittaa kuinka paljon vahvistin vahvistaa siihen syötettyä tulosignaalia. 2-suuntaisuudella tarkoitetaan kaapelitelevisioverkon paluukaistataajuuden käytön mahdollisuutta. Maksimilähtötaso ilmoittaa mikä on vahvistimen suurin mahdollinen lähtötaso joka lähtösignaalille voidaan asettaa. (St-käsikirja 12 2008, 42 - 43.)

Laajakaistavahvistimet jaotellaan jakoverkon vahvistimiin ja haaraverkon vahvistimiin. Jakovahvistimen vahvistus on yleensä 35–40 dB ja haaraverkon vahvistimen 20–30 dB. Molemmat vahvistimet on yleensä varustettu Tilt-korjaimella, jolla korkeampien taajuuksien suurempaa vaimenemaa saadaan kompensoitua vahvistamalla korkeampitaajuisia signaalia enemmän kuin matalampi taajuisia. Jakoverkon vahvistin saa käyttöjännitteensä paikallisesti esimerkiksi 230 V pistorasiasta. Haaraverkon vahvistin saa käyttöjännitteensä yleensä kaukosyöttönä koaksiaalikaapelia pitkin. (St-käsikirja 12 2008, 43.)

3.2.4 Passiiviset komponentit

Passiiviset komponentit muodostavat passiivisen jakoverkon, jota kutsutaan myös pelkäksi jakoverkoksi. Jakoverkko muodostuu jaottimista, haaroittimista, kaapeloinnista ja antennirasioista. Jakoverkko siirtää tähtipisteeseen syötetyt signaalit mahdollisimman tasalaatuisena kaikkiin vastaanottopisteisiin, samalla erottaen pisteet niin, että niihin liitettyjen laitteiden mahdollisesti aiheuttamat häiriöt eivät vaikuta muiden vastaanottopisteiden signaalinlaatuun. Vaatimusten täyttämiseksi on passiivisessa jakoverkossa käytettävä standardien mukaisia rakenneosia. (St-käsikirja 12 2008, 51.)

3.2.4.1 Jaotin

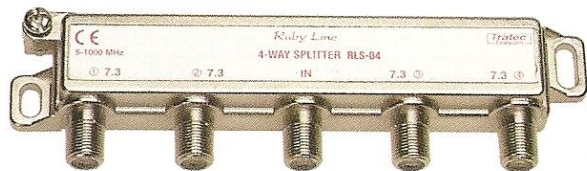
Jaotin on tulosignaalia useampaan tasasuureen osaan jakava komponentti. Jaottimessa on yksi tuloliitin ja useampia lähtöliittimiä. Tasasuuriin osiin jako tarkoittaa, että jakovaimennus tuloliittimen ja jokaisen lähtöliittimen välillä on yhtä suuri. Jakovaimennus taas tarkoittaa kuinka paljon tuloliittimestä lähtöliittimeen kulkevan signaalintaso laskee, signaalin kulkiessa komponentin läpi. (St-käsikirja 12 2008, 51 - 52.)

Jaotin on valmistettu silumiinivalusta, jonka ansiosta se on vahvarakenteinen ja sillä on hyvät suojausvaimennusominaisuudet eli ulkoistenhäiriöiden sietokyky. (St-käsikirja 12 2008, 51.)

Passiivisille komponenteille on määritelty niitä koskevissa standardeissa kolme eri suorituskyky luokkaa, joilla kaikilla on hieman erilaiset vaatimukset heijastus- ja erotusvaimennukselle. Heijastusvaimennus tarkoittaa syötetyn signaalin tehon suhdetta takasin heijastuneeseen tehoon. Erotusvaimennus tarkoittaa vaimennusta lähtöjen

välillä. Erotusvaimennusta tarvitaan vastaanottopisteiden erotukseen niiden välisten häiriöiden vähentämiseksi. Jaottimien erotusvaimennus on kuitenkin kaikissa suorituskyluokissa niin pieni, ettei sen lähtöihin saa suoraan kytkeä päättyviä nk. 1dB antennirasioita. Jaottimen lähtöihin kytketään yleensä haaroittimia, mutta esimerkiksi kunnostettaessa antenniverkkoa, jaottimen lähtöihin voidaan kytkeä hyvin sovitettuja ketjutettavia antennirasioita. Jaottimen jakovaimennus esimerkiksi kahteen jaottimesa on 3,7 dB. (St-käsikirja 12 2008, 76, 51–52.)

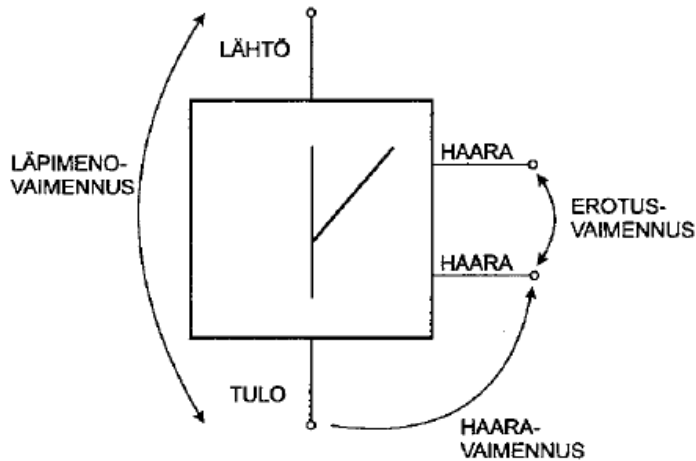
Jaottimia valmistetaan eri taajuusalueille, kuten 5-862 MHz, 5-1000 MHz ja satelliitti-taajuusjakelua varten 5-2150 MHz. Jaottimien ominaisuudet ovat erilaiset eri taajuusalueilla, joten valinnassa tulee huomioida jakoverkossa välitettävät kanavat sekä mahdollisten ohjausjännitteiden läpisyötön mahdollisuus. (St-käsikirja 12 2008, 53.) Kuvassa 6 on jaotin yhdellä tulo- ja neljällä lähtöliittimellä.



KUVA 6. Jaotin neljällä lähdöllä (Naskali & Suikkanen 2004, 82).

3.2.4.2 Haaroitin

Haaroitin on ulkoisesti ja ominaisuuksiltaan hyvin yhteneväinen jaottimen kanssa, pieniä eroja ominaisuuksissa lukuun ottamatta. Haaroittimia on kahden tyyppisiä: päättyviä ja läpimeneviä. Haaroittimissa on yksi tuloliitin ja 1-18 haaralähtöä sekä mahdollinen läpimenevä liitin. Haaravaimennus on tuloliittimen ja haaran välinen vaimennus ja se on haaroittimesta riippuen 10–20 dB välillä. Läpimenevässä haaroittimessa on yksi lähtö jonka vaimennus on vain 1-4 dB, joka on jaottimen jakovaimennuksen suuruusluokkaa. Haaroittimen haarojen välinen erotusvaimennus on huomattavasti suurempi kuin jaottimella, joten siihen voidaan kytkeä mikä tahansa antenniverkonlaite tai -komponentti ilman pelkoa häiriöistä. Yleensä yhteisantenniverkoissa lähtöihin kytketään päättyvä nk. 1dB:n antennirasia. Myös haaroittimia on saatavissa eri taajuusalueille. (St-käsikirja 12 2008, 53 - 54.) Kuviossa 4 on esitetty haaroittimessa esiintyvät vaimennukset.



KUVIO 4. Haaroittimen vaimennukset (ST-käsikirja 12 2008, 55).

3.2.4.3 Antennirasia

Passiivisen jakoverkon viimeinen komponentti on antennirasia. Antennirasioita valmistetaan päätyvinä ja ketjutettavina useilla eri suoritusarvoilla. Rasiassa on liittimet televisiolle ja radiolle ja tarvittaessa myös satelliittisignaalin liitin. Antennirasia on varustettu suodattimilla, joilla radionliittimestä poistetaan tv- signaalit, tv-liitimestä radionsignaalit ja satelliittiliitimestä poistetaan tietysti tv:n ja radion signaalit. Tällaisella suodatin menetelmällä vähennetään häiriöitä, jotka muodostuvat vastaanottimissa. (St-käsikirja 12 2008, 55 - 57.)

Antennirasiat luokitellaan vaimennusluokkiin perusvaimennuksen perusteella. Yleisin antennirasia on päätyvä nk. 1 dB:n antennirasia, jolla on 1 dB perusvaimennus. 1 dB:n rasiaa käytetään yhteisantenniverkoissa taajuusalueella 5-862 MHz, kun haaroittimessa on yksi haara jokaista antennirasiaa kohti. Perusvaimennus tarkoittaa sitä, kuinka paljon signaalintaso heikkenee kulkiessaan antennirasian kautta vastaanottimelle. Ketjutettavassa antennirasiassa on paljon suurempi perusvaimennus häiriösuojauksen takia, koska antennirasioita ketjutettaessa erotusvaimennusta ei synny haaroittimen kautta. Ketjutettavassa antennirasioissa on rasiavaimennusta, joka tarkoittaa samaa kuin perusvaimennus. Ketjutettavia rasioita käytetään lähinnä verkon kunnostuksissa, kun vanhoja johtoteitä ja putkituksia ei uusita. (St-käsikirja 12 2008, 57 - 58.)

3.2.4.4 Kaapelit

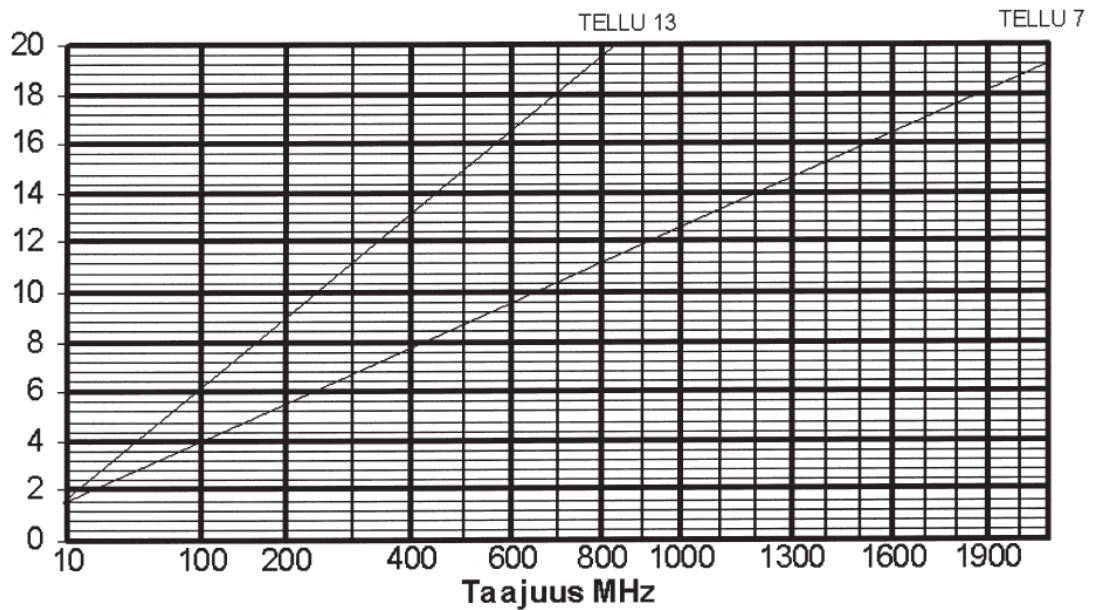
Kaapelin tehtävänä on siirtää signaalia pisteiden välillä sitä liikaa heikentämättä. Siirrettävä signaali on altis häiriöille, jotka asettavat vaatimuksia kaapelin häiriönsiedolle. Yhteisantenniverkossa käytetään eniten koaksiaalikaapelia sillä sen ominaisuudet ovat radiotaajuisen signaalinsiirrossa erinomaiset. Myös valokuitukaapelin käyttö on yleistymässä yhteisantenniverkon kaapelina, ja sitä käytetään paljon myös kaapeli-tv-verkon runkokaapelina. (St-käsikirja 12 2008, 69.)

Koaksiaalikaapeli muodostuu sisäjohtimesta, sisäjohtimen eristeestä, ulkojohtimesta ja vaipasta. Ulkokaapeleissa on lisäksi armeeraus ja ilmakaapeleissa kannatinköysi. Sisäjohtin kuljettaa signaalia eri pisteiden välillä, joten sisäjohtimen johtavuudella, laadulla ja paksuudella on suuri merkitys vaimenemien kannalta. Esimerkiksi paksummalla sisäjohtimella oleva kaapeli vaimentaa signaalia vähemmän. Eriste on sisä- ja ulkojohtimen välissä erottaen johtimet toisistaan. Ulkojohtin toimii signaalipiirin toisena osana eli toisena johtimena sekä antaa kaapelille sähkömagneettisen suojausten häiriöitä vastaan. Kaapelin ulkovaipan materiaali on PVC-muovia sisätiloissa käytettävissä kaapeleissa ja PE-muovia ulkona käytettävissä kaapeleissa. Armeerauksella voidaan lisätä kaapelin mekaanista lujuutta esimerkiksi maakaapeleissa, jotka joutuvat altistumaan roudan vaikutuksille. Armeeraukseen käytetään yleensä sinkittyä teräsnauhaa. (St-käsikirja 12 2008, 70 - 73.)

Koaksiaalikaapelien tärkeimmät sähköiset ominaisuudet ovat ominaisimpedanssi, vaimennus, heijastusvaimennus, nopeuskerroin ja suojauskyky (St-käsikirja 12 2008, 74).

Ominaisimpedanssi ilmaisee koaksiaalikaapelin sisä- ja ulkojohtimen välisen jännitteen suhteen niissä kulkevaan virtaan. Antennijärjestelmissä käytetään 75 Ω ominaisimpedanssin omaavia komponentteja. Ominaisimpedanssi on tärkeä ominaisuus, jotta haitallisia heijastumisilmiöitä ei pääse syntymään. Kaikkien laitteiden ja komponenttien impedanssien tulisi olla mahdollisimman lähellä toisiaan eli komponenttien tulisi olla hyvin sovitettuja. (St-käsikirja 12 2008, 74.)

Vaimennus ilmoittaa, kuinka paljon signaali heikkenee kulkiessaan antennijohdossa. Vaimennuksen yksikkö on dB/100 m. Signaali vaimenee kaapelissa suurilla taajuuksilla enemmän kuin pienillä taajuuksilla. Myös korkeampi lämpötila kasvattaa vaimennusta. (ST-käsikirja 12 2008, 76.) Kuviossa 5 on esitetty yleisesti käytettyjen TELLU 7 ja TELLU 13 kaapeleiden vaimennukset taajuuden mukaan.



KUVIO 5. TELLU 7 ja TELLU 13 -kaapeleiden vaimennus desibeleinä taajuuden mukaan. (ST 621.11 2011, 7)

Kaapelin heijastusvaimennus on sitä parempi, mitä tasalaatuisempi kaapeli on. Heijastusvaimennus-termi on selitetty jaottimen yhteydessä luvussa 3.2.4.1. Heijastuksia aiheutuu, jos kaapeli ei ole tasalaatuinen eli sen ominaisimpedanssi ei ole sama koko kaapelin matkalla. (St-käsikirja 12 2008, 76.)

Nopeuskerroin tarkoittaa kaapelissa kulkevan signaalin suhdetta valon nopeuteen tyhjiössä. Nopeuskerroin on tietynlainen kaapelin eristeen sähköisiä ominaisuuksia kuvaava suure. Nopeuskerrointa tarvitaan esimerkiksi tutkattaessa kaapelia kaapelitutkalla, vikakohdan paikkaa arvioitaessa. (St-käsikirja 12 2008, 76 - 77.)

Suojauskykyyn vaikuttavat kaapelin kytkentäimpedanssi ja suojausvaimennus. Mitä pienempi on kaapelin kytkentäimpedanssi ja mitä suurempi suojausvaimennus, sitä parempi häiriönsuojaus kaapelilla on. KytKentäimpedanssi yhdessä kaapelin suojaus-
sa kulkevan virran kanssa määrää häiriöjännitteen, joka summautuu signaaliin aiheuttaen siihen häiriöitä. Suojausvaimennus kertoo kaapelin kyvystä estää häiriöiden vaikutuksia kaapelista ympäristöön ja päinvastoin. Häiriösuojaukseen liittyy aina siis kaksi näkökulmaa: häiriön sieto ja häiriön päästö. Ulkoiset häiriöt eivät saa vaikuttaa kaapeliin, ja toisaalta kaapeli itse ei saa häiritä ympäristöä liikaa. (St-käsikirja 12 2008, 77 - 78.)

3.2.4.5 Liittimet

Koaksiaalikaapelin liittämiseksi laitteisiin ja kaapelin jatkoskohtiin käytetään erilaisia liittimiä. Liittimet jaetaan käyttötarkoituksensa mukaan kolmeen ryhmään: jatkoliitin, vaihtoliitin ja laiteliitin. Jatkoliitintä käytetään kahden samantyyppisen kaapelin jatkamiseen, vaihtoliitintä kahden erityyppisen kaapelin jatkamiseen, laiteliitintä kaapelin liittämiseen eri laitteisiin, kuten haaroittimiin, jaottimiin ja vahvistimiin. (ST-Käsikirja 12 2008, 81.) Käytettävien liittimien on oltava standardien mukaisia ja kaapelien ja liittimien välisten liitosten kunnollisia. Liittimen tulisi huonontaa siirtotieominaisuuksia mahdollisimman vähän. (ST-Käsikirja 12 2008, 82.)

Yleinen laiteliitin on F-liitin. F-liittimiä on kaapeliin kierrettäviä ja kaapeliin puristettavia. Puristettavia liittimiä suositellaan käytettäväksi, koska tällä tavoin saadaan aikaan mekaanisesti luja liitos ja kestävä vedonpoisto. Lisäksi puristettavalla liittimellä saadaan ulkojohtimen ja liitinrungon välille pieniohminen hyvä kytkentä. (ST-Käsikirja 12 2008, 82.)

4 SIGNAALIT JA SIGNAALITASOT

4.1 Antennijärjestelmissä välitettävät signaalit

Yhteisantennijärjestelmissä siirretään televisiosignaalia käyttäen DVB eli digital video broadcasting -standardien mukaisia signaaleja. DVB-standardi jakautuu useaan erilaiseen lähetyjärjestelmään. T eli terrestrial, C eli cable ja S eli satellite sekä näiden järjestelmien edelleen kehitettyihin versioihin T2, C2 ja S2, jotka mahdollistavat suuremman datamäärän siirtämisen ja sisältävät muita parannuksia edeltäjiinsä verrattuna. Yhteisantennijärjestelmissä siirretään myös analogisen radion signaalia sekä mahdollisia satelliittijärjestelmiin liittyviä ohjaussignaaleita. Yhteisantennijärjestelmän liittyessä kaapeli-tv-verkkoon voidaan järjestelmää käyttää myös dataliikenteen siirtotienä sekä meno- että paluusuunnassa.

4.1.1 DVB-T ja DVB-T2

DVB-T ja DVB-T2 ovat maanpäällisen tv-lähetyksen signaalimuotoja. DVB-T-signaalit perustuvat OFDM-tekniikkaan (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). DVB-T multiplexin eli kanavan taajuuskaistanleveys on UHF-taajuudella 8 Mhz ja VHF-taajuudella 7 MHz. Yksi kanava jaetaan usean kapeampikaistaisen kanta-aallon kesken. DVB-T signaalissa kanta-aaltoja on yli 6 000 ja DVB-T2-signaalissa on moninkertainen määrä. Yhden kanavan kanta-aallot muodostavat taajuustasossa tarkasteltuna leveän, kohinaa muistuttavan signaalin. Jokainen kanta-aalto on erikseen digitaalisesti moduloitu käyttäen QAM-modulaatiota (Quadrature Amplitude Modulation). QAM-modulaatio tarkoittaa modulointia kantataajuudella, jossa moduloiduille symboleille on olemassa useita erilaisia amplitudi- ja vaihearvoja. Näitä arvoja kuvataan usein konstellatiokuvilla. (ST 621.11 2011, 1 - 2; Ikonen 2009, 190 - 191, 200, 208.)

Kanta-aalto siis kuljettaa symboleita, joista jokainen vastaa tiettyä bittijonoa. Mahdollisten symbolien määrä ja symbolien sisältämien bittien määrä riippuu käytettävästä QAM-modulaatiosta. DVB-T signaaleille on standardoitu useita eri modulaatioita, mutta Suomessa on käytössä DVB-T:ssä 64 QAM ja DVB-T2:ssa 256 QAM. 64 QAM - modulaatiossa on 64 symbolia ja yksi symboli kuljettaa tietoa 6 bittiä. 256 QAM - modulaatiossa on 256 symbolia ja yksi symboli kuljettaa tietoa 8 bittiä. Lähetettävien symbolien välissä käytetään suojaväliä, joka estää tai vähentää lähetetyn signaalin heijastumien vaikutuksia. (St-käsikirja 12 2008, 15 - 16; Ikonen 2009, 190 - 193.)

DVB-T signaaleilla yksi kanava pystyy välittämään useamman tv- tai radio-ohjelman. DVB-T2 signaalilla voidaan kuljettaa suurempi määrä tietoa kuin DVB-T signaalilla, joten se mahdollistaa usean teräväpiirtoisen ohjelman lähettämisen samalla kanavalla. DVB-T kanavalla voidaan Suomessa käytettävillä parametreilla välittää 22,12 Mb/s ja DVB-T2 kanavalla 30 - 35 Mb/s. DVB-T-signaaleja välitetään taajuusalueella 470–862 MHz (UHF) ja DVB-T2-signaaleja taajuusalueella 174–230 MHz (VHF III) ja 470–862 MHz (UHF). (St-käsikirja 12, 15 - 16, 2008; Ikonen 2009, 34, 207, 209; ST 621.11 2011, 2.)

4.1.2 DVB-C ja DVB-C2

DVB-C on kaapeliverkossa käytettävä signaalin siirtomuoto. Modulaatiomenetelmänä käytetään QAM-menetelmää. Suomessa käytössä ovat 64QAM, 128QAM ja 256QAM. Kanavan rasteri eli kaistanleveys on 7 tai 8 MHz. Kaapeli-tv-verkossa käytetään suurempaa signaalitasoa kuin antennijakelussa verkon hallitun ympäristön ansiosta. Signaaleille ei myöskään tarvita yhtä tehokasta virheenkorjausta kuin antenniverkossa kaapelin hyvien suojausominaisuuksien ansiosta. DVB-C kanavan spektri näyttää mittalaitteella mitattuna tasaiselta kohinalta samoin kuin DVB-T kanava. (Ikonen 2009, 215; ST 621.11 2011, 2.)

DVB-C2 on kehittyneempi kaapeliverkon siirtostandardi versio. DVB-C2 signaalille on määriteltä lisä parametriarvoja siirrolle, jolloin siirtonopeutta on saatu kasvatettua. Lisäksi virhesuojausta on parannettu. (Ikonen 2009, 217; ST 621.11 2011, 2.)

4.1.3 DVB-S ja DVB-S2

DVB-S on satelliittijakelun signaalin siirtomuoto. Modulaatiomenetelmänä on QPSK (Quadrature Phase Shift Keying). Standardissa on annettu useita eri kaistanleveyksiä ja suojaustasoja eli virheenkorjaustehoja. Käytettäviä kaistanleveyksiä ovat 26, 27, 30, 36, 46, 54 MHz. Suojaustasot ja kaistanleveydet vaikuttavat vaadittavaan kanta-aalto-kohinasuhteeseen ja vaadittavaan tarvittavan antennin heijastimen halkaisijaan. (ST 621.11 2011, 2.)

DVB-S2-järjestelmä on suunniteltu palvelemaan paremman televisio-jakelun lisäksi myös muuta data-liikennettä joka kulkee satelliitin kautta. DVB-S2 standardin mukaiset modulaatiomenetelmät ovat QPSK, 8PSK, 16APSK ja 32APSK. APSK tulee sa-

noista Amplitude Phase Shift Keying. DVB-S2 siirtostandardia käytetään pääasiassa HDTV-toiminnassa. (Ikonen 2009, 220 - 221.)

Satelliittisuorajakelun taajuusalue yhteisantenniverkossa on 950–2150 MHz. (ST-621.11 2011, 2.)

4.1.4 Analoginen radio

Analoginen radio eli ULA-radio toimii 87,5–108 MHz taajuusalueella. Kantoaalto moduloidaan FM (Frequency Modulation) -modulaatiolla. Radion stereo-ohjelma perustuu mono-ohjelmaan, joka lähetetään äänikaistalla, kanavien L ja R erotussignaaliin joka lähetetään apukantoaalloilla, ja pilotsignaaliin joka synkronisoi vastaanottimen. (ST-käsikirja 12 2008, 20.)

4.1.5 Kaapeli-tv:n paluusuunta

Kaapeli-tv-verkkoon liityttäessä voidaan yhteisantenniverkossa siirtää dataliikennettä. Silloin käytössä on myös paluusuunta taajuusalueella 5–65 MHz. Siirrossa käytetään kaapeli-tv-modeemistandardia Docsis tai EuroDocusis. Docsis-standardissa menosuunnan kaistanleveys on 6 MHz ja EuroDocusis-standardissa 8 MHz. Menosuunnalla käytetään QAM 256 -modulaatiota ja paluu suunnalla QPSK- tai QAM 16 -modulaatiota. Käytössä on myös Wideband Docsis (Docusis 3.0), joka käyttää menosuunnalla useita kanavia samaan aikaan, jolloin välityskykyä saadaan nostettua. (ST 621.11 2011, 2.)

4.2 Signaalitasot ja laadut

Jotta vastaanottimissa olisi laadukas ja virheetön kuva, tulee antennien tai kaapeli-tv-liittymän ja antennirasioiden signaalitasot olla standardien vaatimissa rajoissa. Signaalitason ollessa liian alhainen voi vastaanottimella olla vaikeuksia tulkita signaali oikein. Jos signaalitaso on erittäin alhainen, se ei juuri erotu verkossa esiintyvistä kohinasta, jolloin kuva ei näy lainkaan. Signaalitason tulee siis olla riittävä, mutta ei liian korkea. (ST-käsikirja 12 2008)

4.2.1 MER ja BER

Digi-tv vastaanotto perustuu symbolien kuljettamiseen signaalissa ja jokaiselle symbolille on oma paikkansa IQ-tasossa. Symboleita vastaanotettaessa, vastaanotetut symbolit hajautuvat oikean arvonsa ympäristöön ja niiden ollessa oman paikkansa rajojen sisäpuolella tulkitaan ne oikein. Symbolien välisen hajonnan kasvaessa on suurempi riski, että symboli tulkitaan väärin. Hajontaa kuvaamaan on otettu käyttöön MER-arvo. Toisin sanoen MER siis kertoo miten tarkasti vastaanotin sijoittaa symbolit IQ-tasoon. Mitä suurempi MER on, sitä vähemmän symbolit keskimäärin poikkeavat ihanearvostaan eli signaalin laatu on parempi ja päinvastoin. (ST 98.60 2008, 4.)

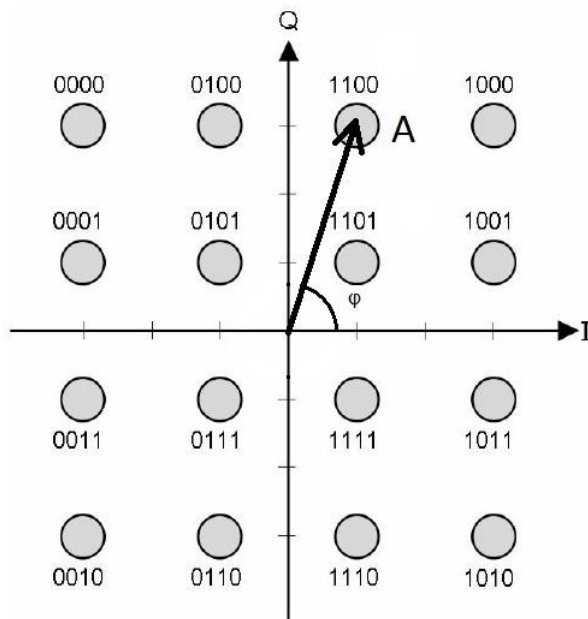
BER (Bit Error Rate) eli bittivirhesuhde ilmaisee virheellisten bittien suhteen kaikkiin vastaanotettuihin bitteihin. Mittalaite mittaa BER-arvon ennen vastaanottimen viimeistä virheenkorjaus lohkoa. Tällöin BER-arvon tulisi olla korkeintaan 2×10^{-4} mikä tarkoittaa että korkeintaan joka 5000 bitti olisi virheellinen. (Ikonen 2009, 194.)

MER ja BER ovat siis suureita, jolla kuvataan vastaanoton laatua. MER on käyttökelpoisempi yksikkö kuin BER, sillä signaalin parantuessa BER-arvojen mittaaminen vaikeutuu jolloin arvon luotettavuus kärsii. MER kertoo aina tarkalleen miten kaukana tai lähellä ollaan hyväksyttävää laatutasoa. Tästä syystä antenniverkkojen mittauksissa laadunmittarina käytetään usein MER-arvoa. (ST 98.60 2008, 4)

4.2.2 Konstellaatiokuvio

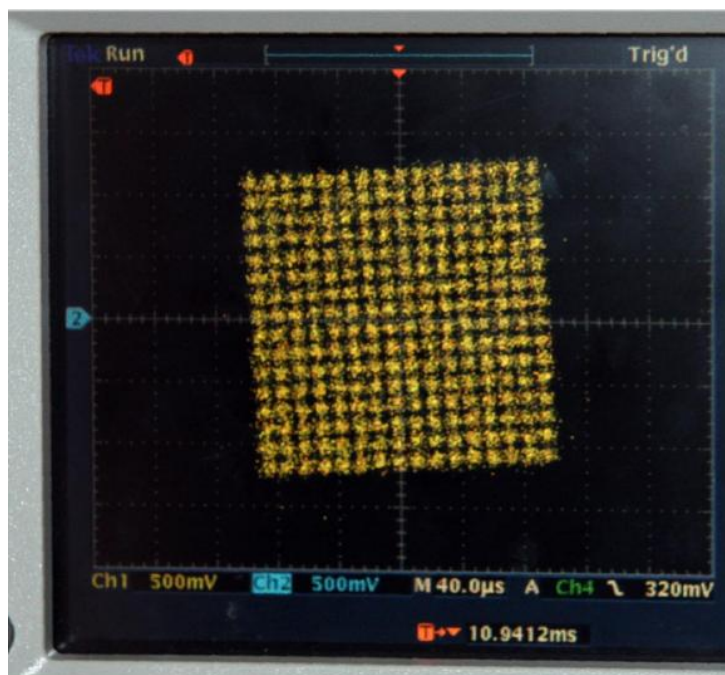
Konstellaatiokuvio kuvaa modulaation kaikkien mahdollisten symbolien sijainnit IQ-tasossa. Jokaisella symbolilla on omat amplitudi ja vaihearvonsa, jotka saadaan moduloimalla kanta-taajuutta. (ST 98.60 2008, 4; Ikonen 2009, 191 - 192)

Kuvassa 7 on kuvattuna 16 QAM modulaation konstellaatio, jossa A on tietyn moduloitun symbolin amplitudivektori ja ϕ on sen vaihekulma. 16 QAM modulaatiossa on kuusitoista eri symbolia, jolloin yksi symboli kuljettaa 4 bittiä.



KUVA 7. 16 QAM konstellaatiokuva.

Jokaista vastaanotettua symbolia konstellaatiokuviossa kuvaa piste. Konstellaatiokuviossa kuvasta 8, voidaan havaita pisteiden hajonta, joka aiheutuu vastaanotettuun signaaliin summautuneesta kohinasta. (Ikonen 2009, 211.)



KUVA 8. DVB-T2, 256 QAM moduloidun signaalin konstellaatiokuva mittalaitteen näytöllä. (Ikonen 2009, 211.)

4.2.3 S/N ja C/N

Kaikissa järjestelmissä kaikilla taajuuksilla esiintyy aina satunnais-luontoista kohinaa. Kohina on siis signaalin ominaispiirre jota tulee sallia joissain määrin. Vastaanottimen on pystyttävä erottamaan hyötysignaali kohinan joukosta, joten hyötysignaalin tulee olla tietyllä tasolla verrattuna kohinan tasoon. Suhdelukua signaalinvoimakkuuden ja kohinatason välillä kutsutaan signaalikohinasuhteeksi eli S/N- suhteeksi. Signaalikohinasuhde ilmaistaan desibeliarvona (dB). (Ikonen 2009, 194.) Taulukossa 2 on esitetty minimivaatimuksia S/N arvoille eri signaalimuodoilla.

Kantaaaltokohinaetäisyyttä C/N voidaan käyttää arvioidessa radioyhteyksien laatua käytettäessä kantaaltoa. Kantaaaltokohinaetäisyys kertoo hyötysignaalin amplitudin suhteen kohinan amplitudiin. Myös kantaaltokohinaetäisyys ilmaistaan desibeliarvona. (Ikonen 2009, 194.)

Nykyaikaisilla mittalaitteilla MER-arvon tai konstellaatiokuvion avulla voidaan huono kohinaetäisyys havaita ilman kohinaetäisyyden mittausta erikseen. MER-arvon pienuus kertoo, että jokin huonontaa vastaanottoa. Symbolien paikka satunnaisesti oikean arvon ympärillä konstellaatiokuviossa, kertoo kohinan vaikutuksesta symboleihin. Kohina siis aiheuttaa satunnaista vääristymää, joka voidaan havaita konstellaatiokuviossa. (98.60 2008, 5.)

TAULUKKO 2. Minimivaatimuksia S/N arvoille eri signaalimuodoilla (ST 98.60 2008 5).

Signaali	S/N / dB
DVB-T 64 QAM	27
DVB-C 64 QAM	26
DVB-C 256 QAM	32

4.2.4 Vahvistimen tulo- ja lähtötaso ja laatu

Vahvistimen tuloihin liitettävistä antennien kaapeleista tai kaapeli-tv-verkon liittymäkaapelista saatavan signaalin on oltava riittävän voimakas ja kohinaetäisyyden tai MER-arvon on oltava riittävän suuri, jotta hyvälaatuinen vastaanotto olisi ylipäänsä mahdollista. (ST-Käsikirja 12, 27 - 28.)

Antennilta saatavan signaalitason minimivaatimus laadukkaaseen vastaanottoon riippuu vastaanotettavan signaalintyyppistä. Antennin sijoituspaikka voi vaikuttaa suuresti

siitä saatavaan signaaliin, joten lopullisen sijoituspaikan valinnassa on syytä suorittaa antennipaikan sijoitusmittaukset. Mittaus suoritetaan kaikilla vastaanottotaajuuksilla käyttäen mitta-antennia, jonka vahvistus tunnetaan. Antennin joka lopulta asennetaan, tulee olla samanlainen kuin mittauksessa käytetty antenni tai tehokkaampi. Hyvässä sijoituspaikassa antennista mitattu signaalitaso pysyy lähes vakiona antennia liikutettaessa suunnasta riippumatta noin puoliaallonpituutta eli elementin pituuden verran. (ST 605.03 2008, 8.) Taulukossa 3 on esitetty antennista saatavan signaalintason vähimmäisvaatimukset eri signaalimuodoilla.

TAULUKKO 3. Antennista saatavan jännitetason vähimmäisvaatimus. (ST 605.03 2008, 8; ST 621.30 2011, 2.)

Signaali	Tulotaso / dB μ V
DVB-T 64 QAM	≥ 45
DVB-T2 256 QAM	≥ 47
Analoginen radio	≥ 56

Vahvistimen lähtötaso on helpointa säätää passiivisenverkon taajuusvasteenmittauksista laskettujen vahvistimen minimi- ja maksimilähtötasojen mukaan. Vahvistimen lähdössä MER-arvolle on annettu vähimmäisvaatimuksia ja vähimmäisvaatimukset riippuvat välitettävän signaalin tyypistä. Vähimmäisvaatimukset on esitetty taulukossa 4.

TAULUKKO 4. MER-arvojen vähimmäisvaatimukset vahvistimen lähdössä. (ST 605.03 2008, 8; ST 621.40 2011, 4)

Signaali	MER / dB
DVB-T, 64 QAM	≥ 27
DVB-T2, 256 QAM	≥ 25
DVB-C 64 QAM	≥ 26
DVB-C 128 QAM	≥ 29
DVB-C 256 QAM	≥ 32
DVB-S QPSK	≥ 11

4.2.5 Antennirasian signaalitaso ja laatu

Signaalitason on oltava antennirasialla tietyissä rajoissa, jotta vastaanotto olisi riittävän laadukasta ja häiriötöntä. Signaalitason tulee olla riittävän korkea, mutta ei liian korkea. Tason vaatimukset riippuvat vastaanotettavan signaalin tyypistä. Taulukossa 5 on annettu antennirasioilta mitattavan signaalitason raja-arvot signaalityypeittäin.

TAULUKKO 5. Signaalitasojen rajat antennirasioissa signaalityypeittäin. (ST 621.03 2011, 3; ST 621.10 2011, 7 - 8)

Signaali	Signaalitaso / dB
DVB-T, 64 QAM	45 - 74
DVB-T2, 256 QAM	47 - 74
DVB-C 64 QAM	47 - 67
DVB-C 128 QAM	50 - 70
DVB-C 256 QAM	54 - 74
DVB-S QPSK	47 - 77
Analoginen radio	50 - 70

5 YHTEISANTENNIVERKON KÄYTTÖÖNOTTO JA MITTAUKSET

Mittauksilla ja tarkastuksilla on tarkoitus varmistua, että järjestelmä täyttää sille määritellyt vaatimukset. Oletuksena on, että verkon vaatimusten mukaisuus toteutuu, kun verkon suunnittelu ja asennukset on toteutettu standardien ja ohjeiden mukaisesti. (ST 605.03 2008, 3.)

Viestintäviraston määräyksen 21 E/2007 mukaan yhteisantenniverkon rakentajan on laadittava tarkastusasiakirja, josta voidaan päätellä määräyksen edellyttämät vaatimukset täytyneiksi. Ennen antennijärjestelmän käyttöönottoa tarkastusasiakirja mitaustuloksineen on luovutettava työn tilaajalle. (21 E/2007 M, 6). Tarkastusasiakirjana voi käyttää esimerkiksi tarkastuspöytäkirjaa ja sen liitteitä.

Samana määräyksen mukaan yhteisantenniverkosta ja – järjestelmästä on laadittava ja pidettävä ajan tasalla käytössä ja ylläpidossa tarvittavat asiakirjat. (21 E/2007 M, 6.)

Vaaditut asiakirjat ovat:

- antennien lujuuslaskelmat
- antennijärjestelmän kaavio
- sähkötasopiirustukset
- tarkastusasiakirja mittauspöytäkirjoineen

(ST 621.30 2011, 4.)

5.1 Lopputarkastus ja mittaus

Järjestelmän asennuksen jälkeen, ennen käyttöönottoa suoritetaan verkolle lopputarkastus ja vaaditut mittaukset. Tarkastuksesta ja tehdyistä mittauksista tehdään tarkastuspöytäkirja ja liitteeksi liitetään mittauspöytäkirja tai mitaustulokset.

5.1.1 Tarkastus

Tarkastuksissa käydään läpi tarkistuslistat, joissa tarkistetaan järjestelmän rakenteen oikeellisuus ja eri komponenttien oikea asennustapa ja soveltuvuus asennuspaikkaansa antennien, vahvistinkeskuksien, tähtipisteiden ja jakoverkon osalta. (ST 621.40 2011, 1 - 2.)

Tarkastuspöytäkirjaan merkitään kohteen yleiset tiedot. Yleisiä tietoja ovat mitattavan kohteen osoitetiedot, liittyykö kiinteistö kaapeli-tv-verkkoon vai asennetaanko kiinteistöön omat antennit, kuka kohteen antennijärjestelmän on suunnitellut ja kuka järjestelmän on asentanut. (ST 621.40 2011, 1 - 2.)

5.1.1.1 Antennien tarkistukset

Tarkastuksessa antennimaston ja antennien asennuksesta tarkistetaan tukiputken kiinnityksen kestävyys ja asennustapa, maston tiivistykset, antennien kiinnitys ja tarvittavat suojaetäisyydet kulkuteihin, antennikaapeleiden kunto ja kaapelityypin soveltuvuus asennusolosuhteisiin, mastoputken maadoitus, sekä lujuuslaskelman ja muun antenneihin liittyvän dokumentoinnin olemassa olo ja oikeellisuus. (ST 621.40 2011, 2.)

5.1.1.2 Vahvistinkeskuksien tarkistukset

Vahvistinkeskuksia ja vahvistimia voi olla useita. Vahvistinkeskusten ja vahvistimien tulee sijaita lukituissa tiloissa tai koteloissa, joten niiden oikea sijainti ja lukitukset todetaan tai tarkistetaan. Rakenne osien ja varustuksen on oltava suunnitelmien mukaisia tai muuten hyväksytyjä ja niiden rakenteen tulee olla asennusympäristöön soveltuva. Keskuksessa on oltava kohtuullisesti laajennusvaraa ja tilaa mahdollisille laajennuksille ja uusille laitteille. Vahvistinkeskuksen dokumentit on säilytettävä vahvistinkeskuksen läheisyydessä. Potentiaalintasaus on oltava tehty asianmukaisesti ja vaatimusten mukaan. Keskuksella on oltava oma pistorasiaryhmä sähkönsyöttöä varten ja kyseisten sähköasennusten on oltava määräysten mukaan toteutettu. (ST 621.40 2011, 2.)

5.1.1.3 Tähtipisteiden tarkistukset

Kiinteistön yhteisantennijärjestelmän jakamo eli tähtipiste voi olla yhdessä paikassa tai jaettu esimerkiksi rappukäytäviin jolloin järjestelmässä on useita tähtipisteitä. Laitteiden ja tähtipisteiden tulee olla lukituissa tiloissa tai koteloissa. Rakenneosien tulee olla asennusympäristöön sopivia ja tähtipisteissä tulee olla kohtuullisesti laajennusvaraa, mahdollisia tulevaisuuden laajennus tarpeita varten. Yhteisantenniverkkojen potentiaalintasaus suoritetaan yhdessä pisteessä verkkoa ja yleensä se suoritetaan yleensä jakamon tähtipisteessä. Myös huoneistossa on oma tähtipisteensä. Huoneis-

ton tähtipisteen ja sen asennusten tulee myös täyttää vastaavat vaatimukset kuin jakamotilan tarkistuksissa, mutta huoneistoissa olevien laitteiden ei tarvitse olla luki- tuissa tiloissa. (ST 621.40 2011, 2.)

5.1.1.4 Jakoverkon tarkastus

Jakoverkkoa tarkastettaessa sen rakenteen oikeellisuus todetaan vertaamalla toteutunutta suunnitelmiin. Kaapeliteiden, putkitusten ja kaapelien oikea asennustapa sekä käytettyjen rakenneosien sopivuus todetaan. Antennirasioiden määrä on oltava suunnitelmien mukainen ja väestönsuojassa on oltava oma antennirasia kaapeloituna. Ulkona olevien maakaapelien ja muiden kaapeleiden on oltava ulkokäyttöön hyväksytyjä ja dokumenttien on vastattava todellisuutta. (ST 621.40 2011, 2.)

5.1.1.5 Yhteenveto mittauksista ja allekirjoitukset

Tarkastuspöytäkirjaan merkitään yhteenveto suoritetuista mittauksista, käytettyjen mittalaitteiden yksilöintitiedot ja tieto siitä, että mittaukset on suoritettu kalibroiduilla mittalaitteilla. Tarkastuspöytäkirjan lisätietoja kohtaan voidaan merkitä mahdolliset muut huomautukset liittyen tarkastukseen. Pöytäkirjaan merkitään tarkastuksen tekijä, päivämäärä ja tarkastuksen tekijän allekirjoitus sekä merkintä siitä, että tarkastettu yhteisantennijärjestelmä täyttää Viestintäviraston 21E/2007M vaatimukset. (ST 621.30 2011, 2.)

5.1.2 Mittaukset

Antenniverkon mittauksissa suoritetaan passiivisenjakoverkon taajuusvastemittaus, vahvistimien tulo- ja lähtötasojen ja laatujen mittaukset sekä antennirasioiden tasojen ja laatujen mittaus. Mittauksissa saadut mittaustulokset kirjataan mittauspöytäkirjaan ja lisäksi voidaan käyttää mittalaitteesta mahdollisesti saatavaa mittausraporttia. Mittaustulokset liitetään tarkastuspöytäkirjan liitteeksi. (ST 621.30 2011, 4.)

5.1.2.1 Mittauslaitteisto

Mittauksissa tarvittavia mittalaitteita ovat kohinageneraattori ja tasomittari. Mittauslaitteiden tarkkuus huononee ajan myötä, joten mittauksissa on käytettävä mittalaitteen valmistajan antamien suositusten mukaan kalibroituja mittalaitteita. Mittalaitteiden kalibroitodistuksen kopio liitetäänkin usein muiden asiakirjojen yhteyteen tarkastuksen jälkeen. (ST 605.03 2008, 8.)

Kohinageneraattori tuottaa laajakaistaista, nk. valkoista kohinaa yleensä taajuusalueella 5 - 2150 MHz. Laitteen tuottama signaali on taajuusvasteeltaan lähes täysin tasaista. Mittalaitetta käytetään passiivisen verkon taajuusvasteen mittauksissa selvittäessä verkon vaimenemia ja kaltevuuksia. (Naskali & Suikkanen 2004, 354.)

Antennijärjestelmää mitatessa tärkein mittalaite on tasomittari. Laadukkaiden ja nykyaikaisten tasomittareiden taajuusalue on yleensä 5 - 2150 MHz. Taajuusalue kertoo, millä taajuuksilla mittalaitteella voidaan suorittaa antenniverkon mittauksia. Tasomittarissa on digitaalisenkanavan signaalintason ilmaisu sekä BER- ja MER-mittaukset eli signaalinlaadun mittausominaisuudet. Taajuusspektrin näyttö on jokaisessa nykyaikaisessa mittalaitteessa. (ST 98.60 2008 3.)

Tasomittarit ovat kehittyneet paljon, ja niissä on nykyään paljon käyttöä helpottavia toimintoja, kuten automaattisia kanavanhaku- ja signaalintunnistustoimintoja.

5.1.2.2 Taajuusvasteiden mittaus

Taajuusvasteen mittauksella saadaan selville järjestelmän taajuusalue, vasteen kaltevuus ja tarvittaessa aaltoilu. Taajuusvasteet mitataan kaikista antennirasioista käyttäen kohinageneraattoria ja tasomittaria. Kohinageneraattori kytketään vahvistimen tilalle passiivisen jakoverkon tähtipisteeseen. (ST 605.03 2008, 8 - 9; ST 98.60 2008, 3 - 4.) Kuviossa 6 on esitetty periaatekuva mittauksen kytkennästä.

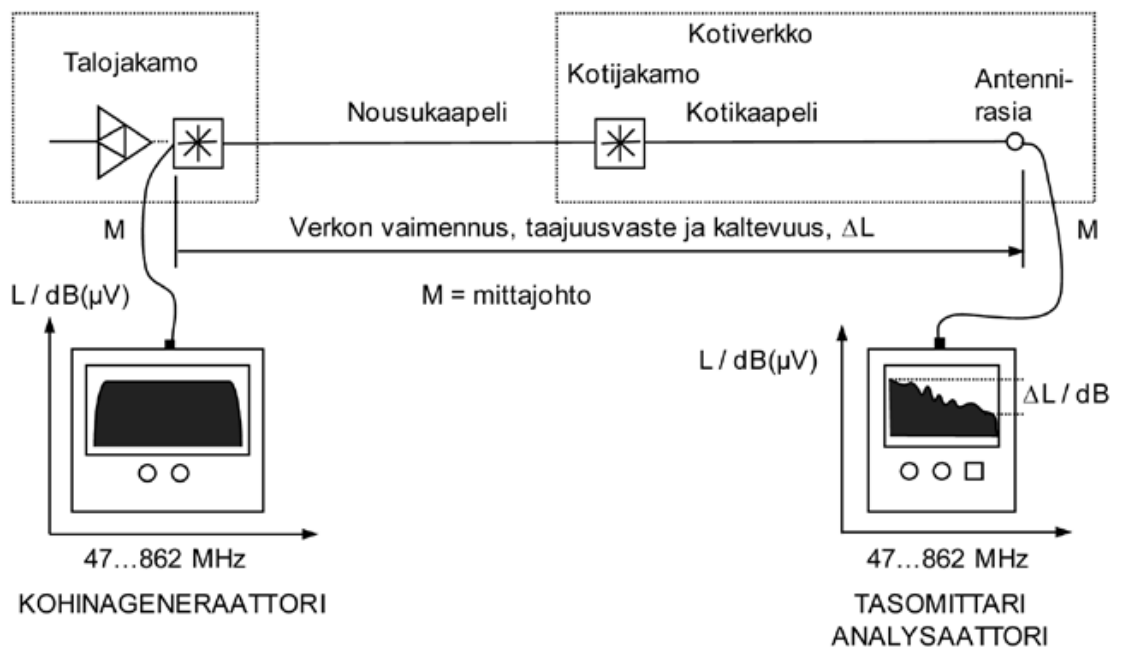
Kohinantaso vaimenee kulkiessaan verkon läpi, jolloin antennirasioista voidaan mitata tasomittarilla alempi signaalitaso kuin lähtöpisteessä. Mitatun lähtötason ja antennirasiasta mitatun signaalintason välinen erotus on verkon vaimenema tarkasteltavalla verkon osalla. Suurin sallittu vaimennus saa olla enintään 42 dB taajuudella 862 MHz. (ST 605.03 2008, 8 - 9; ST 98.60 2008, 3 - 4.) Satelliittijakelun välitaajuuskytkimissä ei yleensä ole tasonsäätöä, joten satelliittivälitaajuudella suurin verkossa

esiintyvä vaimennus tulisi olla korkeintaan noin 30 dB taajuudella 2150 MHz (ST-käsikirja 12 2008, 142).

Koska suurempitaajuinen signaali vaimenee suhteessa enemmän kuin matalampitaajuinen signaali suoritetaan, mittaus ylimmällä mittataajuudella eli 862 MHz ja alimmalla mittaustaajuudella 146 MHz. Vasteen aaltoilun selvittämiseksi voidaan mittaukset tehdä muutamalla välitaajuudella esimerkiksi 470 ja 606 MHz. Välitettäessä satelliittinsuoravälityssignaalia jakoverkossa on suoritettava taajuusvasteen mittaus myös satelliittijakelun alimmalla taajuudella 950 MHz ja ylimmällä taajuudella 2150 MHz. (ST 605.03 2008, 8 - 9; ST 98.60 2008, 3 - 4; ST-käsikirja 12 2008, 171 - 172.)

Alimman ja ylimmän taajuuden mitatun signaalin välinen erotus on tarkasteltavan verkon osan kaltevuus (ST 605.03 2008 8 - 9). Verkossa esiintyvä suurin sallittu kaltevuus taajuusalueella 146 - 862 MHz on 12 dB ja taajuusalueella 950 - 2150 on 15 dB (ST 621.10 2011, 8). Mittaustulokset kirjataan mittauspöytäkirjaan.

Vaimenemien perusteella lasketaan vahvistimen minimi- ja maksimilähtötasot verkossa välitettävien signaalimuotojen osalta. Vahvistimen lähtötason on oltava minimi- ja maksimilähtötason väliltä, jotta antennirasiolla saavutetaan riittävä signaalitaso. (ST-Käsikirja 12 2008, 172.)



KUVIO 6. Taajuusvasteiden mittauksen periaatekuva. (ST 605.03 2008, 8.)

5.1.2.3 Vahvistimien tulo- ja lähtötasot ja laadut

Jokaisen jakoverkkoa syöttävän vahvistimen tulotasot, tulosignaalin laadut, lähtötaso ja lähtösignaalin laadut mitataan jokaisella välitettävällä kanavalla tasomittarilla. Mittattavien kanavien määrä riippuu siitä, liitetäänkö kiinteistö kaapeli-tv-verkkoon vai onko kiinteistöllä omat antennit vastaanottoa varten. (ST 605.03 2008, 8.)

Antennien välittämien kanavien tulotaso ja MER mitataan antennikaapelista tai vahvistimen mittauspisteestä (ST 605.03 2008, 8). Välitettävien kanavien numerot vaihtelevat paikkakunnittain. UHF-taajuudella välitettävien kanavien ja FM-radiokanavien kanavapaikat ja taajuudet on esitetty Digitan verkkosivuilta ja VHF-taajuudella välitettävien kanavien kanavapaikat DNA:n verkkosivuilta.

Kiinteistön liittyessä kaapeli-tv-verkkoon mitataan yhteisantenniverkossa välitettävien kanavien tulotaso ja signaalinlaatu vahvistimen mittauspisteestä (ST 621.30 2011, 4). Paikkakunnalla kaapeli-tv-verkossa välitettävien kanavien paikat ja taajuudet löytyvät paikallisen kaapeli-tv-operaattorin verkkosivuilta.

Tulosignaalitasojen ja tulosignaalien laatujen mittauksen jälkeen mitataan vahvistimen kaikkien välitettävien kanavien lähtötaso ja laatu. Mittaus suoritetaan vahvistimen lähdon mittauspisteestä tai jos sitä ei ole, suoraan lähtöliittimestä (ST 621.30 2011, 4.) Lähtötasoa voidaan säätää ja sen tulee olla taajuusvastemittauksissa laskettujen rajojen sisällä, jotta tasot antennirasioissa olisivat sallituissa rajoissa (ST 605.03 2008, 8).

Kaikki mitatut arvot merkitään pöytäkirjaan tai tallennetaan mittalaitteen muistiin mitausraporttia varten.

5.1.2.4 Antennirasioiden tasot ja laadut

Verkon ollessa säädetty käyttökuntoon antennirasioilta mitataan tasomittarilla ylimmän ja alimman kanavan tasot ja niiden laatu. Mittaus suoritetaan vähintään muutamalta rasialta. (ST 621.30 2011, 4.) Mittauksiin tulisi kuulua vähintään suurimman johtopituuden rasia, suurimman vaimennuksen rasia ja lähin rasia. Mitatut tasot ja laadut kirjataan mittauspöytäkirjaan ja niiden tulee olla annettujen rajojen puitteissa. (Naskali & Suikkanen 2004.)

5.2 Antennimaston lujuuslaskelma

Antennimastoon voi tuulella kohdistua suuria voimia. Tästä syystä antennimaston lujuus on tarkastettava lujuuslaskelmalla. Lujuuslaskelmaksi on olemassa valmiita yksinkertaisia pohjia, joilla voidaan laskea korkeintaan kuusi metriä korkean harustamattoman maston ja sen tukiputken kestävyys. Korkeampien ja harustettujen mastojen laskenta kannattaa jättää lujuuslaskennan ammattilaisten tehtäväksi. (St-käsikirja 12 2008, 123 – 124.)

Lujuuslaskelmaan täytetään antennien asennuskorkeudet sekä antennivalmistajan antamat antenneihin kohdistuvat tuulikuormituksen arvot, joiden perusteella laskeaan mastoon kohdistuva momentti. Momentit lasketaan yhteen ja niihin lisätään tukiputken vastaavat arvot, jollin saadaan antennimastorakenteeseen kohdistuva kokonaismomentti. Saatua momenttia verrataan mastovalmistajan antamaan suurimpaan sallittuun mastoon kohdistuvaan momenttiin. Kun laskettu arvo on pienempi kuin sallittu arvo, on mastorakenne riittävän kestävä. (ST 621.40, 2011, 3.)

5.3 Kaaviot ja piirustukset

Antennijärjestelmää kuvaavista kaavioista tulisi ilmetä verkon rakenne, käytettyjen rakenneosien sijainnit ja tyypit, käytettyjen sisä- ja ulkokaapeleiden tyypit, pituudet ja osoitetunnukset, maadoitukset ja potentiaalintasaukset ulkokaapeleista lisäksi käytetty asennustapa. (ST-Käsikirja 12 2008, 178).

Tasopiirustuksista tulee ilmetä käytetyt kaapelireitit ja antennirasioiden sijainnit, vahvistinlaitteiston pistorasian paikka ja ryhmäsulakkeen sijainti (ST-Käsikirja 2008, 178).

6 TYÖN TOTEUTUS

Käytännön työnä opinnäytetyöhön liittyi uuden mittauspöytäkirjan laatiminen, mittalaitteiden hankinnan selvitystyö, mittausohjeen laatiminen kohteissa tehtävien mittausten tueksi sekä käyttöönottomittauksen suorittaminen uudelle yhteisantenniverkolle.

6.1 Tarkastuspöytäkirjapohjan laatiminen

Yhteisantenniverkon tarkastuspöytäkirjasta (liite 1) laadittiin yrityksen muiden järjestelmien tarkastuspöytäkirjojen kanssa ulkoasultaan yhteneväiseksi. Laadinnassa käytettiin apuna ST-kortiston yhteisantenniverkon tarkastuspöytäkirjaa ST 621.40. Tarkastuspöytäkirja koostuu järjestelmän tarkastusosasta, mittaustuloksista sekä antennimaston mitoituspöytäkirjasta. Mittaustuloksille varattiin enemmän tilaa kuin ST-kortiston tarkastuspöytäkirjassa ja lisäksi siihen lisättiin sarake myös antennirasiasta mitatuille laadun arvoille.

6.2 Mittalaitteiden hankinta

Yritykselle tuli hankkia uudet mittalaitteet vanhan mittarin heikon kunnon vuoksi. Tarvittavia mittalaitteita ovat tasomittari ja kohinageneraattori.

6.2.1 Selvitystyö

Ensiksi selvitettiin, mitä ominaisuuksia mittalaitteissa tulee olla, mitä eri mittalaitteiden merkkejä ja malleja on olemassa sekä missä ja kuinka usein kalibroinnit on suoritettava. Ominaisuuksia ja huollon saatavuutta vertailtaessa selvitystyön aikana havaittiin, että järkeviä tasomittarimerkkejä on kaksi: Promax ja Sefram. Molempien merkien kalibrointi ja huolto onnistuu Suomessa, joten näin vältetään laitteiden lähettämiseltä ulkomaille. Kohinageneraattori merkkejä oli tarjolla useampia, kuten esimerkiksi Sefram, Promax ja Kws.

Laitteiden ominaisuuksia selvittäessä yrityksen toiveena oli, että tasomittarilla pystytään mittaamaan kohinan taso ja signaalien tasot ja laadut terrestriaalisilta-, kaapeli- sekä radiokanavilta. Satelliittisignaalin mittausta ei tarvittaisi. Tasomittarissa tulisi

olla myös terrestriaalisilla kanavilla välitettävien teräväpiirtokanavien eli DVB-T2 signaalin mittausta.

6.2.2 Mittalaitteiden vertailu

Eri mittalaitteista saatiin esitteitä, joiden perusteella vertailtiin ominaisuuksia, lisäksi kyselin sähköpostilla mittaritoimittajilta huollon ja kalibroinnin saatavuutta. Promaxin ja Seframin malleja päästiin myös hieman kokeilemaan opinnäytetyön tekemisen aikana olleilla Sähkömessuilla.

Sopiviksi mittareiksi kelpuutettiin vain Seframin ja Promaxin tasomittarit ominaisuuksien, hankinnan ja kalibroinnin helppouden perusteella. Muita mittalaitteita merkkeitä olivat mm. Televes, joka on tarkoitettu lähinnä kaapeli-tv-operaattoreille, Rover joka olisi tilattava ulkomailta, Kws joka hylättiin puutteellisten ominaisuuksien takia ja Unaohm joka olisi tilattava Italiasta.

Promax:n HD+ mallissa (kuva 9), on kaikki tarvittavat ominaisuudet mukaan lukien DVB-T2 –mittaus. Ominaisuuksiin kuului myös satelliittialueen mittausta, jolle ei kuitenkaan tulisi käyttöä. Promaxin mittareille suositellaan vuoden välein tehtävää kalibrointia. Promaxin mittarissa alin mitattava taajuus on 5 MHz.



KUVA 9. Promaxin tasomittari. (Promax)

Seframilla oli sopivia malleja tarjolla vertailun tekemisen aikaan kaksi: 7862 HDT2 ja 7865 HDT2 (kuva 10). Molemmissa mittareissa oli tarvittavat ominaisuudet, mutta 7862 HDT2 mallissa taajuusalue alkoi vasta 45 MHz:ssä, kun se 7865 HDT2:ssa alkoi 5 MHz. Kaapeli-tv verkkoon liityttäessä voi olla käytössä myös paluukaista joka on alle 45 MHz. Tästä syystä 7865 malli saattaisi olla parempi valinta, jotta myös paluusuunnan mittaus onnistuu tarvittaessa. Seframin mittalaite kalibroidaan kahden vuoden välein. Myös Seframin mittareissa oli satelliittialueen mittaus.



KUVA 10. Seframin tasomittari (Sefram)

Molemmat merkit todettiin laadukkaiksi ja yritykselle soveltuviksi. Molemmissa merkeissä ohjelmisto on suomenkielinen. Suurinta roolia laitteen valinnassa tulisi siis pitämään kalibroitiväli ja omat mieltymykset, jotka kallistuivat hivenen Seframin suuntaan.

Kohinageneraattoreita vertailtiin lähinnä hinnan perusteella, koska perusmalleissa on lähestulkoon identtiset ominaisuudet ja oli selvää, että perusmalli riittää.

6.2.3 Hankitut laitteet

Selvitystyön pohjalta yritykseen hankittiin Seframin tasomittari. Seframin tasomittarin kalibroitiväli on kaksi vuotta, kun taas Promax olisi pitänyt kalibroida vuosittain. Vertailun tekemisen jälkeen markkinoille tuli edullisempi Seframin mittalaitemalli, joka yritykseen hankittiin. Vertailu ei kuitenkaan mennyt hukkaan, vaan selvitystyössä ja vertailussa saatua tietoa hyödynnettiin hankinnassa.

Hankitussa Seframin (kuvassa 11) tasomittarissa on kaikki edellä vaaditut ominaisuudet. Mittarissa ei ole satelliittialueen mittausta, eikä automaattisia hakutoimintoja mikä yksinkertaistaa mittalaitteen käyttöä ja myös alentaa laitteen hintaa.

Hankitun tasomittarin käyttö on yksinkertaista, koska laitteesta on vain tarpeellisimmat ominaisuudet. Kaikki tarvittavat toiminnot löytyvät oman painikkeensa takaa. Laitteessa ei siis ole automaattisia hakutoimintoja, joten kanavat viritetään itse. Laitteeseen ohjelmoitiin Jyväskylässä käytössä olevat maanpäällisten lähetysten-, kaapeli- ja radiokanavien paikat omiin listauksiinsa, niin että mittaaminen helpottuu kaikkien kanavien löytyessä valmiina.

Automaattisen haun puuttuessa on kanavien listaukset kuitenkin tarkastettava aika ajoin, koska kanavia voi tulla lisää, ne voivat poistua tai niiden paikat voivat vaihtua.



KUVA 11. Seframin tasomittari. (Valokuva Juho Pirttinen 2012)

Eri kohinageneraattoreiden eivät juuri eroa toisistaan niiden yksinkertaisen tehtävänä vuoksi. Joissakin generaattoreissa on olemassa säätöjä esimerkiksi kohinan tason voimakkuudelle, mutta niitä ei katsottu tarpeellisiksi. Kohinageneraattoriksi valittiin Promaxin malli (kuvassa 12) sen jämän rakenteen ja yksinkertaisuuden vuoksi. Hankitussa kohinageneraattorissa ei ole säätöjä, joten sen käyttö on helppoa.



KUVA 12. Promaxin kohinageneraattori (Valokuva Juho Pirttinen 2012)

6.3 Mittausohjeen laatiminen

Yhteisantenniverkon mittausohje (liite 2) laadittiin helpottamaan asentajien työtä heidän suorittaessa mittausa. Mittausohjeessa käydään kohta kohdalta läpi, miten mitaus suoritetaan ja missä järjestyksessä.

Mittausohje koostettiin St-korttien mittausohjeiden perusteella, ja siihen lisättiin tarpeellista tietoa, kuten vaimennuksien suurimmat sallitut arvot sekä signaalitasojen ja laatuojen raja-arvot.

6.4 Käyttöönottotarkastus ja mitaus

Käyttöönottotarkastus ja mitaus suoritettiin Vapaudenkatu 40–42:ssä sijaitsevassa kiinteistössä, joka käsitti kaksi rakennusta. Kiinteistöön oli asennettu uusi tähtimäinen yhteisantenniverkko, joka korvasi vanhan ketjutetun verkon. Kohteen yhteisantenniverkko koostui kahdesta erillisestä verkosta eli molemmissa rakennuksissa oli omat verkkonsa ja antenninsa. Molemmissa rakennuksissa päävahvistin, linjavahvistimet ja jakoverkon tähtipiste sijaitsivat talon ullakkokerroksessa. Ullakolta jakoverkon tähtipisteeltä lähtee kuhunkin asuntoon ja liiketilaan oma kaapelinsa huoneiston tähtipis-

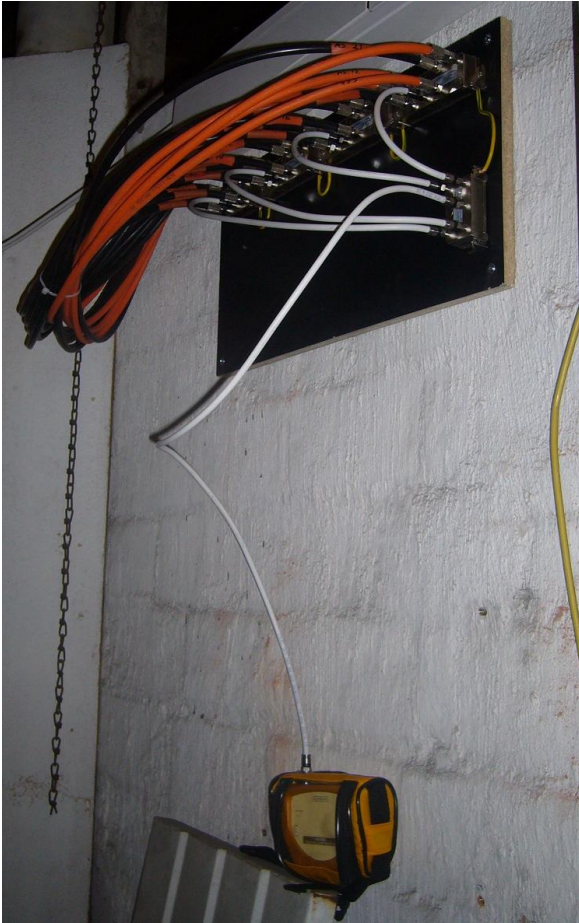
teeseen. Asentajat ovat tehneet koko ajan silmämääräistä tarkastusta asennuksen aikana, joten tarkastuspöytäkirjaan (liite 3) voidaan täyttää tarkastettavien kohteiden oikeellisuus ja virheettömyys.

Mittaus aloitettiin selvittämällä verkon vaimenemat taajuusvastemittauksella. Taajuusvastemittauksen jälkeen päävahvistimeen ohjelmoitiin vastaanotettavat kanavat, minkä jälkeen antennit kytkettiin päävahvistimeen ja mitattiin antenneilta saatavien tulospäänteen tasot ja laadut. Vaimennuksien perusteella säädettiin verkkoon syötettävien kanavien tasot oikeiksi. Lähdön kanavien tasot ja laadut mitattiin ja kirjattiin pöytäkirjaan. Vahvistimen mittausten jälkeen mitattiin tasot ja laatu antennirasioilta.

6.4.1 Verkon vaimenemat

Verkon vaimenemat lasketaan taajuusvastemittauksella saatavilla tuloksilla. Taajuusvastemittaus aloitettiin mittaamalla kohinageneraattorin lähtötaso tasomittarilla alimmalla ja ylimmällä mittataajuudella. Arvojen mittauspöytäkirjaan (liite 3) kirjaamisen jälkeen kohinageneraattori kytkettiin jakoverkon tähtipisteen lähtöön, toisin sanoen pisteeseen johon vahvistimen lähtö kytketään (kuva 13). Kohinageneraattorin kytkennän jälkeen mitattiin kohinatasot kaikilta antennirasioilta (kuva 14). Mittausten jälkeen laskettiin verkon vaimennukset ja tarkistettiin niiden pysyminen rajojen sisällä. Molemmissa rakennuksissa vaimenemat olivat sallituissa rajoissa.

Vaimenemien mittauksessa vastaan tuli muutama viallinen haaroitin, jotka sijaitsivat huoneiston tähtipisteessä. Vialliset haaroittimet vaihdettiin, jolloin kohinatasot asettuivat järkevälle tasolle. Väestönsuojan lähdössä havaittiin olevan vähemmän vaimennusta kuin muissa lähdöissä, joten sinne lisättiin haaroitin tasaisempien vaimennustuloksien saamiseksi. Tasaisemmat vaimennustulokset edesauttavat vahvistimen säätöjen tekemisessä.



KUVA 13. Kohinageneraattorin kytkentä tähtipisteeseen. (Valokuva Juho Pirttinen 2012)



KUVA 14. Kohinan tason mittaus antennipistorasiasta. (Valokuva Juho Pirttinen 2012)

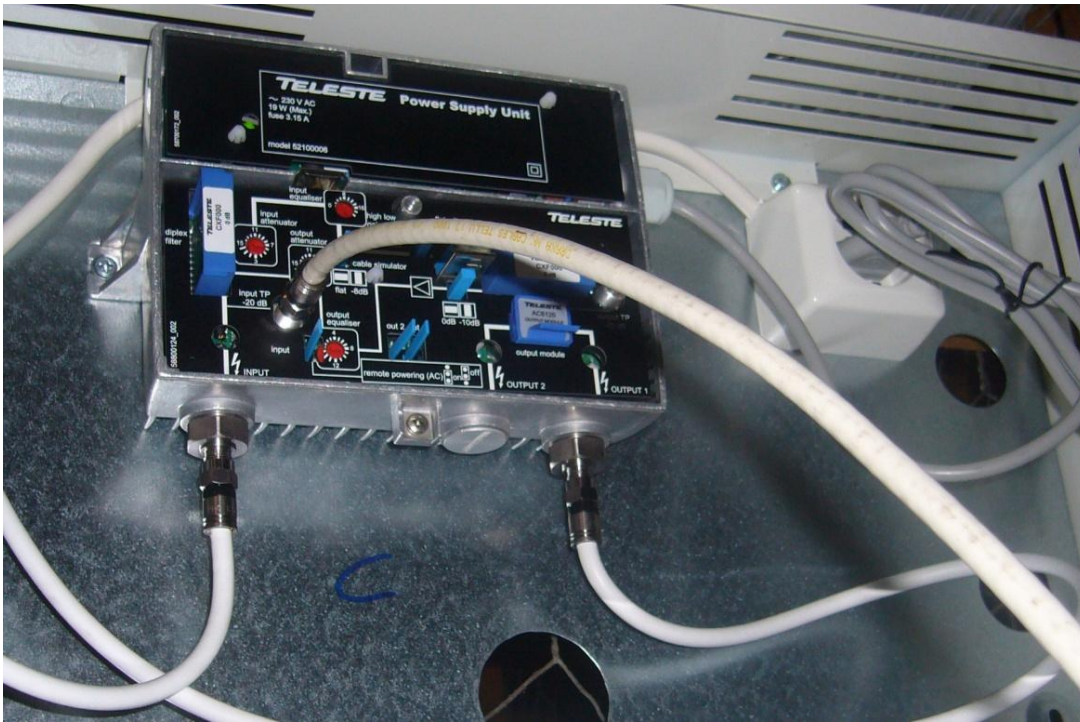
6.4.2 Vahvistimien säädöt

Verkon vaimenemien perusteella laskettiin edelleen verkkoa syöttävän vahvistimen minimi- ja maksimilähtötaso, joiden väliin kanavien lähtötasot tulee säätää. Päävahvistimessa (kuva 15) on kanavakohtaiset lähtötason säädöt UHF-kanaville, jolloin jokainen kanava voidaan säätää sopivalle tasolle. Päävahvistimessa ei ole VHF- ja radiokanaville kanavakohtaisia säätöjä, joten vahvistin vahvistaa kaikkia kanavia yhtä paljon.

Toisessa rakennuksessa on kaksi rappua, joten päävahvistin syöttää rappukohtaista linjavahvistinta (kuva 16). Linjavahvistimessa ei ole kanavakohtaisia säätöjä, mutta sillä voidaan tarvittaessa vahvistaa suuria taajuuksia enemmän kuin pieniä taajuuksia, millä voidaan kumota kaapeleissa tapahtuva suurien taajuuksien suurempi vaimenema.



KUVA 15. Ohjelmoitava päävahvistin. (Valokuva Juho Pirttinen 2012)



KUVA 16. Linjavahvistin kotelon kansi avattuna. (Valokuva Juho Pirttinen 2012)

6.4.3 Signaalitasot ja laadut

Vahvistimien lopullisten säätöjen löydyttyä kirjattiin lähtötasot ja laadut pöytäkirjaan. Myös antenneilta saatavat signaalitasot ja laadut kirjattiin mittauspöytäkirjaan (liite 3). Kiinteistöön oli aiemmin vaihdettu uudet antennit, jotka oli silloin myös suunnattu. Antenneilta saatiin riittävän voimakas ja laadukas signaali, joten niitä ei tarvinnut uudelleen suunnata. Kuvassa 17 mittalaitteen näytöllä näkyy signaalitasojen ja laatuojen mittausta helpottava taulukko, jossa näkyy kaikki vastaanotettavat kanavat samalla kertaa.

Antennirasioilta mitattiin muutamasta asunnosta kanavapakettien A ja B tasot ja laadut. Kaikissa mitatuissa asunnoissa signaalitasot ja laadut olivat kunnossa, mikä kertoo vahvistimen säätöjen onnistuneen. Myös antennirasioiden mittaustulokset kirjataan mittauspöytäkirjaan.

Teräväpiirto kanavien mittausta ei saatu laadun osalta mitattua, johtuen luultavasti laitteen ohjelmiston tuoreudesta tai päävahvistimen ominaisuuksista. Ongelma saattaisi korjautua ohjelmistopäivityksellä, joka voitaisiin suorittaa tasomittarin seuraavan kalibroinnin yhteydessä.



KUVA 17. Lähtötason mittaus vahvistimelta. (Valokuva Juho Pirttinen 2012)

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä kuvattiin yhteisantenniverkon perusrakenteet ja komponentit sekä yhteisantenniverkkoja koskevat määräykset. Yhteisantenniverkkojen mittauksiin liittyvät vaatimukset, tarvittavat mittaukset ja mittauksissa tarvittavat laitteet selvitettiin.

Kiites Oy:lle hankittiin selvitystyön perusteella uudet mittalaitteet, joilla suoritettiin Viestintäviraston määräyksen mukainen mittaus käytännön kohteessa. Yritykselle laadittiin pöytäkirjapohja yhteisantenniverkon tarkastuksiin ja mittauksiin sekä mittausohje asentajien käyttöön mittausten suorittamisen tueksi.

Yhteisantenniverkkojen mittaaminen ja säätäminen kohdalleen on haastavaa ja mittauksia tehdessä havaitsin myös antennijärjestelmän suunnitelmien laadussa olevan parannettavaa. Tulevaisuudessa teräväpiirtoisten kanavien tarjonta varmasti lisääntyy, jolloin yhteisantenniverkon säätöjen tulee ehdottomasti olla kohdallaan laadukkaan kuvan välittämiseksi.

LÄHTEET

Määräys kiinteistön sisäisestä yhteisantenniverkosta ja –järjestelmästä. 21E/2007 Viestintävirasto. [viitattu 18.8.2012]. Saatavissa:

<http://www.ficora.fi/attachments/suomiry/5qKajkgei/Viestintavirasto21E2007M.pdf>

Määräyksen 21 perustelut ja soveltaminen, määräys kiinteistön sisäisestä yhteisantenniverkosta ja järjestelmästä MPS 21. Viestintävirasto. [viitattu 18.8.2012]. Saatavissa: <http://www.ficora.fi/attachments/suomimq/5yC5S95jl/MPS21.pdf>

Sähköinfo ST-kortisto ja tietokansiot. [verkkosivu]. Sähköinfo. [viitattu 4.3.2012]. Saatavissa: <http://www.sahkoinfo.fi/ProductGroup.aspx?id=37>.

ST-Käsikirja 12 Antennijärjestelmät. 2008. Espoo: Sähköinfo Oy.

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

ST 621.31 Yhteisantennijärjestelmät. Maadoitus ja potentiaalintasaus. 2010. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 605.02 Asuinkiinteistön viestintäverkot. Asennusohjeet. 2008. Espoo: Sähköinfo Oy.

Ikonen A. 2009. *Teräväpiirtotelevisio.* Telestory Oy.

Pientalon antenniopas.[verkkojulkaisu]. 2012. SANT ry. [viitattu 18.8.2012]. Saatavissa: http://www.sant.fi/doc/Antenniopas_korjattu_6_2012_NETTI.pdf

DNA. Lehdistötiedotteet. Teräväpiirto-tv antennin kautta 1,5 miljoonalle suomalaiselle. [viitattu 21.9.2012] Saatavissa: http://www.dna.fi/DNAOy/Media/Tiedotteet/Sivut/Teravapiirtotvtanavuonnaantenninka_uttajoyli15miljoonallesuomalaiselle.aspx

Laatuantenni. *Ula-antennit.* [verkkodokumentti] Esite. [viitattu 18.8.2012]. Saatavissa: http://www.laatuantenni.fi/tuotteet/pdf_esitteet/Antennit/112%20ULA-antennit.pdf

ST 621.11 Yhteisantennijärjestelmät tekniikka. 2011. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 621.10 Yhteisantennijärjestelmät, tekninen suunnitteluohje. 2011. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 98.60 Yhteisantennijärjestelmät. Käyttö, ylläpito ja huolto. 2008. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 605.03 Asuinkiinteistön viestintäverkot. Mittaukset, tarkastukset ja dokumentointi. 2008. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 621.30 Yhteisantennijärjestelmät. Asennusohje. 2011. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 621.40 Tarkastuspöytäkirja. Kiinteistön sisäinen yhteisantennijärjestelmä. 2011. Espoo: Sähköinfo Oy.


ST 621.03 Pientalon antennijärjestelmän suunnittelu ja toteutus. 2011. Espoo: Sähköinfo Oy.

Tv Explorer HD+ High definition TV analyser. [verkkosivu] Promax. [viitattu 21.9.2012] Saatavissa:

<http://www.promaxelectronics.com/ing/products/fichaprod.php?product=TVExplorerHDp>

Sefram products Terrestrial, cable and satellite. [verkkosivu] Sefram. [viitattu 21.9.2012] Saatavissa:

http://www.sefram.com/www/np_searchmodel7.asp?lf=Terrestrial%2C+cable+and+satellite

 <p>Sähköasennus ja -kunnossapito Kiites Oy, Ahjokatu 13 40320 Jyväskylä</p>	TARKASTUSPÖYTÄKIRJA Kiinteistön sisäinen yhteisantennijärjestelmä	Sivu:	
Työkohde:			
Tarkastuksen peruste:			
Yleistä			
<input type="checkbox"/> liittyy kaapeli-tv verkkoon <input type="checkbox"/> omia antennoja <input type="checkbox"/> useampi kuin yksi rakennus <input type="checkbox"/> paluusuuntakelpoinen <input type="checkbox"/> sisältää väestönsuojan			
Lisätietoja			
Suunnittelija			
Järjestelmän tarkastus			
Antennit <input type="checkbox"/> tukiputken kiinnitys <input type="checkbox"/> tiivistykset <input type="checkbox"/> antennit <input type="checkbox"/> antennikaapelit <input type="checkbox"/> maadoitus <input type="checkbox"/> lujuuslaskelmat <input type="checkbox"/> dokumentointi	Jakoverkko <input type="checkbox"/> rakenne <input type="checkbox"/> kaapelitiet <input type="checkbox"/> kaapelit <input type="checkbox"/> rakenneosat <input type="checkbox"/> antennirasioiden määrä <input type="checkbox"/> väestönsuojan kaapeli <input type="checkbox"/> ulkokaapelit <input type="checkbox"/> dokumentointi	Tähtipiste <input type="checkbox"/> sijainnit <input type="checkbox"/> lukitukset <input type="checkbox"/> rakenneosat <input type="checkbox"/> laajennettavuus <input type="checkbox"/> ylläpito <input type="checkbox"/> potentiaalintasaus <input type="checkbox"/> dokumentointi	Vahvistinkeskus <input type="checkbox"/> sijainti <input type="checkbox"/> lukitus <input type="checkbox"/> rakenneosat <input type="checkbox"/> laajennettavuus <input type="checkbox"/> ylläpito <input type="checkbox"/> potentiaalintasaus <input type="checkbox"/> dokumentointi <input type="checkbox"/> sähköasennukset
Lisätietoja			
Suoritettut mittaukset			
<input type="checkbox"/> signaalitasot ja laatu vahvistimien tuloissa <input type="checkbox"/> signaalitasot ja laatu vahvistimien lähdoissä <input type="checkbox"/> suurin vaimennus antennirasiassa taajuudella 862 Mhz <input type="checkbox"/> suurin kaltevuus antennirasiassa taajuusalueella 146-862 Mhz <input type="checkbox"/> signaalitasot ja laadut antennirasioissa <input type="checkbox"/> mittauksissa on käytetty kalibroituja mittalaitteita			
Käytetyt mittalaitteet			
Lisätietoja			
Tarkastuksen tulos			
<input type="checkbox"/> Tarkastettu yhteisantennijärjestelmä täyttää määräyksen "Viestintävirasto 21E/2007M" vaatimukset			
Tarkastuksen tekijä			
Nimi:			
Paikka ja aika:	Allekirjoitus:		

LIITTEET

1. Mittaustulokset
2. Antennimaston lujuuslaskelma
3. Antennijärjestelmän kaavio



Sähköasennus ja -kunnossapito

Kiites Oy, Ahjokatu 13
40320 Jyväskylä

MITTAUSOHJE

Kiinteistön sisäinen yhteisantennijärjestelmä

Sivu:

Jakoverkon taajuusvasteiden mittaus kohinalla

Mittauksella tarkistetaan verkon vaimennus ja vasteen kaltevuus antennirasiosissa sekä varmistetaan verkon rakenneosien kunto ja toimivuus.

Passivisen jakoverkon taajuusvaste mitataan kaikista antennirasioista.

Mittaus tehdään jokaisen jakoverkon vahvistimen jälkeiseen verkkoon erikseen. Esimerkiksi rappukohtaiset vahvistimet.

1. Mitataan **kohinageneraattorin lähtötasot** mittataajuuksilla 146, 862 MHz ja merkitään arvot pöytäkirjaan.
2. Kohinageneraattori kytketään jakamossa vahvistimen tilalle. HUOM! Vahvistin ylikuormittuu laajakaistaisesta kohinasta.
3. **Antennirasioista** mitataan mittataajuuksien mukaiset **jännitetasot** (dB μ V) jotka merkitään pöytäkirjaan.
4. Lasketaan jakoverkon minimi ja maksimi vaimennus.

Tarkastelupisteen kaltevuus on alimman ja ylimmän mittaustaajuuksien tasojen erotus. Kohinan lähtötason mahdollinen kaltevuus on otettava huomioon.

Lähtötason ja mittauspisteen tason erotus on vaimennus tarkasteltavalla osuudella.

Suurin mitattu vaimennus taajuudella 862 MHz olla enintään 42dB ja suurin mitattu taajuusvasteen kaltevuus taajuusalueella 146...862 MHz enintään 12 dB

Esimerkki

	Mitattu kohinatasa / dB μ V		Kaltevuus
Taajuus (Mhz)	146	862	862-146
Kanava	S7	E21	dB
Kohinan lähtötaso L_K(dBμV)	89	88	1
Mittauspiste 1	66	57	8
Mittauspiste 2	64	51	12
...			
Mitattu maksimitaso = L_M (dB μ V)	66		
Minimivaimennus $a_m = L_K - L_M$ (dB)	23		
Mitattu minimitaso = L_m (dB μ V)		51	
Maksimivaimennus $a_M = L_K - L_m$ (dB)		37	

Tulosten perusteella saadaan laskettua vahvistimen minimi ja maksimi lähtötasot.

Taloverkon syöttötasot

Antenni verkko:

DVB-T	Minimitaso	$L_m = 45 \text{ dB}\mu\text{V} + a_m =$	$45 \text{ dB}\mu\text{V} + 37 \text{ dB} = 82 \text{ dB}\mu\text{V}$
DVB-T2:	Minimitaso	$L_m = 47 \text{ dB}\mu\text{V} + a_m =$	$47 \text{ dB}\mu\text{V} + 37 \text{ dB} = 84 \text{ dB}\mu\text{V}$
DVB-T ja DVB-T2	Maksimitaso	$L_M = 74 \text{ dB}\mu\text{V} + a_m =$	$74 \text{ dB}\mu\text{V} + 23 \text{ dB} = 97 \text{ dB}\mu\text{V}$

Kaapeli verkko:

DVB-C, 128 QAM	Minimitaso	$L_m = 50 \text{ dB}\mu\text{V} + a_m =$	$50 \text{ dB}\mu\text{V} + 37 \text{ dB} = 87 \text{ dB}\mu\text{V}$
DVB-C, 128 QAM	Maksimitaso	$L_M = 70 \text{ dB}\mu\text{V} + a_m =$	$70 \text{ dB}\mu\text{V} + 23 \text{ dB} = 93 \text{ dB}\mu\text{V}$
DVB-C, 256 QAM	Minimitaso	$L_m = 54 \text{ dB}\mu\text{V} + a_m =$	$54 \text{ dB}\mu\text{V} + 37 \text{ dB} = 91 \text{ dB}\mu\text{V}$
DVB-C, 256 QAM	Maksimitaso	$L_M = 74 \text{ dB}\mu\text{V} + a_m =$	$74 \text{ dB}\mu\text{V} + 23 \text{ dB} = 97 \text{ dB}\mu\text{V}$



Sähköasennus ja -kunnossapito

Kiites Oy, Ahjokatu 13
40320 Jyväskylä

MITTAUSOHJE

Kiinteistön sisäinen yhteisantennijärjestelmä

Sivu:

Signaalitasot ja digitaalisten kanavien laatu (MER) vahvistimen tuloissa ja lähdessä

1A. Antenneilta saatavien kaikkien kanavien tulotaso (dB μ V) ja MER (dB) (modulation error rate) mitataan antennijohdosta tai vahvistimen mittapisteestä

Antennista saatavan signaalin jännitetasojen vaatimukset (dB μ V)

Signaalityyppi	
DVB-T, 64 QAM	≥ 45
DVB-T2, 256 QAM	≥ 47
Analoginen radio	≥ 56

1B. Rakennuksen liittyessä kaapelitv-verkkoon mitataan tulosignaalien tasot

2. Mitataan vahvistimen lähtötaso ja MER kaikilla välitettävillä kanavilla vahvistimen lähtöliittimestä tai mittauspisteestä ja verrataan sitä laskettuihin arvoihin. Säädetään lähtötasoa tarvittaessa.

Mittaukset suoritetaan jokaisesta jakoverkon vahvistimesta erikseen.

MER-arvojen vähimmäisvaatimukset vahvistimien lähdeissä (dB)


Signaalityyppi	MER
Analogianen radio, FM	-
DVB-C, 128 QAM	≥ 29
DVB-C, 256 QAM	≥ 32
DVB-T, 64 QAM	≥ 26
DVB-T2, 256 QAM	≥ 25

Signaalitasot mitattuna antennirasiasta, alin ja ylin kanava (dB μ V)

1. Vahvistimien säätöjen jälkeen, mitataan alimman ja ylimmän välitettävän kanavan signaalitasot ja MER antennirasioista, joihin on lyhin ja pisin kaapelimatka, antennirasioista joihin pienin ja suurin kokonaisvaimennus sekä muutama välimittaus

Vaaditut signaalitasot antennirasiossa, taajuusalue 5-862 MHz

	Signaalien tasot/dB μ V
Analogianen radio FM	50 - 70
DVB-C, 128 QAM	50 - 70
DVB-C, 256 QAM	54 - 74
DVB-T, 64 QAM	45 - 74
DVB-T2, 256 QAM	47 - 74

 <p>Sähköasennus ja -kunnossapito Kiites Oy, Ahjokatu 13 40320 Jyväskylä</p>	TARKASTUSPÖYTÄKIRJA Kiinteistön sisäinen yhteisantennijärjestelmä	Sivu:	
Työkohde: As Oy Vapaudenkatu 40-42, Jyväskylä			
Tarkastuksen peruste: Antennijärjestelmän käyttöönottotarkastus			
Yleistä			
<input type="checkbox"/> liittyy kaapeli-tv verkkoon <input type="checkbox"/> omia antennoja <input type="checkbox"/> useampi kuin yksi rakennus <input type="checkbox"/> paluusuuntakelpoinen <input type="checkbox"/> sisältää väestönsuojan			
Lisätietoja			
Suunnittelija			
Sähkösuunnittelu J.Nenonen Oy Tellervonkatu 1 B 20 40100 Jyväskylä			
Järjestelmän tarkastus			
Antennit <input type="checkbox"/> tukiputken kiinnitys <input type="checkbox"/> tiivistykset <input type="checkbox"/> antennit <input type="checkbox"/> antennikaapelit <input type="checkbox"/> maadoitus <input type="checkbox"/> lujuuslaskelmat <input type="checkbox"/> dokumentointi	Jakoverkko <input type="checkbox"/> rakenne <input type="checkbox"/> kaapelitiet <input type="checkbox"/> kaapelit <input type="checkbox"/> rakenneosat <input type="checkbox"/> antennirasioiden määrä <input type="checkbox"/> väestönsuojan kaapeli <input type="checkbox"/> ulkokaapelit <input type="checkbox"/> dokumentointi	Tähtipiste <input type="checkbox"/> sijainnit <input type="checkbox"/> lukitukset <input type="checkbox"/> rakenneosat <input type="checkbox"/> laajennettavuus <input type="checkbox"/> ylläpito <input type="checkbox"/> potentiaalintasaus <input type="checkbox"/> dokumentointi	Vahvistinkeskus <input type="checkbox"/> sijainti <input type="checkbox"/> lukitus <input type="checkbox"/> rakenneosat <input type="checkbox"/> laajennettavuus <input type="checkbox"/> ylläpito <input type="checkbox"/> potentiaalintasaus <input type="checkbox"/> dokumentointi <input type="checkbox"/> sähköasennukset
Lisätietoja			
Suoritetut mittaukset			
<input type="checkbox"/> signaalitasot ja laatu vahvistimien tuloissa <input type="checkbox"/> signaalitasot ja laatu vahvistimien lähdoissä <input type="checkbox"/> suurin vaimennus antennirasiassa taajuudella 862 Mhz <input type="checkbox"/> suurin kaltevuus antennirasiassa taajuusalueella 146-862 Mhz <input type="checkbox"/> signaalitasot ja laadut antennirasioissa <input type="checkbox"/> mittauksissa on käytetty kalibroituja mittalaitteita			
Käytetyt mittalaitteet			
Sefram 7809 Promax NG-283			
Lisätietoja			
Tarkastuksen tulos			
<input type="checkbox"/> Tarkastettu yhteisantennijärjestelmä täyttää määräyksen "Viestintävirasto 21E/2007M" vaatimukset			
Tarkastuksen tekijä			
Nimi: Juho Pirttinen			
Paikka ja aika:	Allekirjoitus:		

LIITTEET

- Mittaustulokset
- Antennimaston lujuuslaskelma
- Antennijärjestelmän kaavio



Sähköasennus ja -kunnossapito

Kiites Oy, Ahjokatu 13
40320 Jyväskylä

TARKASTUSPÖYTÄKIRJA

Kiinteistön sisäinen yhteisantennijärjestelmä

Sivu:

Työkohte: As Oy Vapaudenkatu 40-42, Jyväskylä

Mittaustulokset

A-porras

Taajuusvasteiden mittaus kohinalla

Taajuus (Mhz)	Mitattu kohinataso / dBμV		Kaltevuus 862-146 dB
	146	862	
Kanava	S7	E21	
Kohinan lähtötaso L_K (dBμV)	78,4	79,5	1,1
Mittauspiste			
A1	48,7	43,1	6,7
A3	47,7	42,4	6,4
A4	48,6	42,0	7,7
A5	48,3	41,3	6,1
A6	45,9	38,8	8,2
A7	46,5	40,5	7,1
A8	46,9	40,9	7,1
A9	46,0	39,4	7,7
A10	46,1	38,8	8,4
A11	46,0	39,5	7,6
A12	46,9	41,5	6,5
A13	46,5	41,4	6,2
A14 OH	46,2	39,8	7,5
A14 MH	47,6	42,2	6,5
A15	47,3	43,5	4,9
A16	47,0	40,9	7,2
A17	46,7	41,4	6,4
A18 OH	46,5	40,5	7,1
A18 MH	46,6	40,2	7,5
A18 MH	46,9	41,6	6,4
A19	46,6	41,1	6,6
A20	47,3	41,7	6,7
A21	46,8	42,0	5,9
VSS	47,7	42,0	6,0
Mitattu maksimitaso = L_M (dBμV)	48,7		
Minimivaimennus $a_m=L_K-L_M$ (dB)	29,7		
Mitattu minimitaso = L_M (dBμV)		38,8	
Maksimivaimennus $a_M=L_K-L_m$ (dB)		40,7	

Taloverkon syöttötasot

Antenniverkko:

DVB-T Minimi $L_m = 45 \text{ dB}\mu\text{V} + a_M = 85,7$
DVB-T2 Minimi $L_m = 47 \text{ dB}\mu\text{V} + a_M = 87,7$
DVB-T ja DVB-T2 Maksimi $L_M = 74 \text{ dB}\mu\text{V} + a_m = 103,7$

Kaaliverkko:

DVB-C, 128 QAM Minimi $L_m = 50 \text{ dB}\mu\text{V} + a_M =$
DVB-C, 256 QAM Minimi $L_m = 54 \text{ dB}\mu\text{V} + a_M =$
DVB-C, 128 QAM Maksimi $L_M = 70 \text{ dB}\mu\text{V} + a_m =$
DVB-C, 256 QAM Maksimi $L_M = 74 \text{ dB}\mu\text{V} + a_m =$

Lisätietoja



Sähköasennus ja -kunnossapito

Kiites Oy, Ahjokatu 13
40320 Jyväskylä

TARKASTUSPÖYTÄKIRJA

Kiinteistön sisäinen yhteisantennijärjestelmä

Sivu:

Työkohte: As Oy Vapaudenkatu 40-42, Jyväskylä

Mittaustulokset

A-porras

Signaalitasot ja digitaalisten kanavien MER vahvisimen tuloissa ja lähdessä

Vahvistin A-porras päävahvistin

Kanava	Tulo/dB μ V	MER/dB	Lähtö/dB μ V	MER/dB
30 (UHF)	78,8	29,3	99,4	29,2
60 (UHF)	75,8	29,9	103,4	29,7
55 (UHF)	75,3	27,4	101,5	27,1
25 (UHF)	79,4	-	100,3	-
41 (UHF)	74,5	35,8	100,1	35,6
11 (VHF)	84,5	-	96,8	-
9 (VHF)	87,0	-	99,2	-
5 (VHF)	87,2	-	100,0	-
89,9 (FM)	79,5	-	95,8	-
87,6 (FM)	68,9	-	86,3	-
99,3 (FM)	82,5	-	99,9	-
103,5 (FM)	82,1	-	100,9	-
92,5 (FM)	78,9	-	97,2	-
105,8 (FM)	86,7	-	105,5	-
101,6 (FM)	70,9	-	88,6	-
97,7 (FM)	74,9	-	93,6	-
95,1 (FM)	73,4	-	93,7	-
101,0 (FM)	72,8	-	90,1	-
104,5 (FM)	56,6	-	74,7	-
96,2 (FM)	62,5	-	82,6	-
94,1 (FM)	66,7	-	86,3	-
107,1 (FM)	68,3	-	86,7	-
102,5 (FM)	72,7	-	90,4	-

Lisätietoja

(-) MER ei mitattavissa, ei lähetystä tai analoginen FM-kanava

Signaalitasot ja MER mitattuna antennirasiasta, alin ja ylin signaali

Rasia	Alin/dB μ V	MER/dB	Ylin/dB μ V	MER/dB	Rasia	Alin/dB μ V	MER/dB	Ylin/dB μ V	MER/dB
A10	63,0	29,1	64,1	30,0					
A3	63,7	29,6	66,0	30,3					
A21	64,6	29,0	66,8	29,2					
VSS	64,6	29,7	66,6	29,5					

Lisätietoja

Mittauksessa käytetyt kanavat: Alin 30, Ylin 60



Sähköasennus ja -kunnossapito

Kiites Oy, Ahjokatu 13
40320 Jyväskylä

TARKASTUSPÖYTÄKIRJA

Kiinteistön sisäinen yhteisantennijärjestelmä

Sivu:

Työkohte: As Oy Vapaudenkatu 40-42, Jyväskylä

Mittaustulokset

B- ja C-porras

Signaalitasot ja digitaalisten kanavien MER vahvisimen tuloissa ja lähdessä

Vahvistin Päävahvistin B- ja C-porras

Kanava	Tulo/dBμV	MER/dB	Lähtö/dBμV	MER/dB
30 (UHF)	77,4	28,4	96,8	29,1
60 (UHF)	78,4	29,3	96,1	28,6
55 (UHF)	81,0	27,4	95,4	26,9
25 (UHF)	81,2	-	97,8	-
41 (UHF)	76,9	37,7	97,0	36
11 (VHF)	70,8	-	93,1	-
9 (VHF)	73,6	-	96,4	-
5 (VHF)	77,1	-	100,3	-
89,9 (FM)	81,7	-	94,7	-
87,6 (FM)	70,6	-	83,6	-
99,3 (FM)	84,2	-	97,2	-
103,5 (FM)	85,4	-	98,5	-
92,5 (FM)	84,3	-	97,0	-
105,8 (FM)	87,0	-	99,6	-
101,6 (FM)	74,3	-	87,4	-
97,7 (FM)	72,9	-	85,8	-
95,1 (FM)	74,1	-	88,6	-
101,0 (FM)	70,1	-	82,9	-
104,5 (FM)	73,3	-	86,5	-
96,2 (FM)	72,5	-	87,1	-
94,1 (FM)	68,6	-	83,0	-

Lisätietoja

(-) MER ei mitattavissa, ei lähetystä tai analoginen FM-kanava

Signaalitasot ja MER mitattuna antennirasiasta, alin ja ylin signaali

Rasia	Alin/dBμV	MER/dB	Ylin/dBμV	MER/dB	Rasia	Alin/dBμV	MER/dB	Ylin/dBμV	MER/dB

Lisätietoja



Sähköasennus ja -kunnossapito

Kiites Oy, Ahjokatu 13
40320 Jyväskylä

TARKASTUSPÖYTÄKIRJA

Kiinteistön sisäinen yhteisantennijärjestelmä

Sivu:

Työkohte: As Oy Vapaudenkatu 40-42, Jyväskylä

Mittaustulokset

B-porras

Taajuusvasteiden mittaus kohinalla

Taajuus (Mhz)	Mitattu kohinataso / dB μ V		Kaltevuus 862-146 dB
	146	862	
Kanava	S7	E21	
Kohinan lähtötaso L _K (dB μ V)	78,1	80,4	2,3
Mittauspiste			
B22	48,0	43,1	7,2
B23	48,6	44,4	6,5
B24	48,1	43,6	6,8
B25	48,3	43,6	7,0
B26	48,2	43,7	6,8
B27	48,6	44,2	6,7
B28	48,4	44,1	6,6
B29	45,7	41,2	6,8
B30	45,3	40,5	7,1
B31 MH	46,0	40,9	7,4
B31 OH	47,0	42,1	7,2
B32 OH	46,0	41,2	7,1
B32 MH	47,0	42,4	6,9
B33	47,5	42,6	7,2
Mitattu maksimitaso = L _M (dB μ V)	48,6		
Minimivaimennus a _m =L _K -L _M (dB)	29,5		
Mitattu minimitaso = L _M (dB μ V)		40,5	
Maksimivaimennus a _M =L _K -L _m (dB)		39,9	

Taloverkon syöttötasot

Antenniverkko:

DVB-T Minimi $L_m = 45 \text{ dB}\mu\text{V} + a_m = 84,9$
 DVB-T2 Minimi $L_m = 47 \text{ dB}\mu\text{V} + a_m = 86,9$
 DVB-T ja DVB-T2 Maksimi $L_M = 74 \text{ dB}\mu\text{V} + a_m = 103,5$

Kaapeliverkko:

DVB-C, 128 QAM Minimi $L_m = 50 \text{ dB}\mu\text{V} + a_m =$
 DVB-C, 256 QAM Minimi $L_m = 54 \text{ dB}\mu\text{V} + a_m =$
 DVB-C, 128 QAM Maksimi $L_M = 70 \text{ dB}\mu\text{V} + a_m =$
 DVB-C, 256 QAM Maksimi $L_M = 74 \text{ dB}\mu\text{V} + a_m =$

Lisätietoja



Sähköasennus ja -kunnossapito

Kiites Oy, Ahjokatu 13
40320 Jyväskylä

TARKASTUSPÖYTÄKIRJA

Kiinteistön sisäinen yhteisantennijärjestelmä

Sivu:

Työkohte: As Oy Vapaudenkatu 40-42, Jyväskylä

Mittaustulokset

B-porras

Signaalitasot ja digitaalisten kanavien MER vahvisimen tuloissa ja lähdössä

Vahvistin Säädettävä vahvistin B-porras

Kanava	Tulo/dBμV	MER/dB	Lähtö/dBμV	MER/dB
30 (UHF)	96,8	29,1	102,3	
60 (UHF)	96,1	28,6	101,9	
55 (UHF)	95,4	26,9	101,3	
25 (UHF)	97,8	-	102,4	
41 (UHF)	97,0	36,0	102,5	
11 (VHF)	93,1	-	95,8	
9 (VHF)	96,4	-	98,2	
5 (VHF)	100,3	-	102,4	
89,9 (FM)	94,7	-	97,3	
87,6 (FM)	83,6	-	86,4	
99,3 (FM)	97,2	-	99,8	
103,5 (FM)	98,5	-	101,5	
92,5 (FM)	97,0	-	99,3	
105,8 (FM)	99,6	-	102,39	
101,6 (FM)	87,4	-	88,6	
97,7 (FM)	85,8	-	91,9	
95,1 (FM)	88,6	-	85,1	
101,0 (FM)	82,9	-	88,5	
104,5 (FM)	86,5	-	89,7	
96,2 (FM)	87,1	-	85,6	
94,1 (FM)	83,0	-		
107,1 (FM)	85,9	-		
102,5 (FM)	88,4	-		

Lisätietoja

(-) MER ei mitattavissa, ei lähetystä tai analoginen FM-kanava

Signaalitasot ja MER mitattuna antennirasiasta, alin ja ylin signaali

Rasia	Alin/dBμV	MER/dB	Ylin/dBμV	MER/dB	Rasia	Alin/dBμV	MER/dB	Ylin/dBμV	MER/dB
B22	67,4	27,8	64,2	37,5					
B28	67,9	26,7	65,3	26,5					
B33	67,6	26,6	64,6	26,3					

Lisätietoja

Mittauksessa käytetyt kanavat: Alin 30, Ylin 60



Sähköasennus ja -kunnossapito

Kiites Oy, Ahjokatu 13
40320 Jyväskylä

TARKASTUSPÖYTÄKIRJA

Kiinteistön sisäinen yhteisantennijärjestelmä

Sivu:

Työkohte: As Oy Vapaudenkatu 40-42, Jyväskylä

Mittaustulokset

C-porras

Taajuusvasteiden mittaus kohinalla

Taajuus (Mhz)	Mitattu kohinataso / dB μ V		Kaltevuus 862-146 dB
	146	862	
Kanava	S7	E21	
Kohinan lähtötaso L_K (dB μ V)	78,2	80,0	1,8
Mittauspiste			
C34	49,4	43,9	7,3
C35	48,2	44,3	5,7
C36 OH	49,3	45,4	5,7
C36 MH	48,9	44,9	5,8
C37	49,1	46,2	4,7
C38 OH	49,7	46,1	5,4
C38 MH	49,4	46,4	4,8
C39 OH	48,3	44,0	6,1
C39 MH	49,8	46,8	4,8
C40	46,0	41,2	6,6
C41	46,5	42,2	6,1
C42	46,7	42,1	7,4
C43	45,8	41,4	6,2
C44	47,8	43,2	6,4
C45 OH	46,5	42,7	5,6
C45 MH	47,6	44,2	5,2
C46	46,0	41,5	6,3
C47 OH	47,3	43,0	6,1
C47 MH	46,9	42,9	5,8
C48 OH	48,2	43,8	6,2
C48 MH	48,6	44,1	7,3
Mitattu maksimitaso = L_M (dB μ V)	49,7		
Minimivaimennus $a_m=L_K-L_M$ (dB)	28,5		
Mitattu minimitaso = L_M (dB μ V)		41,1	
Maksimivaimennus $a_M=L_K-L_m$ (dB)		38,9	

Taloverkon syöttötasot

Antenniverkko:

DVB-T Minimi $L_m = 45 \text{ dB}\mu\text{V} + a_m = 83,9$
 DVB-T2 Minimi $L_m = 47 \text{ dB}\mu\text{V} + a_m = 85,9$
 DVB-T ja DVB-T2 Maksimi $L_M = 74 \text{ dB}\mu\text{V} + a_m = 102,5$

Kaapeliverkko:

DVB-C, 128 QAM Minimi $L_m = 50 \text{ dB}\mu\text{V} + a_m =$
 DVB-C, 256 QAM Minimi $L_m = 54 \text{ dB}\mu\text{V} + a_m =$
 DVB-C, 128 QAM Maksimi $L_M = 70 \text{ dB}\mu\text{V} + a_m =$
 DVB-C, 256 QAM Maksimi $L_M = 74 \text{ dB}\mu\text{V} + a_m =$

Lisätietoja



Sähköasennus ja -kunnossapito

Kiites Oy, Ahjokatu 13
40320 Jyväskylä

TARKASTUSPÖYTÄKIRJA

Kiinteistön sisäinen yhteisantennijärjestelmä

Sivu:

Työkohte: As Oy Vapaudenkatu 40-42, Jyväskylä

Mittaustulokset

C-porras

Signaalitasot ja digitaalisten kanavien MER vahvisimen tuloissa ja lähdössä

Vahvistin Säädettävä vahvistin B-porras

Kanava	Tulo/dB μ V	MER/dB	Lähtö/dB μ V	MER/dB
30 (UHF)	96,8	29,1	102,0	27,3
60 (UHF)	96,1	28,6	101,1	27,3
55 (UHF)	95,4	26,9	100,8	25,7
25 (UHF)	97,8	-	102,0	-
41 (UHF)	97,0	36,0	102,3	30,0
11 (VHF)	93,1	-	95,4	-
9 (VHF)	96,4	-	98,2	-
5 (VHF)	100,3	-	102,6	-
89,9 (FM)	94,7	-	97,5	-
87,6 (FM)	83,6	-	86,9	-
99,3 (FM)	97,2	-	99,8	-
103,5 (FM)	98,5	-	101,6	-
92,5 (FM)	97,0	-	99,5	-
105,8 (FM)	99,6	-	102,6	-
101,6 (FM)	87,4	-	90,0	-
97,7 (FM)	85,8	-	88,8	-
95,1 (FM)	88,6	-	91,2	-
101,0 (FM)	82,9	-	85,6	-
104,5 (FM)	86,5	-	89,5	-
96,2 (FM)	87,1	-	89,3	-
94,1 (FM)	83,0	-	85,8	-
107,1 (FM)	85,9	-	86,6	-
102,5 (FM)	88,4	-	91,4	-

Lisätietoja

(-) MER ei mitattavissa, ei lähetystä tai analoginen FM-kanava

Signaalitasot ja MER mitattuna antennirasiasta, alin ja ylin signaali

Rasia	Alin/dB μ V	MER/dB	Ylin/dB μ V	MER/dB	Rasia	Alin/dB μ V	MER/dB	Ylin/dB μ V	MER/dB
C48	67,4	26,9	65,8	26,2					
C35	67,8	27,6	65,7	27,2					
C33	67,6	26,6	65,3	26,6					

Lisätietoja

Mittauksessa käytetyt kanavat: Alin 30, Ylin 60

