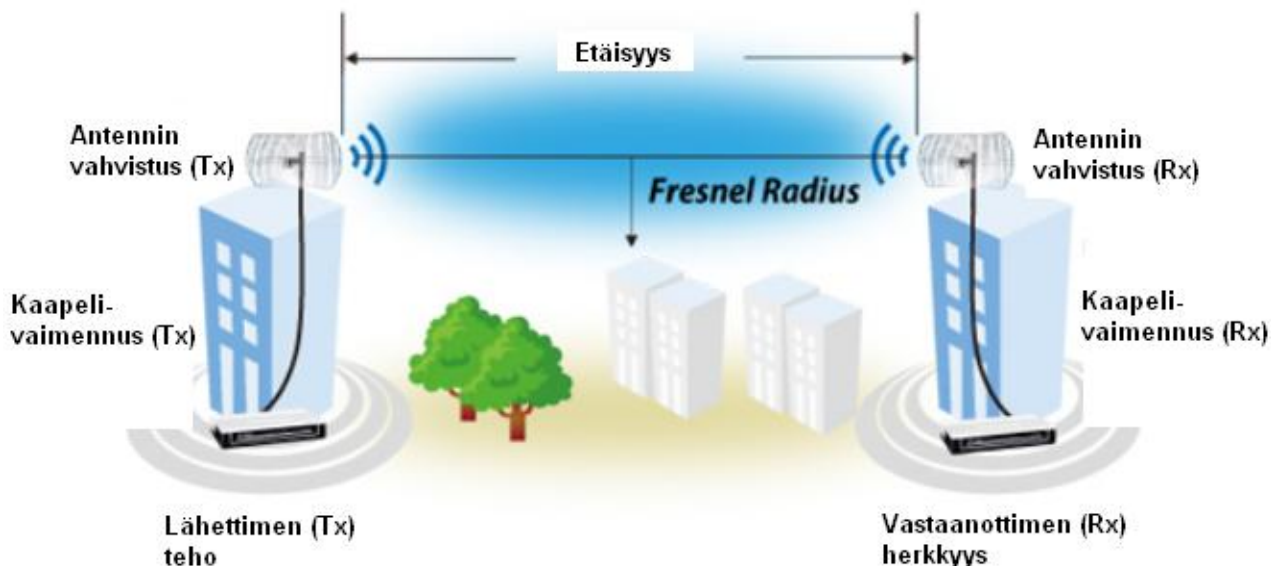


## Langattoman 2.4 ja 5 GHz WLAN / WiFi -järjestelmän suunnittelu



WiFi/WLAN on langaton 2.4 tai 5.4 GHz taajuus-alueella toimiva radiojärjestelmä, ja sen suunnittelussa on hyvä tietää ja ottaa huomioon seuraavat asiat:



1) **Lähetysteho ilmaistaan** milliwatteina (mW) tai tyypillisemmin desibeleinä (dB), tai desibeleinä ver-rattuna 1 mW tehoon (dBm). Tehon kaksinkertais-tuminen vastaa 3 dBm:n lisäystä signaalin voimakkuudessa.

1 mW	= 0 dBm
2 mW	= 3 dBm
4 mW	= 6 dBm
10 mW	= 13 dBm
50 mW	= 17 dBm (tyypillinen tukiasema, WA500G)
100 mW	= 20 dBm
400 mW	= 26 dBm (suurtehotukiasema, WA5110G)
500 mW	= 27 dBm

Lähetysteho vaimenee eksponentiaalisesti etäisyyden kasvaessa.

Vastaanottimen herkkyys ilmaistaan samoin dBm- arvona, ja se on riippuvainen käytetystä liikenne-nopeudesta.

**Huomaa:** Ohjeen viimeisellä sivulla on linkit netissä oleviin laskimiin ja ohje soveltuu myös muiden radioyhteyksien suunnitteluun (5.8 GHz, 2.4 GHz Bluetooth jne.)

Esimerkiksi tyypillinen hyvälaatuisen vastaanottimen herkkyys kameroiden käyttämällä 54 MB/s nopeudella on luokkaa -75dBm (WA500G, WA5110G).

Halvoissa tukiasemissa herkkyys samalla nopeudella voi olla jopa vain -60 dBm eli käytännössä laitteen kantama on varsin vaatimaton.

-60 dBm = 0.000001 mW  
-75 dBm = 0.00000003 mW

2) **Millä tahansa etäisyydellä** WLAN yhteydellä on 8.5 dB:n ylimääräinen vaimennus verrattuna 900 MHz matkapuhelimeen vastaavalla yhteydellä. Lisäksi WLAN:in käyttämä korkea taajuus 2.4 GHz etenee suoraviivaisesti ja on herkkä ympäristön aiheuttamille häiriöille.

3) **Vastaanottimen herkkyys** on suoraan verrannollinen käytettävissä olevaan etäisyyteen. Kun signaalin taso alittaa vastaanottimen herkkyyden, katoaa signaali taustakohinaan eikä vastaanotin enää tunnista sitä.

4) **Taustakohinaa tulee** monesta lähteestä, ja jos sitä ei tunnisteta voi koko asennus epäonnistua signaalin kuulumattomuuteen. Tyypillisesti kuitenkin taustakohina on matalampi kuin vastaanottimen herkkyys, eikä sitä tarvitse erityisesti huomioida suunnittelussa.

Taustakohina voi olla merkittävän suuri paikoissa, joissa on paljon samalla taajuusalueella toimivia lähettäjiä. WLAN verkossa kohinaa voi pienentää valitsemalla kuuluvissa oleville tukiasemille mahdollisimman kaukana toisistaan olevat kanavat.

Mikäli voimakkaasta taustakohinasta on epäilystä on hyvä silmämääräisesti tarkistaa lähistöllä näkyvät antennit ja kannettavalla tietokoneella kaikki kuuluvissa olevat WLAN verkot ja niiden vastaanottotasot. Tutkimukseen voi käyttää myös kannettavaan asennettavaa Ekahaun HeatMapper-ohjelmaa (ilmainen, ladattavissa Ekahaun webistä).

5) **Muista, että signaali vaimenee** sateen, lumen tai interferenssin takia.

Interferenssi = sama signaali heijastuneena, ja sillä on kulkuaikeeron aiheuttama vaihesiirto. 180 asteen vaihesiirto = täydellinen vaimennus. Vrt. Polaroid aurinkolasit. Metalliseinä aiheuttaa helposti interferenssiä, samoin jopa signaalin läpi ajava auto.

Suurin sallittu vaimennus missä tahansa oloissa rajaa radiojärjestelmän toimivuuden. Hyvä nyrkki-sääntö on 10 dB marginaali "yli tarpeen" hyvällä ilmalla mitattuna. Suurella todennäköisyydellä järjestelmä toimii silloin myös sateessa, lumisateella ja interferenssihäiriöissä. Kriittisissä järjestelmissä marginaali on 20 dBm.

Vaimennusmarginaalin määrittämiseen on useita tapoja hankkimatta erityistä vaimennusmittaria.

a) Monissa tukiasemissa on säädettävä lähetysteho (WA5110G). Laske teho niin alas, että huomaat (kuvassa) häiriöitä. Nosta tämän jälkeen tehoa +10 dBm.

b) Kytke antenniliinaan 10 dBm vaimennin. Mikäli yhteys katkeaa on vaimennus liian suuri.

c) Kytke antenni 12m RG58 kaapelilla. Mikäli yhteys toimii, on vaimennusmarginaali vähintään 10 dBm.

→ Mikäli vaimennusmarginaali on liian pieni, voit koittaa siirtää antennia sivu- tai pystysuunnassa (interferenssi, usein pienikin siirto riittää), käyttää tehokkaampaa antennia (etäisyys) tai vaihtaa antennikaapeli pienihäviöisemmäksi.

6) **Valitse tukiasema ja antennit** tarpeen mukaan. Laskentasääntö: Lähetysteho + antennin vahvistus – etäisyyden aiheuttama vaimennus – kaapelin vaimennus – liitosten vaimennus – 10 dBm vaimennus marginaali => Vastaanottimen herkkyys.

Pitkillä hyppyillä mittaa etäisyys GPS-navigaattorilla, Google Mapsista tai topografisesta kartasta. Lyhyillä hyppyillä riittää silmämääräinen arvio. Liitteen taulukossa on joitakin mittaustuloksia eri antennille.

Kamerakäytössä kamerat käyttävät WLAN 802.11g standardia nopeudella 54 MB/s. Uudet 802.11n sarjan tukiasemat (150N, 300N) eivät tuo kamerakäyttöön lisäarvoa, mutta PC-käytössä niillä voidaan päästä nopeampiin yhteyksiin. Huomaa kuitenkin, että niiden lähetysteho 802.11g tilassa on usein sängen vaatimaton, koska niiden lähettimet ja vastaanottimet on suunniteltu käyttämään monitie-etenemistä 2 tai 3 antennilla sisätilassa (tyypillisesti 17 ja jopa vain 15 dBm).

7) **Radiohypyn antennien** pitää nähdä toisensa. Välissä ei saa olla mitään maastoesteitä kuten pensaita tai mäkeä, eikä rakennuksia. Tehokkain tapa vähentää kulkutien aiheuttamaa vaimennusta on nostaa antennit ylemmäs. 2 metrin korkeudessa maapallon kaarevuudesta johtuva näköetäisyys on noin 5 km, joten mikä tahansa leikattua ruohikkoa korkeampi muodostaa esteen tällä matkalla.

Kuvittele antennin säteilykuvio toista antennia kohti amerikkalaiseksi jalkapalloksi. Lähellä pallon keskilinjaa signaali on vahvin ja sillä on monta etenemistietä. Pikku esteet matkan keskivaiheilla eivät siis välttämättä tuo isoa haittaa, mutta jos vastapään antenni on lähellä säteilykuvion reunaa, tai este on lähellä antennia, pienikin este voi katkaista signaalin.

Esteiden laatu, koko ja määrä ovat kaikki merkitseviä kokonaisvaimennuksen kannalta. Ilmassa oleva vesihöyry muodostaa tehokkaan vaimentimen, joten lahdenpohjan tai järven ylityksessä on jätettävä runsaasti pelivaraa.

Pensaat ja lehtipuut ovat hankalia. Vaikka hypyn keskivaiheilla voikin mahdollisesti olla joitakin puunlatvoja, normaalisti antennit pitää nostaa niin ylös että ne näkevät puunlatvojen yli. Edellä mainittuja mittauksia signaalin voimakkuudesta 10 dB marginaalilla voi käyttää osviittana, onko signaali hyväksyttävä vai ei. Mittaukset on syytä uusida sateen jälkeen kun lehden ovat märkiä.

Rakennusten seinistä ja muista kiinteistä kohteista aiheutuu tyypillisesti useita heijastuksia, ja lopullinen signaali on eri signaalien summa. Riippuen vaihe-erosta heijastus voi olla joko signaalia vahvistava tai signaalia heikentävä. Huonoimmassa tapauksessa signaali kuolee täysin. Antennin siirto sivu- tai pystysuunnassa auttaa usein, jos signaali on laskettua paljon huonompi.

Toisinaan esteet ovat liikkuvia, esimerkiksi konttirekka tai nosturi. Tällaisessa tilanteessa voidaan käyttää useita antennia yhdistettynä erityisellä antennihaaroittimella, mutta usein helpompaa on siirtää signaalitie kokonaan esteen ulottumattomiin.

WLAN signaali heijastuu metallista, eikä läpäise sitä. Samoin betonin läpäisy on huono. Puuseinän läpäisy on kohtuullinen, mutta ei välttämättä kuitenkaan riitä kamerakäyttöön.

WLAN signaali kulkee ikkunan läpi, joten kamera voi olla ikkunan takana edellyttäen että antennit näkevät toisensa. Metallikalvolla varustetulla nk. lämpöikkunalla on huomattavasti suurempi vaimennus kuin tavallisella lasilla.

Nyrkkisääntö etäisyyden aiheuttaman vaimennuksen laskemiseen:

- Kun antennit ovat esteettömässä näköyhteydessä, ota 50% valmistajan ilmoittamasta maksimikantamasta
- Jos välille osuu esteitä, jotka eivät ole välittömästi antennin edessä, ota 30%
- Jos esteitä on useita tai ne ovat lähellä antennia, tai antenni on sisällä, ota 10%

8) **Antennit vahvistavat signaalia** suuntaamalla signaalin kapeana keilana haluttuun suuntaan. Suuntauksella on toinenkin merkitys – se vähentää signaalin kuulumista ei-toivotuilla alueilla.

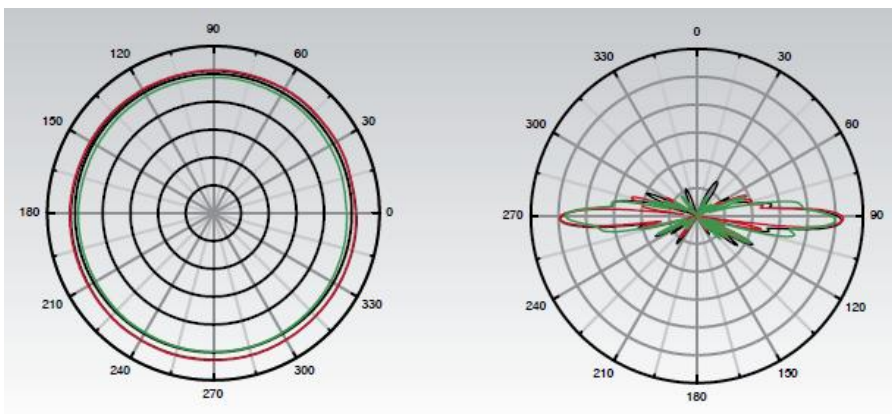
Usein asennuspaikalla havaitaan, että siellä on jo muita antennejä. Useimmat antennit säteilevät vaakatasossa joko tiettyyn suuntaan eri levyisinä keiloina tai homogeenisesti antennin ympäri. Pystysuunnassa säteilyä sen sijaan pyritään rajoittamaan, koska se menee hukkaan. Antennit voi yrittää sijoittaa vaakatasossa mahdollisimman kauas toisistaan, mutta usein antennien sijoittaminen eri korkeuksille tuo suuremman hyödyn kuin antennien etäännyttäminen toisistaan, jos niiden säteilykuviot menevät päällekkäin ja lähettimet häiritsevät toisiaan. Parhaan tehon saamiseksi WLAN:in 2.4 GHz taajuudella korkeuseron pitää olla vähintään 2 aallonpituutta = 25 cm.

9) **Kaapeli vaimentaa radiosignaalia**. Nyrkkisääntönä 2.4 GHz taajuudella yleisesti käytetty RG58U kaapeli vaimentaa seuraavasti:

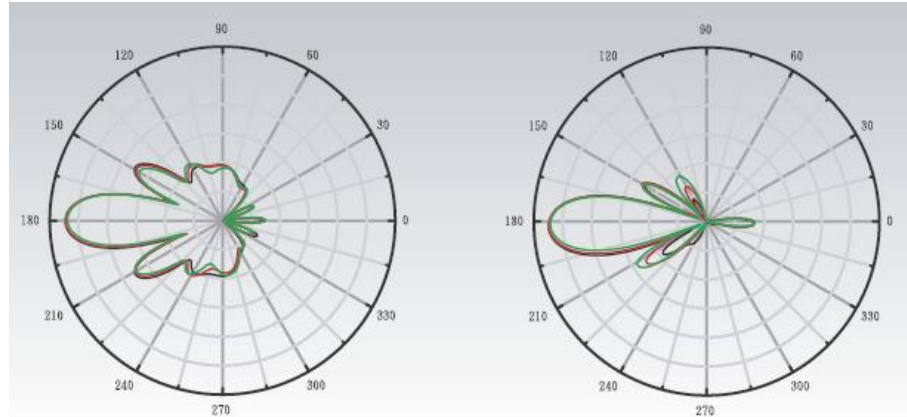
- RG58U yksilankaisella kupariytimellä vaimentaa 0.57 dB/m
- RG58C/U monisäikeisellä ytimellä vaimentaa 0.90 dB/m
- Jokainen liitos (liitinpari) vaimentaa 0.5 dB

Kuitenkin, kaapelin lisävaimennus saadaan usein kompensoitua jopa moninkertaisesti nostamalla antennit ylemmäs.

10) **Langaton on usein hyvä** vaihtoehto, mutta toisinaan kaapeliveto voi olla parempi. Tämä pitää erityisesti paikkansa uusiin megapikslikameroihin.



Ympärisäteilevä puikkoantenni ja sen säteilykuvio vaaka- ja pystysuunnassa.



Suunta-antenni ja sen säteilykuvio vaaka- ja pystysuunnassa.

## Antennien kantamat eri kombinaatioilla

**Kantama eri tyyppisillä antenneilla  
(kilometriä)**

**Numero antennin tyypissä on vahvistus (dBi)**

Access Point	Customer Antennas							
	ISM 15	ISM 19	ISM 24	ISM 22HP	ISM 24HP	ISM 26HP	Flat 9	Flat 18
Grid 15	0.8	1.5	2.5	2.0	2.5	3.0	0.5	1.2
Grid 19	1.5	2.5	4.0	3.0	4.0	5.0	0.6	2.1
Grid 24	2.5	4.0	6.0	5.0	6.0	9.0	1.1	3.3
Parab 22	2.0	3.0	5.0	4.0	5.0	7.0	0.9	2.5
Parab 26	3.0	5.0	9.0	7.0	9.0	12.0	1.5	4.3
Sector 12	0.8	1.0	1.8	1.5	1.8	2.5	0.3	1.0
Sector 16	1.0	1.5	2.8	2.0	2.8	3.5	0.6	1.4
Omni 15	1.0	1.5	2.5	2.0	2.5	3.5	0.6	1.4
Omni 10	0.6	0.8	1.5	1.0	1.5	2.0	0.3	0.8

**Oletuksena kummassakin päässä on 5 metrin RG213 antennikaapeli (-2 dBi) + häntäkaapeli (-1dBi)**

**Etäisyys on lyhyempi jos:**

- Kaapeli on pidempi
- Interferenssin takia
- Huono sää/lumisade
- Puusto tai maastoesteet
- Lähettimen teho on alle 18 dBm

**Etäisyys on pidempi jos:**

- Kaapeli on lyhyempi
- Ei häntäkaapelia (5 ja 24 dBi vakioantennit N-liittimellä)

**Notescolta saat antennit, liittimet ja aina oikean mittaiset kaapelit**

2b

**Antennityypit:**

<b>Grid</b>	<b>Nelikulmainen paraboliantenni (suuntaava)</b>
<b>Parab</b>	<b>Pyöreä parabolinen lautasantenni (suuntaava)</b>
<b>Sector</b>	<b>Kapea ja korkea (suuntaava). Näillä voidaan kalustaa tehokas sektoroitu tai ympärisäteilevä tukiasema.</b>
<b>Omni</b>	<b>Ympärisäteilevä puikko. Pituus riippuu tehosta.</b>

Kameran ja 17 dBm tukiaseman etäisyys 2 dBi vakioantenneilla on vain 10-20 metriä. Kalustettuna 5 dBi ympärisäteilevä antenni tukiasemaan ja 9 dBi suunta-antenni kameraan vakiokaapeleilla (pituudet 1.8 ja 3.0m) sama yhdistelmä kantaa jopa 400...500 metriä.

Teho dBm	Teho mW	Huom
80 dBm	100000 W	Tyypillinen FM-radioaseman lähetysteho
60 dBm	1000 W	Tyypillinen RF-teho mikroaaltouunin sisällä
40 dBm	10 W	
30 dBm	1 W = 1000 mW	Tyypillinen RF-vuoto mikroaaltouunista, max. lähetysteho 2.4 GHz:n ISM-kaistalla USA:ssa
27 dBm	500 mW	Tyypillinen matkapuhelimen lähetysteho
26 dBm	400 mW	Max. lähetysteho DCS 1800 MHz –matkapuhelimille
21 dBm	125 mW	Max. lähetysteho UMTS/3G –matkapuhelimille
20 dBm	100 mW	Bluetooth Class 1 radio (100 m kantama), max. lähetysteho 2.4 GHz:n ISM-kaistalla Euroopassa
10 dBm	10 mW	
5 dBm	3.2 mW	
4 dBm	2.5 mW	Bluetooth Class 2 radio (10 m kantama)
3 dBm	2.0 mW	
2 dBm	1.6 mW	
1 dBm	1.3 mW	
0 dBm	1.0 mW	Bluetooth standard (Class 3) radio (1 m kantama)
-1 dBm	0.79 mW	
-5 dBm	0.32 mW	
-10 dBm	0.1 mW	
-20 dBm	0.01 mW	
-30 dBm	0.001 mW	
-40 dBm	0.0001 mW	
-50 dBm	0.00001 mW	
-60 dBm	0.000001 mW	
-70 dBm	0.0000001 mW	Keskimääräinen langattoman signaalin minimivoimakkuus (-60 to -80 dBm) sen saapuessa vastaanottajalle
-80 dBm	0.00000001 mW	
-127.5 dBm	0.000000000000018 mW	Tyypillinen GPS-satelliitilta vastaanotettava signaalivoimakkuus
-∞ dBm	0 mW	

Esimerkkejä lähetystehoista.

**Lähteet:**

B & B Electronics: Ten Commandments of Wireless Communications

Ferimex: Etäisyysmittaukset eri antenneilla

Matti Juutinen: Radiotekniikan perusteet

## Laskimet netissä

### Notescon omat laskimet

[http://www.notesco.net/laskimet/wlan\\_laskin.htm](http://www.notesco.net/laskimet/wlan_laskin.htm) (laskee linkin laadun etäisyyden, lähettimen tehon, vastaanottimen herkkyyden sekä antennien ja kaapeleiden funktiona)

[http://www.notesco.net/laskimet/wlan\\_fresnel.htm](http://www.notesco.net/laskimet/wlan_fresnel.htm) (laskee säteilykuvion tarvitseman vapaan tilan ja arvioi esteiden aiheuttaman vaimennuksen)

Seuraavassa linkissä on **TP-Linkin englanninkielinen laskin**, jolla voi laskea eri tukiasemille, kaapelipituuksille ja antennille siirtokapasiteetin ja etäisyyden, ja linkin laadun sekä tarvittavan antennien suuntauksen tarkkuuden (Fresnel Zone):

<http://www.tp-link.com/en/support/calculator/>

**Tukiasema:** TL-WA500G tai TL-WA5110G (Notescon koodi WA500G tai WA5110G)

**Kaapeli:** TL-ANT24CXS, X = kaapelin pituus metriä

**Antenni:** TL-ANT24XXa, 24XX = Notescon koodi (XX on antennin vahvistus 08, 09, 12, 14, 24)

Laskin ottaa automaattisesti huomioon antennin tyyppin (ympärisäteilevä tai suuntaava).

MR3420 3G-tukiasemille voit laskea WLAN(b/g)-yhteyden parametrit käyttämällä laskennassa WA500G tukiasemaa. Toistaiseksi laskin ei osaa laskea 300N yhteyksiä.

Oletuksena WLAN-lähettimet ovat 17 dBm ellei muuta mainita (nk. vakioteho = kamerat, "toimistotukiasemat" jne.). Voit käyttää niiden laskennassa WR340GD-tukiasemaa ja sen tuloksia. WA500G = 20 dBm ja WA5110G = 26 dB.

### Vaatimukset ja laskennan tulokset linkin laadusta:

Excellent - vaativaan käyttöön, kestää lumi- ja vesisateen vaimennuksen

Good - voi pätkiä kovassa lumimyrskyssä ja rankkasateessa

Normal - voi pätkiä huonossa säässä

### Linkkiyhteyden pituus (Distance Calculate)

Laskin laskee tehollisen siirtonopeuden eri etäisyyksille ja antaa säteen, jonka verran antennien kohtisuora suuntaus saa enintään heittää ao. siirtonopeudella.

### Linkkiyhteyden laatu (Link Condition Calculate)

Laskin laskee linkkiyhteyden laadun eri siirtonopeuksille annetulla etäisyydellä

### Antennin valinta (Antenna Selection)

Laskin laskee suositellut antennit kun tiedetään vaadittu yhteyden laatu, tukiasemat, antennikaapelit ja etäisyys. Huom: Lista ei anna siirtokapasiteettia eri antennille. Siirrä suositellut antennit suurimmasta numerosta (kallein ja tehokkain) alkaen Linkkiyhteyden laatu-laskimeen niin, että lopulta saat sopivan antenniparin (kustannustehokkain).

**Selain:** Laskentatulokset aukeavat taulukkona Calculate / Reset-nappien alapuolelle. Jos niitä ei näy, tarkista selaimen asetukset (pakotetut omat fontit).