

# LANGATTOMAN VERKON KUULUVUUSMITTAUS JA OPTIMOINTI

Antti Liimatainen

Opinnäytetyö  
Tammikuu 2014

Tietotekniikan koulutusohjelma  
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) Liimatainen, Antti	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 10.01.2014
	Sivumäärä 40+14	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty ( X )
Työn nimi LANGATTOMAN VERKON KUULUVUUSMITTAUS JA OPTIMOINTI		
Koulutusohjelma  Tietotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Häkkinen, Antti;Kotikoski,Sampo		
Toimeksiantaja(t) Jyväskylän ammattikorkeakoulun tietohallinto		
Tiivistelmä  Opinnäytetyön tavoitteena oli suorittaa langattoman lähiverkon kuuluvuusmittaukset Jyväskylän ammattikorkeakoulun Rajakadun hallintosiipeen ja esittää mahdolliset parannusehdotukset saatujen tulosten perusteella. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Jyväskylän ammattikorkeakoulun tietohallinto.  Opinnäytetyön teoriaosassa käsitellään langatonta lähiverkkoa yleisesti, sen standardeja ja radioliikenteen toimintaa sekä otetaan kantaa langattoman verkon suunnittelussa tarvittaviin asioihin.  Ennen varsinaisia mittauksia oli kartoitettava käytettävät tilat ja syötettävä ne ohjelmistoon. Työn mittaukset suoritettiin Jyväskylän ammattikorkeakoulun Rajakadun hallintosiivessä käyttäen Eka-haun Site Survey -ohjelmistoa kuuluvuusmittauksiin. Langattoman siirtotien spektrin analysointiin käytettiin Metageek:n Wi-Spy analysaattoria ja Chanalyzer -ohjelmistoa.  Mittaukset onnistuivat hyvin ja tulosten pohjalta voidaan selvästi huomata katvealue molempien kerrosten puolivälissä. Parannusehdotuksia simuloitiin käytetyillä ohjelmistoilla.		
Avainsanat (asiasanat) Langaton lähiverkko, Ekahau Site Survey, Metageek Wi-Spy Chanalyzer, radiosignaali, 802.11		
Muut tiedot		



Author(s) Liimatainen, Antti	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 10012014
	Pages 40+14	Language Finnish
		Permission for web publication ( X )
Title COVERAGE MEASUREMENT AND OPTIMIZING WIRELESS NETWORK		
Degree Programme Information Technology		
Tutor(s) Häkkinen, Antti;Kotikoski,Sampo		
Assigned by JAMK University of Applied Sciences/ICT		
Abstract <p>The aim of this bachelor's thesis was to conduct a wireless local area network site survey to JAMK University of Applied Sciences and to present the possible suggestions for improvement. The topic for the bachelor's thesis was assigned by the IT management at JAMK University Of Applied Sciences.</p> <p>The theoretical part of the thesis consists of wireless networks in general, their standards and the behavior of radio signals and matters to be taken into consideration when planning wireless networks.</p> <p>Before the actual measurements a site survey had to be made to the actual location and then import the results to the software. The measurements took place in the administrative wing of Rajakatu and were conducted with Ekahau's Site Survey program and Metageek's Wi-Spy spectrum analyzer and Chanalyzer program.</p> <p>The site survey went well and there were some coverage issues in the middle of both floors. There were some suggestions for improvements based on the results.</p>		
Keywords Wireless local area network, Ekahau Site Survey, Metageek WiSpy Chanalyzer,radio signal, 802.11		
Miscellaneous		

## SISÄLTÖ

1	TYÖN LÄHTÖKOHDAT .....	5
2	LANGATON LÄHIVERKKO .....	6
2.1	Yleisestä.....	6
2.2	Toimintaperiaate .....	6
3	WLAN-STANDARDIT .....	7
3.1	IEEE 802.11 .....	7
3.2	IEEE 802.11b .....	9
3.3	IEEE 802.11a .....	9
3.4	IEEE 802.11g .....	10
3.5	IEEE 802.11n .....	10
4	WLAN-TUKIASEMAT JA ANTENNIT .....	12
4.1	Tukiasemat .....	13
4.2	Antennit.....	13
5	TOPOLOGIAT.....	15
5.1	Basic Service Set (BSS) .....	15
5.2	Independent Basic Service Set (IBSS) .....	16
5.3	Extended Service Set (ESS).....	17
6	RADIOSIGNAALIN ETENEMINEN.....	18
6.1	Heijastuminen.....	19
6.2	Vaimeneminen .....	19
6.3	Monitie-eteneminen.....	19

7	LANGATTOMAN LÄHIVERKON SUUNNITTELU .....	21
7.1	Kanavas suunnittelu .....	21
7.2	Fyysinen sijoittelu .....	24
8	VERKON MITTAAMINEN.....	25
8.1	Ekahau Site Survey (ESS) .....	25
8.2	Metageek Wi-Spy + Chanalyzer.....	26
8.3	Mittausvalmistelut.....	28
9	HALLINTOSIIVEN MITTAUS JA TULOSTEN ANALYSOINTI.....	30
9.1	Ekahau Site Survey.....	30
9.2	Langattoman verkon spektrimittaus .....	31
10	JOHTOPÄÄTÖKSET JA PARANNUSEHDOTUKSET .....	32
11	POHDINTA .....	34
	LÄHTEET .....	36
	LIITTEET.....	38
	Liite 1. Rajakadun hallintosiiven 2. krs .....	38
	Liite 2. Rajakadun hallintosiiven 3.krs .....	39
	Liite 3. Mittauksessa kuljettu reitti 2. kerroksessa .....	40
	Liite 4. Mittauksessa kuljettu reitti 3. kerroksessa .....	41
	Liite 5. 2. kerroksen signaalinvoimakkuudet .....	42
	Liite 6. 3. kerroksen signaalinvoimakkuudet .....	43
	Liite 7. 2.kerroksen häiriöt ja kohinat.....	44
	Liite 8. 3. kerroksen häiriöt ja kohinat.....	45
	Liite 9. Langattoman siirtotien käyttö koulun alkaessa.....	46

Liite 10. Mikroaaltouunin vaikutus spektriin .....	47
Liite 11. Käyttöaste iltapäivällä .....	48
Liite 12. Spektritiheydet illalta ja yöltä .....	49
Liite 13. Simuloitu tukiasema 2.kerroksen keskellä .....	50
Liite 14. Simuloidun tukiaseman vaikutus 3.kerrokseen.....	51

## **KUVIOT**

Kuvio 1. 2,4 GHz:n taajuusalueen kanavat .....	6
Kuvio 2. DSSS ja FHSS toiminta .....	8
Kuvio 3. CSMA/CA toiminta .....	9
Kuvio 4. Kanavasidonta .....	11
Kuvio 5. Tukiasemien toiminta .....	13
Kuvio 6. Suunnatun antennin signaalikuvio .....	14
Kuvio 7. Ympärisäteilevän antennin signaalikuvio .....	15
Kuvio 8. Basic Service Set toiminta ja hidden station ongelma.....	16
Kuvio 9. Independent Basic Service Set tai Ad-hoc verkko .....	17
Kuvio 10. Extended Service Set verkon rakenne .....	18
Kuvio 11. Monitie-eteneminen .....	20
Kuvio 12. Kanavasunnittelua käyttäen ei-päällekkäisiä kanavia .....	22
Kuvio 13. Päätelaitteen MH (Mobile Host) solunvaihto ja siinä muodostuvat viiveet	24
Kuvio 14. Ekahau Site Survey kartoitusmittaus .....	26
Kuvio 15. Mittauksissa käytetty Wi-Spy analysaattori .....	27
Kuvio 16. Spektrianalyysi 2,4 GHz:n kanavilta .....	28
Kuvio 17. Pohjapiirustukseen sijoitettu seinämateriaalit .....	29

## **LYHENTEET**

BSS	Basic Service Set
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
ESS	Extender Service Set
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum
IBSS	Independent Basic Service Set
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IR	Infra Red
ISM	Industrial, Scientific and Medical
MAC	Medium Access Control
MIMO	Multiple Input-Multiple Output
OFDM	Orthogonal Frequency-Division Multiplexing
RF	Radio Frequency
UPS	Uninterruptible Power Supply
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WLAN	Wireless Local Area Network

# 1 TYÖN LÄHTÖKOHDAT

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä langattoman verkon kuuluvuusmittaus Jyväskylän ammattikorkeakoulun Rajakadun hallintosiipeen ja löytää mahdolliset ongelma-kohteet ja esittää tarvittaessa parannusehdotuksia langattoman verkon kuuluvuuden ja toiminnan parantamiseksi. Toimeksiantajana toimi Jyväskylän ammattikorkeakoulun tietohallinto. Työssä käytettiin työkaluina Ekahaun Site Survey -ohjelmistoa kuuluvuusmittauksiin ja langattoman siirtotien spektrianalyysiin Metageekin Wi-Spy spektrianalysointia ja Chanalyzer -ohjelmistoa.

Aihe valittiin kiinnostuksesta langattomiin verkkoihin ja käyttäjien raportoimiin ongelmiin kyseisessä kohteessa. Rajakadun hallintosiipi kattaa kaksi erillistä kerrosta ja on rakenteeltaan toimistotyyppinen monine ovineen ja sermeineen. Tämäntyyppinen rakenne muodostaa haasteen langattomien signaalien etenemiselle.

Työssä tehtiin myös langattoman verkon parannusehdotuksia saatujen tuloksien pohjalta ja simuloitiin vastaava tilanne käytetyillä työkaluilla.



## 2 LANGATON LÄHIVERKKO

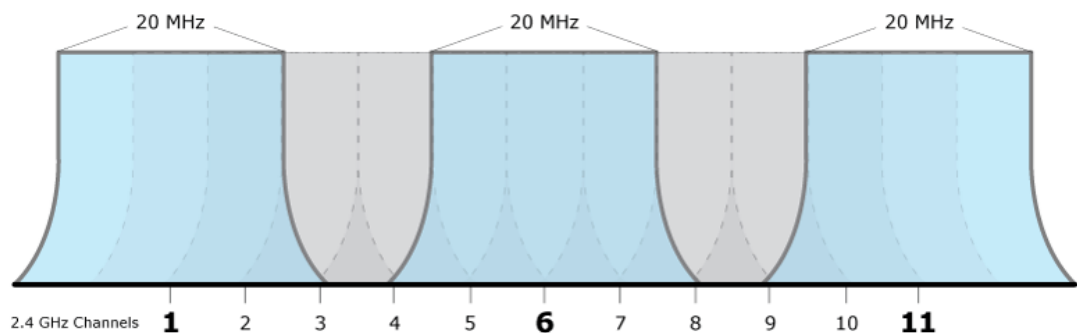
### 2.1 Yleisestä

Langaton lähiverkko tuo tietynlaisia käyttövapauksia ja helppouksia Internetin käyttöön. Sen avulla voidaan toimittaa internetyhteydet esimerkiksi haja-asutusalueille, joihin ei tavallisia kuparikaapeleita pystytä toimittamaan, tai rakentamaan yrityksen sisäverkko ilman, että loppukäyttäjän tarvitsee tietää verkon rakenteesta, verkkolaitteista tai kaapeloinneista mitään.

Langattomat aktiivilaitteet ovat lisääntyneet räjähdysmäisesti vuosien saatossa kun nykyisin ihmisillä on mukanaan älypuhelimia ja muita kannettavia päätelaitteita. Tämän myötä kysyntä langattomalle verkkoyhteydelle on kasvanut, ja liikenteen ja aktiivilaitteiden lisääntyessä myös verkon laadun kysyntä ja tarve on kasvanut.

### 2.2 Toimintaperiaate

Nykyiset langattomat lähiverkot (WLAN) toteutetaan pääosin käyttäen radioliikennettä RF(Radio Frequency). Radioliikenne käyttää 2,4 Ghz:n ja 5 Ghz:n ISM:n (Industrial, Scientific and Medical) vapaita taajuusalueita. Käytettävissä olevien kanavien määrä ja taajuudet vaihtelevat joissain maissa esimerkiksi Yhdysvalloissa ja Kanadassa käytetään kanavia 1-11 ja Euroopassa kanavia 1-13 (ks. kuvio 1). (Granlund 2007, 298.)



**Kuvio 1.** 2,4 GHz:n taajuusalueen kanavat(Metageek Chanalyzer n.d.)

Toinen siirtotapa on infrapuna IR (Infra Red), joka toimii 850-950 nm:n alueella. Käytetympi näistä on radioliikenne johtuen sen kyvystä läpäistä seinät ja esteet, jolloin tukiasemalla ja päätelaitteella ei tarvitse olla suoraa näköyhteyttä. (Granlund 2007, 298.)

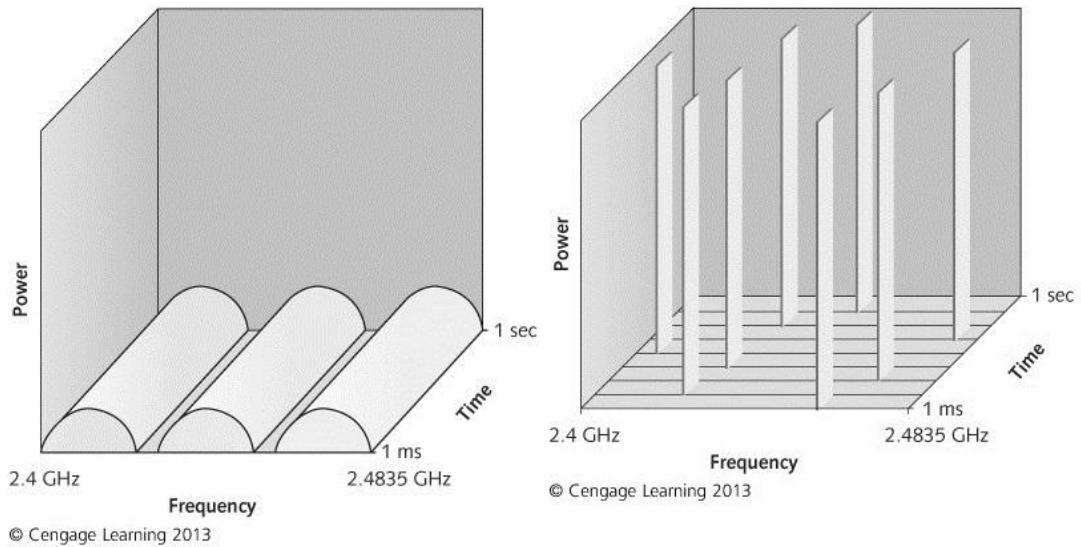
### **3 WLAN-STANDARDIT**

#### **3.1 IEEE 802.11**

IEEE 802.11 on IEEE:n (Institute of Electrical and Electronics Engineers) standardi langattomille lähiverkoille. IEEE 802.11 pitää sisällään useita eri versioita, mutta tässä työssä keskitytään langattoman WLAN-tekniikan kannalta oleellisimpiin IEEE 802.11b, IEEE 802.11a, IEEE 802.11g ja IEEE 802.11n tekniikoihin.

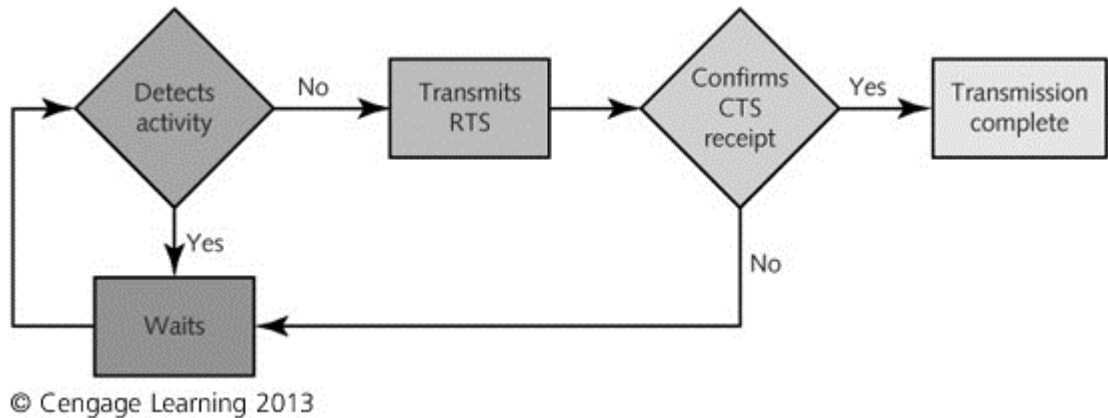
Alkuperäinen IEEE 802.11 toimii 2,4 - 2,4835 GHz:n vapaalla ISM-taajuusalueella ja sen nimelliset nopeudet ovat 1 Mbps ja 2 Mbps (Granlund 2007, 298.).

IEEE 802.11 käyttää radiotiellä datan siirtämiseen hajaspektritekniikoita. Käytössä on kolme eri hajaspektritekniikkaa: suorasekvenssi hajaspektri DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum), taajuushyppely FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) sekä OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing). DSSS lähettää tietoa usealla eri taajuudella samaan aikaan, kun taas FHSS lähettää tietoa yhdellä taajuudella samaan aikaan kuitenkin jatkuvasti vaihdellen käytettyä taajuutta, kuten kuviossa 2 on esitetty. DSSS käyttää huomattavasti enemmän kaistanleveyttä kuin FHSS, noin 22 MHz toisin kuin FHSS:n 1MHz. DSSS-tekniikan avulla päästään korkeampaan tiedonsiirtonopeuteen, mutta on alttiimpi häiriöille kuin FHSS. OFDM on uusin metodi ja se yhdistää DSSS:n usean taajuuden käytön ja FHSS:n taajuushyppelyn tekniikat. (Meyers 2012.)



**Kuvio 2. DSSS ja FHSS toiminta(Dean 2013)**

802.11 standardit määrittelevät myös CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) käytön jaettuun mediaan pääsemiseksi (ks. kuvio 3). Kun käytössä on CSMA/CA-tekniikka, lähettävä asema 802.11 verkossa tarkistaa ensin olemassa olevat langattomat lähetykset ennen kuin se alkaa itse lähettää dataa. Jos lähettävä asema ei havaitse liikennettä verkossa se odottaa pienen satunnaisen ajan ja lähettää sitten oman sanomansa. Jos lähde havaitsee verkossa toimintaa, se odottaa lyhyen hetken ennen kuin tarkistaa kanavan vapauden uudestaan. Vastaanottava solmu (node) vastaanottaa lähetyksen ja tarkistettuaan sen virheettömyyden lähettää hyväksymiskuittauksen (ACK) lähettäjälle. Jos lähettäjä vastaanottaa hyväksymiskuittauksen, se olettaa, että lähetys onnistui halutusti. Kuitenkin eri häiriöt tai muut lähetykset verkossa voivat estää tämän kuittauksen välittämisen, jolloin lähettäjä ei saa ACK-pakettia ja olettaa lähetyksen epäonnistuneen ja käynnistää CSMA/CA-prosessin uudestaan. (Dean 2013.)



**Kuvio 3.** CSMA/CA toiminta(Dean 2013)

### 3.2 IEEE 802.11b

IEEE 802.11b julkaistiin vuonna 1999, ja se käyttää 2,4 - 2,4835 GHz:n taajuusalueetta, joka on jaettu 22 Mhz:n kanaviin. 802.11b tarjoaa teoreettisen 11 megabittiä sekunnissa (Mbps) nopeuden, mutta todellisuudessa nopeudet jäävät 5 Mbps tietämille. Jotta kyseiset nopeudet saavutetaan on verkkolaitteiden pysyttävä 100 metrin sisällä tukiasemasta. Ensimmäinen käyttöön otettu 802.11 lisäosa ja halvin toteuttaa. Nykyään 802.11b on korvattu 802.11n standardilla. (Dean 2013)

### 3.3 IEEE 802.11a

802.11a-standardi julkaistiin 802.11b:n jälkeen, vaikka sen kehitystyö aloitettiin aikaisemmin. 802.11a eroaa 802.11b- ja 802.11g-standardeista siinä, että se käyttää kanavia 5 GHz:n taajuusalueelta ja tarjoaa teoreettisen 54 Mbps maksiminopeuden, nopeuksien todellisuudessa jääden kuitenkin 11 - 18 Mbps välille. Sen korkea suoritusnopeus on saavutettavissa käyttäen korkeampia taajuuksia, ainutkertaista tapaa moduloida dataa ja suuremman kaistanleveytensä ansiosta. Kenties suurin syy tähän on sen käyttämä 5 GHz:n taajuusalue joka ei ole niin tukossa kuin 2,4 GHz:n alue, joten 802.11a:n käyttämät signaalit kärsivät vähemmän todennäköisesti ulkoisista häiriölähteistä kuten esimerkiksi mikroaaltouunit, langattomat puhelimet, moottorit ja muut yhteensopimattomat langattomat signaalit. Korkeamman taajuuden signaalit vaativat enemmän lähetystehoa ja niillä on lyhyempi kantama kuin matalataajuisilla signaaleilla. Signaalin kantamatka on noin 20 metriä. Tästä johtuen 802.11a-

verkoissa tarvitaan enemmän tukiasemia kuin 802.11b-verkoissa, jotta saadaan sama kuuluvuusalue katettua. Ylimääräisistä tukiasemista ja 802.11a-standardin luonteen vuoksi se on kalliimpi toteuttaa kuin 802.11b ja 802.11g verkot. Tästä ja muista syistä se on harvoin käytetty. (Dean 2013.)

### **3.4 IEEE 802.11g**

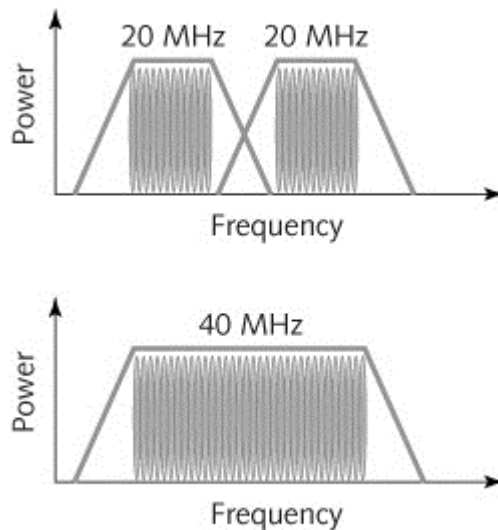
802.11g-standardi suunniteltiin yhtä edulliseksi kuin 802.11b kuitenkin lisäten sen teoreettista maksiminopeutta 11 megabitistä 54 megabittiin käyttäen erilaisia tapoja moduloida dataa. Käytännössä 802.11g-standardin nopeudet jäävät 20 - 25 Mbps välille ja sen kantomatka on noin 100 metriä. Se käyttää 802.11b:n tavoin 2,4 GHz:n taajuusaluetta, ja korkean suorituskykynsä lisäksi se on yhteensopiva 802.11b-standardin laitteiden kanssa. (Dean 2013.)

### **3.5 IEEE 802.11n**

Vuonna 2009 IEEE vahvisti 802.11n-standardin vaikka sen kehitys oli aloitettu vuosia aiemmin ja jo vuonna 2007 laitevalmistajat aloittivat 802.11n yhteensopivien lähetin-vastaanottimien (transceiver) myymisen. IEEE 802.11n version tärkein päämäärä oli saavuttaa huomattavasti korkeampi ja tehokkaampi suorituskyky kuin aikaisemmissa 802.11-standardeissa. Sen teoreettinen maksiminopeus on 600 Mbps ja tarjoaa realistisen alustan puhe- ja videoliikenteelle. Todellisuudessa sen suoritusnopeudet vaihtelevat 65 - 500 Mbps välillä. IEEE myös määritteli 802.11n-standardin olemaan taakseppäin yhteensopiva aikaisempien 802.11a-, -b ja -g-standardien kanssa. Se voi käyttää joko 2,4 GHz:n tai 5 GHz:n taajuusalueita ja hyödyntää samoja modulaatiotekniikoita, joita käytettiin 802.11a ja 802.11g versioissa. 802.11n eroaa suuresti muista 802.11 standardeista siinä, kuinka se käsittelee kehyksiä, kanavia ja koodausta (encoding). (Dean 2013.)

802.11n tuo mukanaan MIMO-tekniikan (multiple input-multiple output), jossa tukiasemalla on käytössään useampi signaalin käsittelyä tehostavaa antennia. Tämä takaa suuremman suorituskyvyn ja signaalin kantaman. MIMO-tekniikan lisäksi 802.11n-standardi käyttää kanavasidontaa (channel bonding), jossa kaksi vierekkäistä 20 MHz:n kanavaa yhdistetään tai sidotaan yhdeksi 40 MHz:n kanavaksi kuvion 4

mukaisesti. Tosiasiassa kahden 20 MHz:n kanavan yhdistäminen tekee enemmänkin kuin kaksinkertaistaa saatavilla olevan kaistanleveyden, koska 20 MHz:n kanavien ylä- ja alapuolille on varattu pieni kaista puskuroimaan (buffer) häiriöitä ja näitä kaistoja voidaan käyttää datan kuljettamiseen. (Dean 2013.)



© Cengage Learning 2013

**Kuvio 4. Kanavasidonta(Dean 2013)**

Tämän lisäksi 802.11n tarjoaa korkeammat modulaatiosuhteet (modulation rates) sen käyttäessä samoja modulaatiotekniikoita kuin 802.11a ja 802.11g. Tämä modulaatiotekniikka mahdollistaa yhden kanavan jakamisen useampaan pienempään kanaan. 802.11n kykenee käyttämään pienempiä kanavia tehokkaammin ja kykenee valitsemaan eri koodausmenetelmiä. 802.11n mahdollistaa myös odotusajan lyhentämisen, jonka lähetin-vastaanotin odottaa ennen datan lähettämistä välttääkseen häiriöt ja törmäykset. (Dean 2013.)

802.11n verkot omaavat kyvyn yhdistää useamman eri kehyksen yhdeksi isommaksi kehykseksi. Yhdistetyt kehykset vähentävät turhaa kuormitusta (overhead), ja näin kehykseen jää enemmän tilaa hyötydatalle. Jokaisessa isossa kehyksessä on vain yksi osio osoitetiedoille, jotka löytyisivät jokaisesta pienemmästä kehyksestä. Lisäksi useamman kehyksen yhdistämisessä tukiasema ja päätelaite joutuvat lähettämään huomattavasti vähemmän liikenteen välittämiseen ja virheiden korjaamiseen tarvittavia tietoja. Jotta kehyksien yhdistämistä voidaan käyttää on maksimi kehykoko

802.11n-standardissa 64 KB. Verrattuna 802.11a- ,802.11b- ja 802.11g-versioihin joiden kehyksien maksimikoot ovat 4 KB. Potentiaalinen haitta suurempien kehyksien käytössä on suurempi riski virheille, kun lähetetään suurempia määriä dataa. (Dean 2013.)

## **4 WLAN-TUKIASEMAT JA ANTENNIT**

WLAN-tukiasemat tuovat liitännätpisteen langattomille päätelaitteille muuhun kiinteään lähiverkkoon. Liittyminen langattomaan verkkoon tapahtuu kuuntelemalla langattomia verkkoja ja se tapahtuu kahdella eri menetelmällä: passiivisella kuuntelulla (passive scanning) tai aktiivisella kuuntelulla (active scanning).

Passiivisessa kuuntelussa päätelaite kuuntelee tukiaseman lähettämiä Beacon-sanomia, josta päätelaite saa tarvittavat tiedot verkkoon liittymistä varten.

Aktiivisella kuuntelulla päätelaite yrittää löytää tukiaseman lähettämällä Probe Request -sanomia, joihin tukiasema vastaa Probe Response -sanomallaan. (Granlund 2001, 255.)

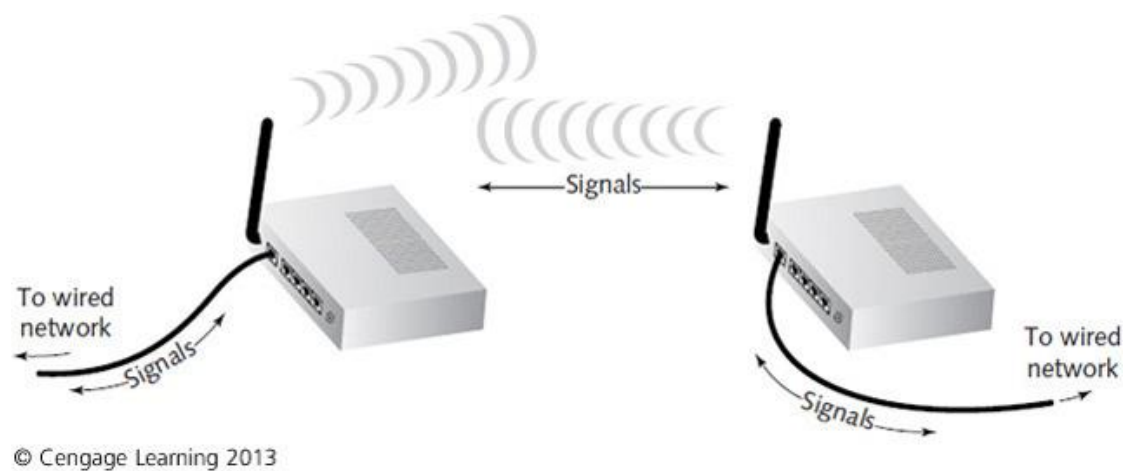
Kun päätelaite on saanut tarpeeksi tietoa liittyäkseen verkkoon on vuorossa seuraavaksi autentikointi, jossa tavoitteena on varmistaa suojattu tiedon välitys ja sanoman eheys. Tämä tapahtuu haaste-vaste-tekniikalla, ja se perustuu molempien tuntemaan salaiseen avaimeseen. (Granlund 2001, 256.)

Autentikoinnin onnistuttua on vuorossa sidonta (association), jossa tukiasema ja päätelaite vaihtavat tietoja ominaisuuksistaan ja työaseman sijainti rekisteröidään verkon toimesta. Sidonnan suoritettuaan työasema voi aloittaa liikennöinnin verkossa. (Granlund 2001, 256.)

Sidontaa tarvitaan, että tukiasemalla on tieto, mistä ja mitä kautta liikenne reititetään kyseiselle päätelaitteelle ja paljonko resursseja kyseiselle laitteelle varataan (Granlund 2001, 233.).

## 4.1 Tukiasemat

Kuten kuviosta 5 voidaan nähdä, tukiasemat yhdistävät langattomia solmuja (node) langattomiin tai langallisiin verkkoihin. Tavallinen tukiasema langattomille verkoille toimii OSI-mallin ensimmäisellä kerroksella siltana, tarjoten pelkästään liitännäisyyden verkkoon ottamatta kantaa reititykseen tai muuhun verkon toimintaan. Monet laitevalmistajat yhdistävät monia laitteita yhdeksi kokonaisuudeksi, tuoden yhteen fyysiseen laitteeseen ominaisuuden toimia OSI-mallin useammalla kerroksella niin kytkimenä kuin myös reitittimenä. (Meyers 2012.)

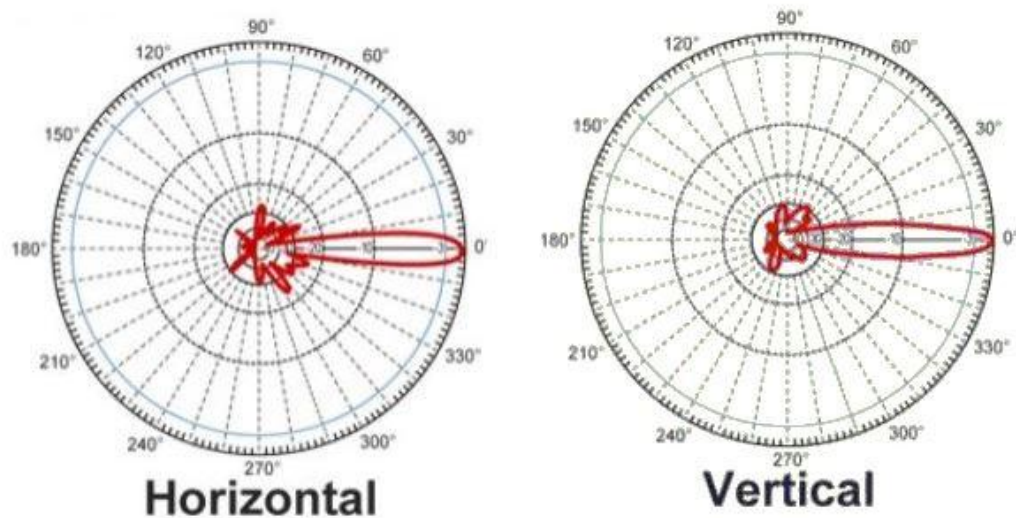


**Kuvio 5.** Tukiasemien toiminta(Dean 2013)

## 4.2 Antennit

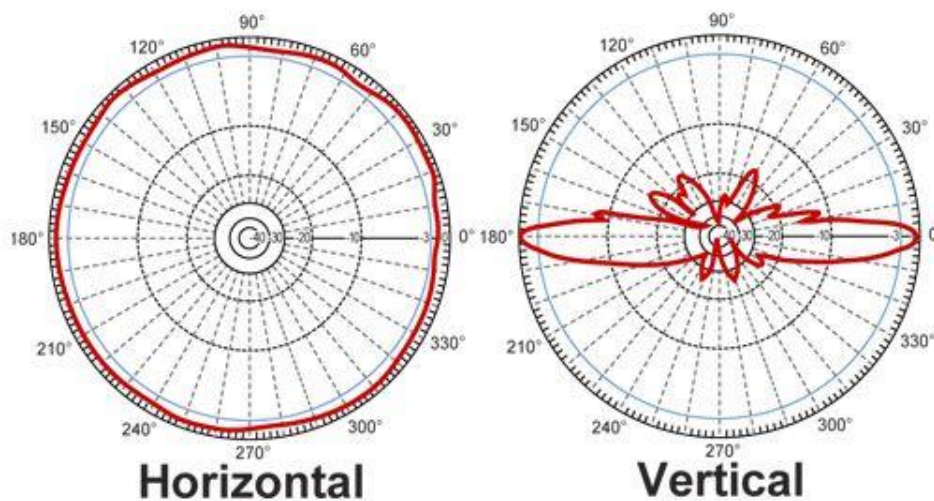
Antenneja käytetään radioaaltojen lähettämiseen ja vastaanottamiseen. Antenneja on monenlaisia ja kokoisia ja niiden käyttökohteet riippuvat tarpeesta. Tyypillisimpiä antennityyppejä ovat yksisuuntainen, suunnattu antenni (ks. kuvio 6) ja toinen on omnidirectional eli ympärisäteilevä antenni (ks. kuvio 7).(Wrightson 2012.)





**Kuvio 6.** Suunnatun antennin signaalikuvio(Selecting the right WiFi Antenna n.d.)

Käyttökohteet eri antennityypeille riippuvat siitä, halutaanko signaalin leviävän koko ympäristöön vai halutaanko lähettää signaali suunnattuna tiettyyn suuntaan ns. point-to-point eli suoraan päätepisteeltä päätepisteelle. Esimerkiksi lautasantennit, joilla vastaanotetaan TV-signaaleja, ovat suunnattuja antennia. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää ympärisäteileviä antennia, joissa antenni lähettää ja vastaanottaa radiosignaaleja samalla teholla koko ympäristöön. Ympärisäteileviä antennia käytetään, kun halutaan saada signaali mahdollisemman monen vastaanottimen kuuluvuusalueelle tai kun vastaanottimet ovat liikkeessä. TV- ja radioasemat käyttävät ympärisäteileviä antennia. (Dean 2013.)



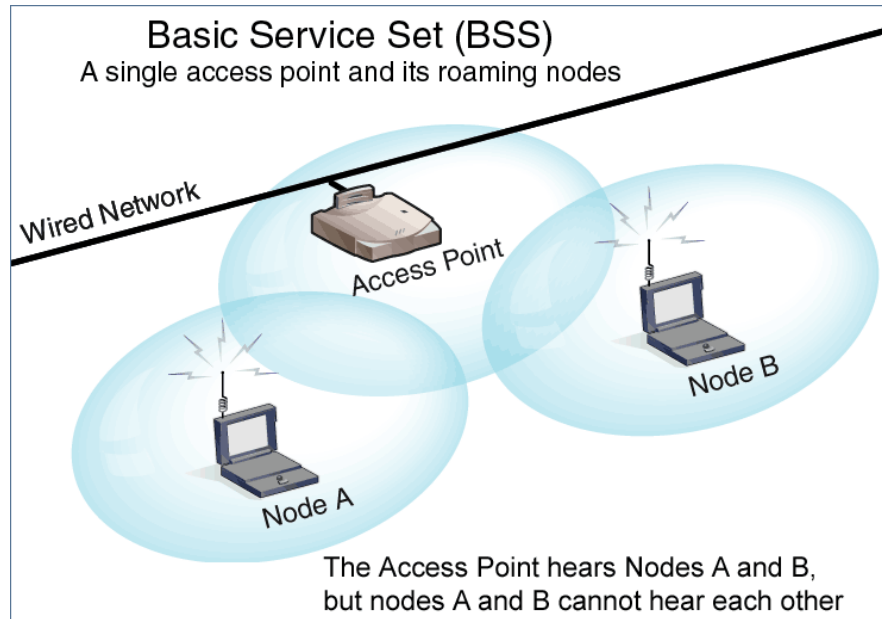
**Kuvio 7.** Ympärisäteilevän antennin signaalikuvio(Selecting the right WiFi Antenna n.d.)

## 5 TOPOLOGIAT

### 5.1 Basic Service Set (BSS)

IEEE 802.11 -suositukseen perustuvassa lähiverkossa laitteiden kytkeytymiseen toisiinsa on kolme tapaa. Kuvion 8 esittämässä perusarkkitehtuurissa BSS (Basic Service Set) verkko muodostuu kiinteästä tukiasemasta ja siihen loogisesti liittyneistä päätelaitteista. Tässä topologiassa kaikki keskustelu käydään tukiaseman kautta ja se muistuttaa tavallista kytkinverkkoa kiinteissä lähiverkoissa. Haittana BSS topologiassa on riippuvuus tukiaseman toiminnasta. Tukiaseman rikkoutuessa laitteet voivat muodostaa keskenään Ad-hoc verkon, mutta menettävät yhteydet mahdolliseen kiinteään lähiverkkoon tukiaseman kautta. Lisäksi tässä topologiassa käytetään kaksinkertainen kapasiteetti radiosolussa, kun laitteen on ensin lähetettävä tieto tukiasemalle joka taas lähettää viestin halutulle vastaanottavalle päätelaitteelle.

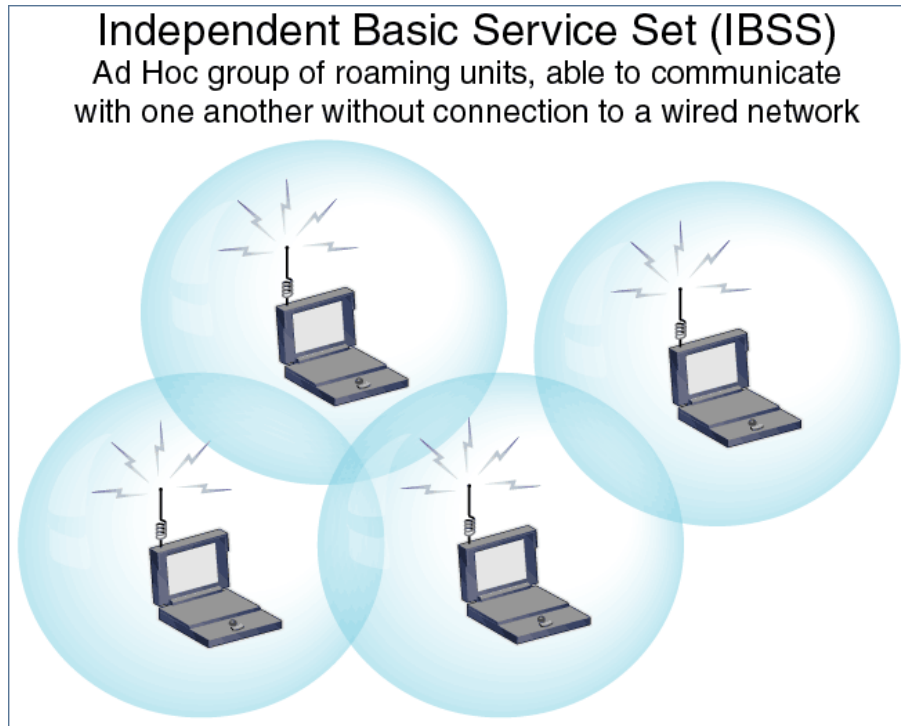
(Granlund 2001, 232.)



**Kuvio 8.** Basic Service Set toiminta ja hidden station ongelma(802.11 WLAN Packets and Protocols n.d.)

## 5.2 Independent Basic Service Set (IBSS)

Toisin kuin aiemmassa kytkentätavassa IBSS:ssä laitteet kytkeytyvät suoraan toisiinsa ilman yhdistävää tukiasemaa ja täten eivät ole myöskään kiinni laajemmassa lähiverkossa. Tämä kyseinen kytkentätapa on yleensä lyhytaikainen esimerkiksi neuvottelua tai kokousta varten. Kyseistä verkkoa kutsutaan myös Ad-hoc verkoksi (ks. kuvio 9). Tässä verkossa laitteet pystyvät keskustelemaan suoraan toistensa kanssa, mutta ongelmaksi voi muodostua ns. hidden station -ongelma. Tässä ongelmassa laitteet ovat samassa verkossa, mutta kaikki osapuolet eivät välttämättä kuule toisiaan. Jos kaksi päätelaitetta eivät kuule toisiaan eivät ne voi myöskään kommunikoida keskenään. IBSS-suositus ei salli, että yksi verkon laitteesta toimisi BSS-verkon tavoin välittäjlaitteena muiden osapuolten välillä. (Granlund 2001, 231.)

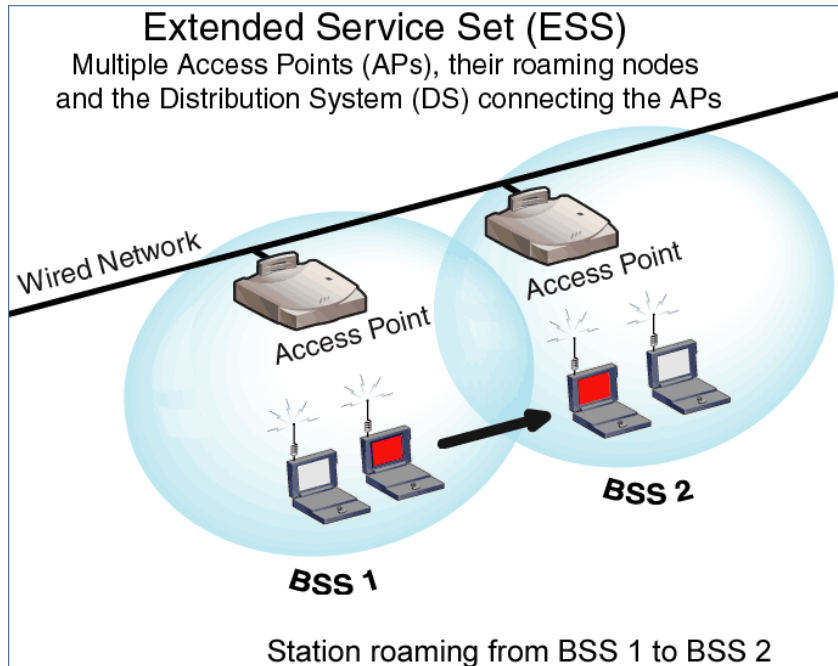


**Kuvio 9.** Independent Basic Service Set tai Ad-hoc verkko(802.11 WLAN Packets and Protocols n.d.)

### 5.3 Extended Service Set (ESS)

Kuvion 10 esittämä Extended Service Set tuo mahdollisuuden laajentaa BSS verkkoa siten, että käytetään useampaa tukiasemaa jotka kytketään samaan runkoverkkoon (backbone network). ESS on yleisin tapa muodostaa langaton lähiverkko sen kyvyllä muodostaa laajoja ja kattavia lähiverkkoja ja täten vältetään lyhyen kantaman mukanaan tuomat ongelmat. (Granlund 2001, 232)

ESS topologian runkoverkosta käytetään nimitystä DS (Distribution System), joka sallii sen että laitteet voivat liikkua radiosolusta toiseen ilman että käyttäjä itse huomaa tukiaseman vaihdosta. Distribution System sisältää mm. uudelleensidonnan (reassociation), jota tarvitaan kun päätelaite siirtyy toisen tukiaseman alueelta toiselle. Uudelleensidonnan aikana päätelaite ilmoittaa uudelle tukiasemalle sen vanhan tukiaseman alueen ja tämän tiedon avulla vanha tukiasema voi mm. reitittää vanhan tukiaseman puskuriin jääneitä viestejä uudelle tukiasemalle. (Granlund 2001, 232-233.)



**Kuvio 10.** Extended Service Set verkon rakenne(802.11 WLAN Packets and Protocols n.d.)

## 6 RADIOSIGNAALIN ETENEMINEN

Radioaallot liikkuvat ilmassa lähes vapaasti, mutta signaaliin ja sen etenemiseen vaikuttavat monet asiat kuten signaalin heikkeneminen sen läpäistessä esteitä tai sen heijastuminen ympäristöstä. Suunniteltaessa langattomia verkkoja on otettava huomioon signaalin vaimenemiset ja heijastumiset, jotta signaali saa kuljetettua halutun tiedon kohteeseen. (Geier 2010, 48.)

Radioaaltojen etenemiseen vaikuttavat niin maasto, esteet kuin fäärit. Mm. ilmakehän alimmassa kerroksessa troposfäärissä signaali vaimenee, kaartuu, heijastuu ja vaihe voi muuttua monitie-etenemisen vuoksi. Lisäksi signaalin kantomatkaan vaikuttavat lähetysteho ja taajuus. Idyllisessä tapauksessa lähettäjän ja vastaanottajan välillä on suora esteetön yhteys. Vastaanottaja voi kuulla lähetetyn radiosignaalin vain jos se on sen kuuluvalualueella. (Granlund 2001 ,12.)

## 6.1 Heijastuminen

Heijastuminen (reflection) radioaalloissa ei eroa muiden elektromagneettisten aaltojen, kuten valon heijastumisesta. Aalto kohtaa esteen ja heijastuu tai kimpoaa takaisin sen lähdeä kohti. Langattomat signaalit kimpoavat esteistä joiden mitat (dimension) ovat suuria verrattuna signaalin keskimääräiseen aallonpituuteen. Langattomien lähiverkkojen tapauksessa, joissa käytetään signaaleita joiden aallonpituudet vaihtelevat 1 - 10 metrin välillä kyseisiä esteitä ovat mm. seinät, lattiat ja katot. Lisäksi signaali heijastuu paremmin johtavista materiaaleista kuten metallista toisinkuin eristävistä aineista, kuten betonista. (Dean 2013.)

## 6.2 Vaimeneminen

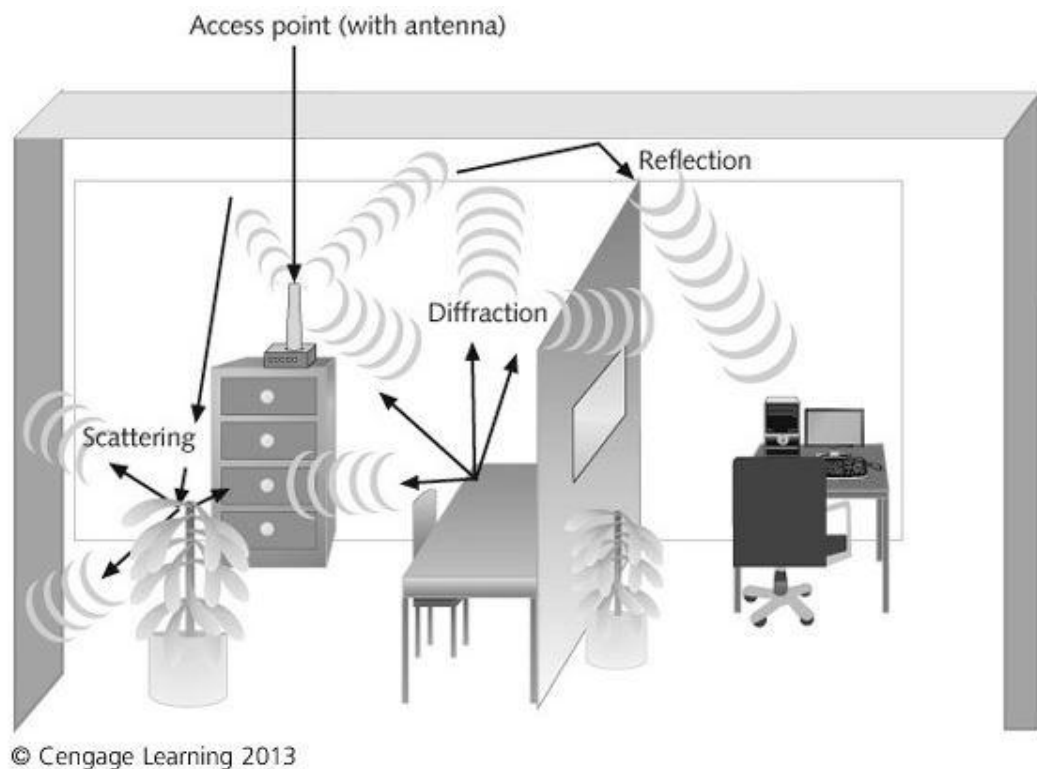
Vaimenemista (attenuation) kutsutaan ilmiöksi missä signaalin sisältämä teho vähenee. Vaimeneminen on havaittavissa siitä että signaalin aallon korkeus (amplitudi) pienenee etäisyyden kasvaessa kunnes se lopulta häviää kokonaan. Vaimeneminen ei ole tasaista kaikilla taajuuksilla, vaan riippuu käytetystä siirtotiestä ja taajuudesta. Vaimeneminen on suoraan verrannollinen käytettyyn taajuuteen. Korkeamman taajuuden sisältävä lähetys vääristyy ja vaimenee enemmän matkan kasvaessa verrattaessa lähetykseen matalammalla taajuudella. Vaimenemista aiheuttaa etäisyyden lisäksi myös radiosignaalin edessä olevat fyysiset esteet. (Granlund 2001, 14.)

## 6.3 Monitie-eteneminen

Monitie-etenemisellä (multipath propagation) on hyvät ja huonot puolensa. Signaalin kimpoillessa esteistä niillä on parempi mahdollisuus päästä kohteeseensa. Ympäristöissä kuten toimistorakennuksissa langattomat palvelut ovat riippuvaisia signaalin kimpoilemisesta seinistä, katosta, lattiasta ja huonekaluista, jotta ne voivat aikanaan saapua haluttuun kohteeseen. Tällä tavoin voidaan välttää tarve suoralle näköyhteydelle lähettäjän ja vastaanottajan välillä. (Dean 2013.)

Kun radioaalto etenevät kohti vastaanottavaa antennia ne saapuvat eri reittejä ja eri voimakkuuksilla. Vastaanottava antenni saa radioaaltojen summan ja näkee näin sen yhtenä signaalina. Radioaaltojen summaan vaikuttavat niiden keskinäiset vaihe-erot ja se vahvistavatko vai kumoavatko ne toisensa. (Granlund 2001, 11)

Monitie-etenemisellä tarkoitetaan sitä että lähetetty signaali ei saavu yhtä suorinta tietä perille vaan heijastuu eri ympäristön esteistä (ks. kuvio 11). Signaali saattaa kulkea jopa kaksinkertaisen matkan suoraan reittiin verrattuna ja täten heijastuva signaali saapuu perille eri aikaan ja on täten menettänyt osan tehostaan. Heijastumiseen vaikuttavat käytetty aallonpituus ja aine josta signaali heijastuu. (Dean 2013.)



**Kuvio 11. Monitie-eteneminen(Dean 2013)**

Monitie-etenemiseen vaikuttavat myös signaalin hajonta (scattering) ja diffraktio (diffraction). Diffraktiossa langattoman signaalin kohdatessa esteen se jakautuu useampaan eri aaltoon. Alkuperäisestä signaalista jakautuneet toissijaiset aallot jatkavat kulkuaan suuntaan johon ne jakoutuivat. Esineet joilla on terävät reunat esimerkiksi seinien reunat ja pöytien kulmat aiheuttavat diffraktiota. (Dean 2013.)

Hajonta on signaalin leviämistä tai heijastumista useaan eri suuntaan. Hajontaa tapahtuu signaalin kohdatessa esteen jolla on pienemmät mitat verrattuna signaalin keskimääräiseen aallonpituuteen. Hajontaan vaikuttavat myös signaalin etenemisympäristössä esiintyvien esteiden materiaalin karkeus. Mitä karkeampi pinta sitä

todennäköisemmin signaali hajoaa osuessaan pintaan. Toimistorakennuksessa esi-  
neet kuten tuolit, kirjat ja tietokoneet hajottavat langattomia signaaleita. Signaalit  
jotka kulkevat ulkona ovat alttiita hajonnalle sateen, sumun ja lumen toimesta. (Dean  
2013.)

## **7 LANGATTOMAN LÄHIVERKON SUUNNITTELU**

Langattoman lähiverkon suunnittelussa ja toteutuksessa on otettava huomioon mon-  
ta eri asiaa. Ensiksi kannattaa kartoittaa käytettävissä olevat tilat määrittääkseen  
mahdolliset esteet langattoman signaalin toiminta-alueella. Jokainen langaton verkko  
tarvitsee päätelaitteita, joten ne on otettava seuraavaksi huomioon. Perustettaessa  
Ad-Hoc verkkoa ei päätelaitteiden lisäksi muita laitteita tarvitakaan, mutta jos halu-  
taan rakentaa suurempi yhtenäinen verkko pitää tiloihin asentaa lisäksi langattomia  
tukiasemia ja konfiguroida tukiasemat sekä päätelaitteet yhteensopiviksi. Jos käytös-  
sä ei ole pieni tila jonka voi kattaa yhdellä tukiasemalla on otettava huomioon tavat  
kattaa koko haluttu tila. Lopuksi verkko tulee testata, jotta voidaan varmistua siitä  
että verkko toimii halutulla tavalla. (Meyers 2012.)

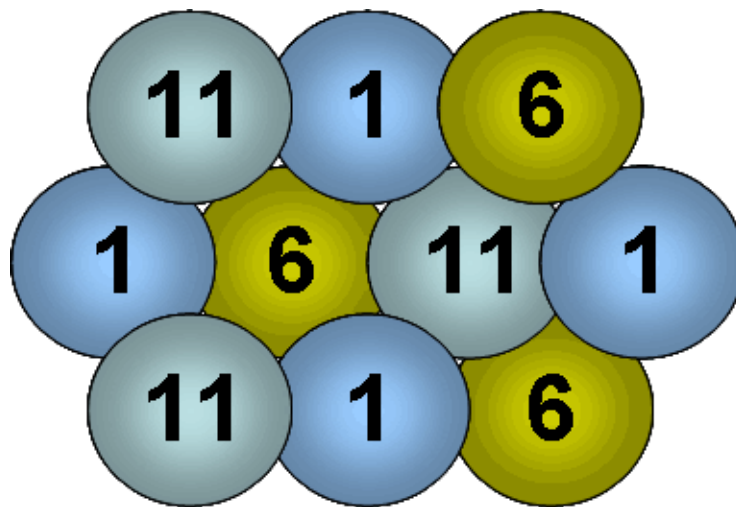
Tilojen kartoitus mahdollistaa eri esteiden määrittämisen langattomalle verkolle.  
Fyysisten esteiden lisäksi pitäisi kartoittaa ympäristön muut langattomat verkot ja  
määrittää eri häiriölähteet. Esimerkiksi jääkaapit, vahvistetut seinät ja mikroaaltouu-  
nit voivat luoda suuria häiriöitä tai tyhjiä kohtia joita radiosignaali ei läpäise. Kartoi-  
tus tukee päätöstä laitteistohankintojen osalta haluamallasi verkolle ja tätä kautta  
auttaa takaamaan riittävän langattoman verkon peittoalueen. Muiden langattomien  
verkkojen signaalien huomaaminen omissa tiloissa tekee myös kanavas suunnittelun  
mahdolliseksi, jotta voidaan välttää myös signaalien päällekkäisyydet. (Meyers 2012.)

### **7.1 Kanavas suunnittelu**

Jokainen Wi-Fi (Wireless Fidelity) verkko kommunikoi kanavalla, joka on osa käytössä  
olevaa spektriä. 802.11-standardi määritteli 14 eri kanavaa, mutta eri maissa voi olla  
omia rajoituksia käytettävissä olevista kanavista esimerkiksi Yhdysvalloissa langatto-



mat tukiasemat voivat käyttää vain kanavia 1-11. Näillä kanavilla on jonkinverran päällekkäisyyttä, joten kahden lähekkäin olevan tukiaseman ei pitäisi käyttää vierekkäisiä kanavia kuten 6 ja 7. Moni langaton tukiasema käyttää kanavia 1,6 ja 11 oletuksena, koska ne ovat ainoat ei-päällekkäiset kanavat(ks. kuvio 12). Langatonta verkkoa voi hienosäätää vaihtamalla tukiaseman käyttämää kanavaa toisille kanaville välttääkseen päällekkäisyydet. Tämä ominaisuus on erityisen tärkeää ympäristöissä joissa on monta eri langatonta verkkoa samassa fyysisessä tilassa. (Meyers 2012.)



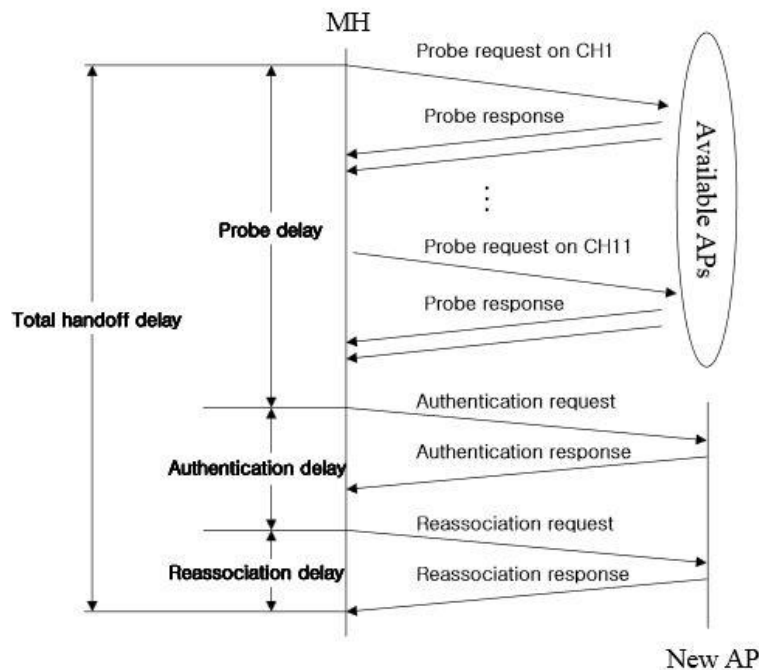
**Kuvio 12.** Kanavasuunnittelua käyttäen ei-päällekkäisiä kanavia (Wireless Network Performance - Channel Planning, 2007)

Päätelaitteiden liikkuvuuden takia tukiaseman signaalinvoimakkuus päätelaitteelle voi heikentyä ja tämä käynnistää prosessin solunvaihdolle (handover). 802.11 verkoissa solunvaihto on jaettu kahteen eri osioon: löytämiseen (discovery) ja uudelleenautentikointiin (reauthentication). Päätelaitteen liikuttua alueelle jossa sen on vaihdettava tukiasemaa on sen löydettävä ensin uusi tukiasema ennenkuin se voi sulkea yhteyden vanhaan. Tämä prosessi tapahtuu medium access control (MAC) tasolla kuuntelemalla joko passiivisesti tai aktiivisesti langatonta siirtotietä. Passiivisessa kuuntelussa päätelaite kuuntelee langattomalta siirtotieltä tukiasemien lähettämiä beacon-sanomia. Beaconit sisältävät tarvittavat tiedot päätelaitteelle verkkoon liittymistä varten ja näiden beacon-sanomien sisältämien tietojen avulla päätelaite voi valita seuraavan tukiaseman johon se liittyy. Nykyinen 802.11-standardi tukee usean eri kanavan käyttöä kuten esimerkiksi 802.11b ja 802.11g:n käyttämät 2,4

GHz:n taajuusalueen 11 kanavaa ja 802.11a:n käyttämä 5GHz:n alueen 32 eri kanavaa. Passiivisessa kuuntelussa päätelaite kuuntelee langattomalta siirtotieltä jokaisen kanavan erikseen yrittäessään paikallistaa uuden tukiaseman. Tästä syystä passiivinen kuuntelu tuottaa huomattavaa viivettä. (Sangheon, P., Jaeyoung, C., Taekyoung, K. & Yanghee, C. 2007, 3-4.)

Aktiivisessa kuuntelussa päätelaitteen on lähetettävä Probe Request -pyyntöjä ja vastattava tukiasemien lähettämiin Probe Response -sanomiin. Kun kaikki kanavat on kuunneltu läpi, kerää päätelaite tukiasemilta kaikki tarvittavat tiedot verkkoon liittymistä varten. (Sangheon, P., Jaeyoung, C., Taekyoung, K. & Yanghee, C. 2007, 4.)

Uuden tukiaseman löytymisen jälkeen on vuorossa uudelleenautentikointi. Tämä prosessi sisältää uuteen tukiasemaan autentikoitumisen ja uudelleensidonnin, jossa liikkuvan päätelaitteen tiedot siirtyvät vanhalta tukiasemalta uudelle. Autentikointi on prosessi jossa uusi tukiasema joko hyväksyy tai hylkää päätelaitteen. Päätelaite aloittaa autentikoitumisen lähettämällä tukiasemalle Authentication Request -sanoman jossa se kertoo tukiasemalle omat tietonsa. Tämän jälkeen tukiasema lähettää Authentication Response -sanomansa jossa se ilmoittaa autentikoinnin hyväksymisen tai hylkäämisen. Autentikoinnin onnistuttua päätelaite lähettää uudelleensidonnin -sanoman uudelle tukiasemalle joka vastaa joko hyväksyen tai hyljäten tämän sanoman. Koko solunvaihdon viive voidaan jakaa siis kolmeen eri osioon kuten kuvio 13 osoittaa; Probe Delay jossa viive koostuu radiotien kuuntelussa käytetystä kuuntelutavasta, Authentication Delay joka koostuu uudelleenautentikoinnissa lähetetyistä sanomista ja Reassociation Delay jossa päätelaite vaihtaa tietonsa vanhalta tukiasemalta uudelle. (Sangheon, P., Jaeyoung, C., Taekyoung, K. & Yanghee, C. 2007, 4-7.)



**Kuvio 13.** Päätelaitteen MH (Mobile Host) solunvaihto ja siinä muodostuvat viiveet(Sangheon, P., Jaeyoung, C., Taekyoung, K. & Yanghee, C. 2007, 5.)

## 7.2 Fyysinen sijoittelu

Optimaalinen sijainti langattomille tukiasemille riippuu alueesta joka halutaan kattaa ja siitä halutaanko signaalin kuuluvan omien tilojen ulkopuolelle. Lisäksi on otettava huomioon käytettävissä olevat antennit, jotta ne tuottavat tarpeeksi kuuluvan signaalin ja että signaali suuntautuu haluttuun suuntaan. Tyypillisessä verkossa halutaan laaja peittoalue ja tukiasema sijoitetaan keskelle tiloja ympärisäteilevällä antennilla. Ympärisäteilevällä antennilla radioaallot leviävät koko ympäristöön. Tämä mahdollistaa helpon käytön, koska kaikki laitteet signaalin kantomatalla voivat mahdollisesti liittyä verkkoon. (Meyers 2012.)

Keskelle tiloja asennettu ympärisäteilevä tukiasema ei toimi jokaisessa verkossa. Jos signaali kantaa kauemmaksi kuin käytettävissä olevat fyysiset tilat ja mikäli signaali vuotaa ulos on signaali muiden laitteiden havaittavissa. Tämä tuo tietoturvariskin, koska joku verkon ulkopuolinen henkilö voi havaita signaalin ja urkkia verkon tietoja tai yrittää murtautua verkkoon. (Meyers 2012.)

Jos yhden ympärisäteilevän tukiaseman kantomatka ei riitä kattamaan koko haluttua aluetta on hankittava signaalivahvistin tai käytettävä useampaa tukiasemaa. Lisäksi ympäristön esteet ja häiriötekijät voivat luoda verkkoon kuolleita kohtia, joita signaali ei läpäise ja tekee näin verkosta käyttökelvottoman kyseisillä alueilla. (Meyers 2012.)

Jos tavoitteena ei ole kattaa suurta aluetta ja lähettää signaalia ympäriinsä voidaan käyttää myös yhtä tai useampaa suunnattua antennia, jotta luodaan haluttu kattavuus oikealle alueelle. (Meyers 2012.)

## **8 VERKON MITTAAMINEN**

Tässä kappaleessa käydään läpi työn käytännönsuudessa käytettyjä ohjelmistoja, niiden toimintoja ja tarvittavia esitöitä ennen varsinaisia mittauksia. Työssä suoritettut mittaukset tapahtuivat maaliskuussa vuonna 2013 ja ne sijoituivat Jyväskylän ammatikorkeakoulun Rajakadun toimipisteen hallintosiipeen, joka kattoi kaksi erillistä toimistotyypistä kerrosta.

### **8.1 Ekahau Site Survey (ESS)**

Ekahau on yhdysvaltalaispohjainen yritys joka on perustettu vuonna 2000 ja se tarjoaa yrityksille ohjelmistoja langattomien verkkojen suunnitteluun, käyttöönottoon ja ylläpitämiseen. Lisäksi yritys tarjoaa langattoman verkon kautta toimivia Real-Time Location System (RTLS) palveluita. (Ekahau About Ekahau Wi-Fi Design Tools, n.d.)

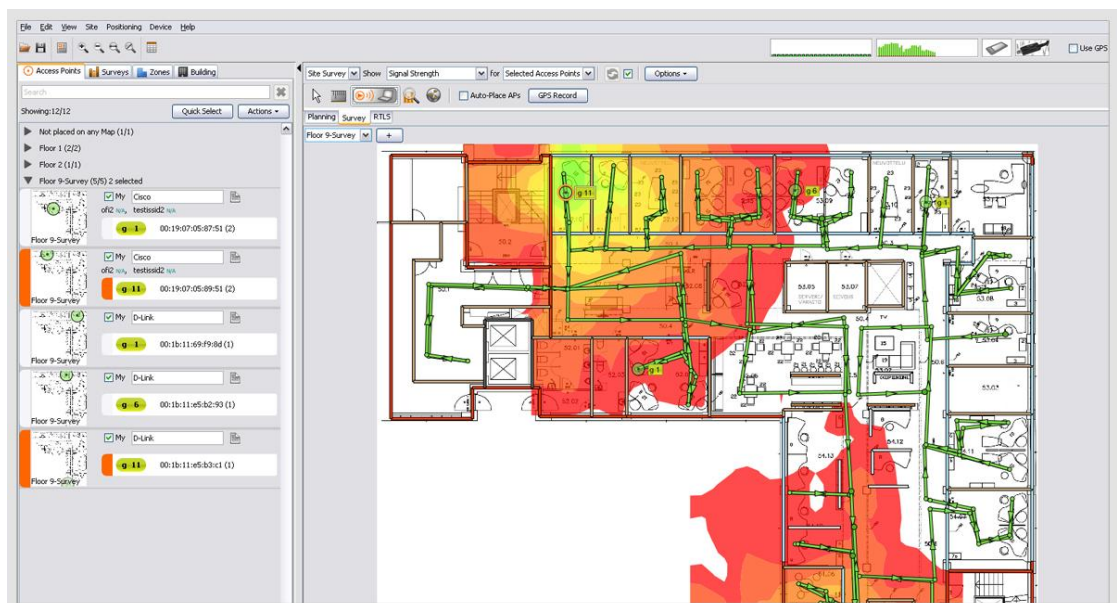
Tässä työssä käytettiin Ekahau:n Site Survey työkalua, joka on suunniteltu nimenomaisesti langattomien verkkojen suunnitteluun, käyttöönottoon ja ylläpitoon. Käytetty versio oli 5.5.1.8 ja kyseisestä ohjelmasta on saatavilla uusin 6.0.4 versio.

Ohjelmistoa on kehitelty yli kymmenen vuotta ja sen maine perustuu helppokäyttöisyyteen ja helposti tulkittaviin mittaustuloksiin. Ekahau on alansa pioneeri ja on kehittänyt ensimmäisen yrityksille suunnatun työkalun langattomien verkkojen suunnitteluun. ESS:n avulla yritykset voivat suunnitella ja toteuttaa omia langattomia lähiverkkojaan omien tarpeidensa mukaan. Ohjelmalla pystytään simuloimaan liikennet-

tä käytettävistä sovelluksista kuten VoIP(Voice Over Ip), HD videokuvan suoratoistoa ja verkkoselaamista. (Ekahau Site Survey Overview,n.d.)

Ohjelmistolla pystytään suunnittelemaan automaattisesti langattomien tukiasemien määrä ja sijainti rakennuksen pohjapiirrustuksiin niiden optimaalisille sijainneille sekä laatimaan langattomalle verkolle kanavasunnitelma. Ohjelma tuo 3D-näkymän pohjapiirrustuksista joissa signaalit läpäisevät seiniä ja kerroksia (ks. kuvio 14). Lisäksi suunnitteluvaiheessa ohjelmistolla voidaan laskea verkon kuorma simuloimalla käytettyjä sovelluksia ja aktiivilaitteita. (Ekahau Site Survey Overview,n.d.)

Itse kartoitusvaiheessa ohjelma piirtää langattoman verkon kuuluvuuskartan ja muita langattoman verkon ominaisuuksia kuten signaali-kohinasuhteen syötettyyn pohjapiirrustukseen. Ohjelma etsii automaattisesti käytetyt tukiasemat ja sijoittaa ne pohjapiirrustukseen.



**Kuvio 14.** Ekahau Site Survey kartoitusmittaus(Ekahau Site Survey Overview n.d.)

## 8.2 Metageek Wi-Spy + Chanalyzer

Metageekin Wi-Spy on siirrettävä USB spektrianalysaattori, jolla pystytään mittaamaan langattoman siirtotien spektriä niin 900 MHz, 2.4 GHz kuin 5 GHz:n taajuusalueilla (ks. kuvio 15). Wi-Spy on helppokäyttöinen ja se säästää niin aikaa kuin rahaa.

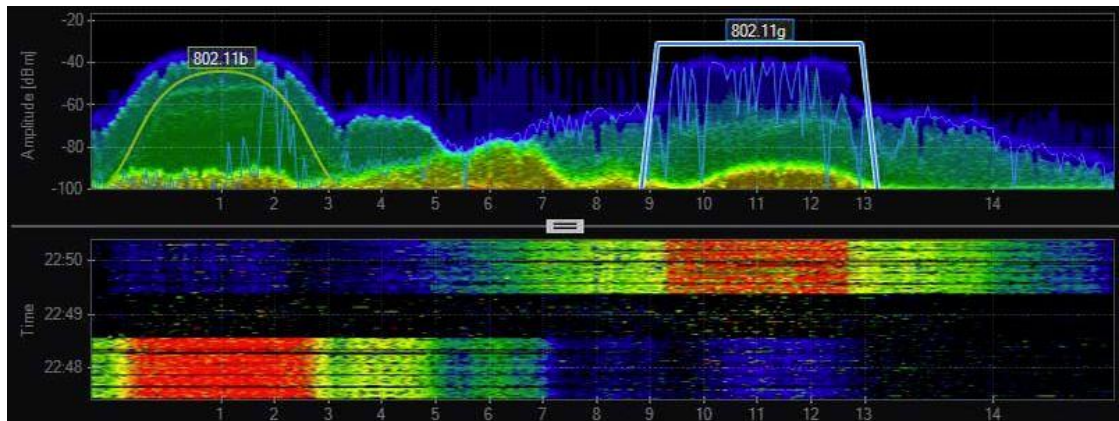
2,4 GHz:n taajuusalue on paljon käytetty ja ammattilaiset tarvitsevat työkalun jolla pystytään nopeasti selvittämään radiotien häiriölähteet ja selvittämään parhaiten vähiten kuormitettu kanava. (Metageek Wi-Spy + Chanalyzer,n.d.)



**Kuvio 15.** Mittauksissa käytetty Wi-Spy analysaattori(Metageek Wi-Spy + Chanalyzer n.d.)

Spektrianalysaattorin lisäksi on mittauksissa käytettävään laitteeseen asennettava myös ohjelmisto spektrin tulkitsemista varten. Tätä varten on kehitelty Chanalyzer ohjelmisto, joka näyttää signaalin voimakkuuden ja radiosignaalien aktiivisuuden käytetyillä kanavilla (ks. kuvio 16). Ohjelmisto piirtää värikoodatun kuvan radiosignaaleista mitattavilla taajuuksilla ja näyttää ympäristön langattomat verkot, jotta käyttäjä pystyy valitsemaan omalle langattomalle verkolle sopivimman kanavan. (Metageek Chanalyzer,n.d.)

Tässä työssä oli käytössä Chanalyzer ohjelmiston 4. versio ja ohjelmasta on saatavilla uusin 5. versio. Ohjelmisto on maksullinen, mutta siitä on saatavilla myös ilmainen kokeiluversio.



**Kuvio 16.** Spektrianalyysi 2,4 GHz:n kanavilta (Metageek Chanalyzer n.d.)

### 8.3 Mittausvalmistelut

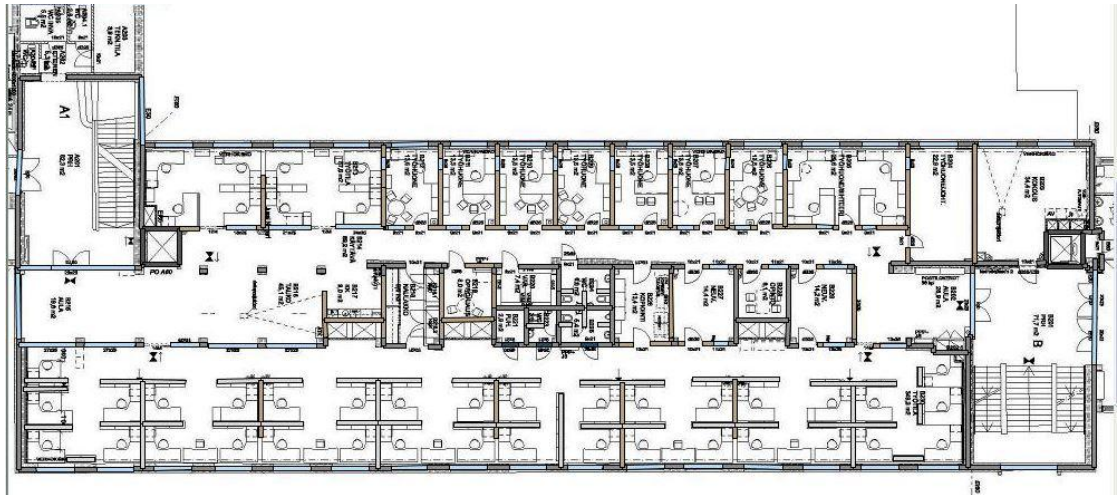
Ennen varsinaisia mittauksia oli asennettava molemmat mittausohjelmat mittauksiin käytetylle kannettavalle tietokoneelle. Molempien ohjelmistojen asennus oli hyvin yksinkertaista ja opastettua.

Ohjelmistojen asennuksen jälkeen oli vuorossa mittaustyökaluihin tutustuminen. Ohjelmat olivat suhteellisen helppokäyttöisiä ja sisälsivät opaskirjat mahdollisten ongelmatilanteiden varalle. Molemmilla ohjelmilla suoritettiin testimittaukset ennen varsinaisia mittauksia ohjelmistojen oikeanlaisen toiminnan varmistamiseksi.

Tämän jälkeen oli kartoitettava käytössä olevat tilat, koska Ekahau Site Survey -ohjelmistoon täytyy syöttää käytössä olevat pohjapiirrustukset ja pohjapiirrustuksiin merkitä rakennuksen seinämateriaalit ja muut esteet kuvion 17 esittämällä tavalla. Rakennuksen ulkoseinät koostuivat betonista, jonka vaimennukseksi ohjelma antoi 12 dB. Toimistojen seinät ovat tehty kipsilevyistä ja toimistoissa sijaitsi lisäksi sermejä, joihin ohjelma antoi vaimennukseksi 3 dB ja 1 dB. Seinien lisäksi oli merkittävä sisä- ja ulkoikkunat joiden vaimennus ohjelmistossa oli paksuudesta riippuen 3 dB tai 1 dB.

Seuraavaksi täytyi saada useampi kerros samaan linjaan toistensa kanssa ja merkitä oikeat mittasuhteet. Näiden lisäksi oli kartoitettava käytetyt tukiasemat ja niiden

fyysiset sijainnit sekä sijoittaa ne oikeille paikoilleen pohjapiirrustukseen. Vaikka ohjelmisto osaakin automaattisesti sijoittaa ne kartalle, sijoituskohdat eivät olleet täysin paikkaansapitäviä. Tähän syytä voi olla signaalin eteneminen.



**Kuvio 17.** Pohjapiirrustukseen sijoitettu seinämateriaalit

Kun varsinaiset mittaustoimenpiteet olivat valmiita alkamaan oli sovittava Rajakadun vahtimestarin kanssa ajoista jolloin mittauksia pääsee toteuttamaan. Mitattava hallintosiipi on lukkojen takana ja henkilökunnan käytössä, joten mittaukset suoritettiin siis toimistoajan ulkopuolisella ajalla häiritsemättä työntekoa. Tämä tapahtui siis sopimalla ennalta ajat jolloin vahtimestari on paikalla ja valmiina aukaisemaan tarvittavia ovia.

Varsinaiset mittaukset päästiin toteuttamaan maaliskuussa vuonna 2013. Mittauksissa pidettiin jokainen kerroksen ovi avoinna, jotta saatiin varmasti samat tasaiset tulokset kaikkialle.

Jokaisen kerroksen mittaamiseen oli arvioitu kuluvan aikaa ainakin yksi tunti, joten ongelmaksi koitui kannettavan tietokoneen akun kesto. Tämä ratkaistiin laittamalla UPS (Uninterruptible Power Supply) varavirtalähde kannettavaan tietokoneeseen kiinni. Käytännössä tämä tarkoitti sitä että kannettava tietokone oli käsissä ja varavirtalähde oli sijoitettuna mittaajan selässä olevaan reppuun.



## 9 HALLINTOSIIVEN MITTAUS JA TULOSTEN ANALYSOINTI

### 9.1 Ekahau Site Survey

Ohjelmistolla tehtävä varsinainen mittaus tapahtuu kulkemalla mitattavien tilojen lävitse kattavasti niin että on kuljettu ainakin huoneen reunat ja isommissa tiloissa myös huoneen keskeltä. Tällä tavoin saadaan varmistettua oikeat signaalinvoimakkuudet ja täten ohjelmiston ei tarvitse päätellä kuljettujen reittien väliin jääviä arvoja. Liitteissä 3 ja 4 on kuvattu kartoituksessa kuljetut reitit.

Liitteessä 5 kuvataan hallintosiiven 2. kerroksen signaalinvoimakkuudet, jotka ilmaistaan yksikkönä dBm, joka tarkoittaa desibelimäärää suhteessa milliwattiin. Kuvasta voidaan huomata signaalin olevan hyvällä voimakkuudella, keskimäärin -30 dBm - -45 dBm tasolla. Kerroksen keskiosissa kuuluvuudet heikkenevät selvästi alhaisemmiksi -65 dBm - -60 dBm tasolle. Paikoitellen jopa -70 dBm - -65 dBm tasolle huoneen B209 kohdalla, joka alkaa lähenemään rajaa jolloin päätelaitteilla saattaa esiintyä ongelmia verkossa pysymisen ja liikennöinnin kanssa.

Tavallisille yritystoimintaan tarvittaville sovelluksille signaalinvoimakkuudet tulisivat olla alhaisimmillaan -75 dBm tasolla. Sovelluksille kuten VoIP:lle signaalinvoimakkuus ei saisi olla heikompi kuin -65 dBm. (AirTight® Networks 2011, 5.)

Liitteessä 6 näkyy 3. kerroksen signaalinvoimakkuudet. Tästäkin kuvasta voidaan huomata signaalitason pysyvän keskimäärin hyvällä tasolla, mutta kuten aiemmasta kuvasta myös tästä voimme huomata kerroksen keskivälissä olevan selvästi heikompi kuuluvuusalue verrattuna muuhun kerrokseen. Signaalitasot tippuvat alhaisimmillaan -65 dBm - -60 dBm tasolle.

Liitteissä 7 ja 8 on kuvattuna molempien kerroksien häiriöt ja kohinat. Häiriöt koostuvat lähinnä samalla kanavalla toimivista tukiasemista ja muista sähköisistä häiriölähteistä kuten Bluetooth-laitteista, mikroaaltouuneista ja muista langattomista ver-

koista jotka vaikuttavat kyseiselle alueelle. Kuvista voidaan havaita 2.kerroksessa olevan enemmän häiriötä signaalille. Tähän syynä voi olla rakennuksen 1.kerroksesta kantautuvat signaalit jotka heijastuvat 2.kerroksen fyysisiin tiloihin. 2.kerroksessa häiriöt jäävät pääosin -80 dBm - -75 dBm paikkeille, joka on ohjelmiston mittakaavan mukaan keskiluokalla ja ei pitäisi vaikuttaa häiritsevästi.

3. kerroksessa häiriötasot näyttävät paremmilta, keskimäärin -85 dBm - -80 dBm tasolla. Lisäksi kerroksessa on kohtia joissa häiriöt ovat todella vähäisiä -95 dBm - -90 dBm välillä ja joitain yksittäisiä kohteita joissa häiriötaso nousee -80 dBm - -75dBm välille.

Kummankaan kerroksen häiriö/kohina-mittauksesta ei voida havaita selviä kuolleita kohtia tai häiriölähteitä, jotka vaikuttaisivat liian radikaalisti verkon toimintaan.

## **9.2 Langattoman verkon spektrimittaus**

Signaalinvoimakkuuksien, häiriön ja kohinoiden lisäksi työssä mitattiin myös radiotien spektriä Wi-Spy spektrianalysaattorilla ja tuloksia analysoitiin Chanalyzer 4 -ohjelmistolla.

Mittaus tapahtui laittamalla kuviossa 15 esiintyvä USB-spektrianalysaattori kiinni mittauksissa käytettyyn kannettavaan tietokoneeseen ja avaamalla Chanalyzer -ohjelmisto, joka alkoi taltioimaan saatuja arvoja. Mittauslaitteisto sijoitettiin liitteessä 1 merkitylle punaiselle kohdalle ja laite taltioi spektriä kahdelta täydeltä vuorokaudelta. Kyseinen kohde mittauslaitteelle muodostui lähinnä kohteen sijainnista opettajien taukotiloissa, jossa laite sai varmasti olla rauhassa ja kannettavien laitteiden käytöstä kyseisessä tilassa. Lisäksi taukotilojen yhteydessä sijaitsee elektronisia laitteita kuten mikroaaltouuni, jonka tiedetään ainakin aiheuttavan häiriötä langattomalle signaalille.

Liitteessä 9 on kuvattuna JAMK:n tukiasemien 2,4 GHz:n taajuusalueella käyttämien kanavien 1 ja 6 spektritiheys aamulla käyttäjien saapuessa koululle. Liitteestä voidaan selvästi huomata milloin käyttäjät saapuvat rakennukseen ja alkavat käyttämään langatonta verkkoa spektritiheyden lisääntyessä kello kahdeksan jälkeen.

Liitteessä 10 näkyy verkon käyttö lounasaikaan. Lisäksi kuvasta näkyy selvästi kuinka taukotilojen mikroaaltouunia on käytetty useampaan kertaan ja tämän aiheuttamat häiriöt koko 2,4 GHz:n taajuusalueelle.

Liitteessä 11 on kuvattuna siirtotien käyttöaste iltapäivällä. Spektrimittauksista voidaan nähdä koulun verkon olevan eniten käytetty kello 10 - 15 välillä. Suurimman osan opetuksesta päätyttyä kello 16 voidaan selvästi huomata verkon käyttöasteen putoaminen oppilaiden ja henkilökunnan poistuessa rakennuksesta.

Liitteessä 12 on vielä kuvattuna verkon käyttöä illalta ja keskiyöllä kun verkko on hiljaisimmillaan.

Mittausajan molemmilta vuorokausilta tulokset ovat yhtenäiset verkon käytön ja häiriöiden osalta ja spektrimittauksissa ei havaittu suuria ulkoisia häiriölähteitä mikroaaltouunin lisäksi.

## **10 JOHTOPÄÄTÖKSET JA PARANNUSEHDOTUKSET**

Johtopäätöksenä molemmista mittauksista voidaan sanoa hallintosiiven verkon toimivan pääsääntöisesti hyvällä tasolla. Kuuluvuusmittauksista voidaan selvästi havaita molemmissa kerroksissa olevan pieni katvealue kerroksien keskiosissa. Kanavasunnittelu on toteutettu hyvin ja tukiasemat eivät mene päällekkäin ja langaton siirtotie ei ole liian tukossa.

Fyysinen sijoittelukin on toteutettu hyvin ottaen huomioon tämänkaltainen rakennus jossa tukiasemia ei voida aina sijoittaa halutulle paikalle vaan on otettava huomioon ympäristön esteet ja sijainti, jotta tukiasemat saa kytkettyä koulun laajempaan verkkoon.

Parannusehdotuksena olisi sijoittaa yksi 802.11n-standardin tukiasema kakkoskerroksen puoliväliin parantamaan kuuluvuutta sen ja kolmoskerroksen katvealueilla.

Liitteessä 13 on sinisellä merkitty 2.kerroksen keskelle sijoitettu geneerinen 802.11n-standardin 35 mw lähetysteholla oleva tukiasema parantamaan kuuluvuutta. Kerroskorkeus rakennukseen on ohjelmaan määritetty olevan 2,5 metriä ja kerroksen pak-

suus 0,5 metriä ja vaimennus Office(EU) 40 dBm. Simuloitu tukiasema parantaa kuuluvuutta 2. kerroksen ongelmakohdissa, mutta kuten liitteestä 14 näkee sen vaikutus 3.kerrokseen on jostain syystä lähes olematon. Lisäämällä lähetysteho suuremmaksi alkaisi tukiasema kuulumaan liikaa rakennuksen ulkopuolelle ja häiritsemään muita koulun tukiasemia eikä silloinkaan poistaisi ongelmia ylemmästä kerroksesta.

Paras tapa vahvistaa parannusehdotukset ja niiden vaikutus olisi sijoittaa oikea tukiasema kyseiselle paikalle ja suorittaa uusi mittaus ja katsoa oikeiden tuloksien perusteella sen vaikutus kuuluvuuteen, verkon yleiseen toimintaan ja käyttäjien käyttökokemuksiin.

## 11 POHDINTA

Opinnäytetyön lähtökohtana ja tavoitteena oli suorittaa kuuluvuusmittaukset JAMK:n Rajakadun hallintosiipeen. Kyseisistä tiloista oli tullut käyttäjiltä valituksia langattoman verkon ongelmista. Itse kuuluvuusmittaukset suoritettiin Ekahau:n Site Survey -ohjelmistolla, jolla saatiin kattava kuva hallintosiiven 2. ja 3.kerroksen langattoman signaalin voimakkuuksista ja mahdollisista ongelmakohdista. Työssä mitattiin langattoman signaalin kuuluvuuden lisäksi myös häiriöitä ja radiotien spektriä käyttäen Metageek:n Wi-Spy spektrianalysaattoria ja Chanalyzer - ohjelmistoa ja tarkasteltiin tukiasemien käyttämien kanavien ruuhkaisuutta.

Itse mittaukset onnistuivat hyvin ja ongelmakohtia signaalin kuuluvuudesta löydettiin molempien kerroksien puolivälistä, johon työssäkin esitettiin parannusehdotuksena sijoittaa uusi tukiasema 2.kerroksen puoliväliin kattamaan ongelmakohdat. Spektrimitauksista ei käynyt ilmi mitään poikkeavaa häiriöliikennettä, poislukien opettajien taukotiloissa sijaitsevaa mikroaaltouunია. Tukiasemien kanavajako oli suoritettu hyvin ja radiotie ei ollut liian kuormitettu.

Opinnäytetyön haastavin osuus oli ohjelmistoon tutustuminen ja tarvittavien tietojen syöttäminen ennen varsinaisia mittauksia. Aikaa kului rakennuksen pohjapiirrustuksiin tutustumiseen ja seinämateriaalien merkitsemiseen kyseisiin kuviin ohjelmistossa. Lisäksi paikanpäällä oli kartoitettava käytetyt tukiasemat ja niiden tarkat fyysiset sijainnit. Haastetta työn tekemiseen toi myös hallintosiiven rajoitettu kulku, jossa tarvittiin avuksi koulun vahtimestaria avaamaan lukitut ovet toimistoaikojen ulkopuolella tarvittaviin tiloihin pääsemiseksi. Lisäksi mittauksissa käytetyssä kannettavassa tietokoneessa akun kesto oli rajallinen ja tähän ongelmaan oli ratkaisuna ulkoinen varavirtalähde joka sijoitettiin mittaajan selässä olevaan reppuun.

Parannusehdotuksien todellinen toiminta olisi parasta varmentaa sijoittamalla oikea tukiasema ehdotetulle paikalle ja suorittaa uusi kartoitusmittaus varmistamaan haluttu toiminta ja kerätä käyttäjien kokemuksia uudistuksen myötä.

Itse opinnäytetyö oli haastava prosessi jossa aikaa kului käytännön tekemisen lisäksi myös teorioisuuden tiedon hankkimiseen. Opinnäytetyöprosessi oli opettavainen radiosignaalien käyttäytymisen osalta ja syvensi taitoa etsiä tietoa tulevaisuutta varten.

## LÄHTEET

802.11 WLAN Packets and Protocols.n.d. Artikkele Wildpackets.com sivustolla. Viitattu 15.12.2013.

[http://www.wildpackets.com/resources/compendium/wireless\\_lan/wlan\\_packets](http://www.wildpackets.com/resources/compendium/wireless_lan/wlan_packets)

AirTight® Networks. 2011. Wireless LAN Planning Report. Viitattu 18.12.2013.

[http://www.airtightnetworks.com/fileadmin/pdf/add-on\\_products/Sample\\_Customer\\_WLAN\\_and\\_Security\\_Plan.pdf](http://www.airtightnetworks.com/fileadmin/pdf/add-on_products/Sample_Customer_WLAN_and_Security_Plan.pdf)

Dean,T. 2013. CompTIA Network+ N10-005 In Depth. Sähköinen kirja Books24x7 palvelussa. Viitattu 25.11.2013

Ekahau About Ekahau Wi-Fi Design Tools.n.d Yleistietoa yrityksestä. Viitattu 16.12.2013

<http://www.ekahau.com/wifidesign/about>

Ekahau Site Survey Overview.n.d. Yleistietoa käytetystä ohjelmistosta. Viitattu 16.12.2013.

<http://www.ekahau.com/wifidesign/ekahau-site-survey>

Geier, J. 2010. Designing and Deploying 802.11n Wireless Networks. Indianapolis: Cisco Press.

Granlund, K. 2001.Langaton Tiedonsiirto. Porvoo: WSOYpro.

Granlund, K. 2007.Tietoliikenne. Porvoo: WSOYpro.

Metageek Wi-Spy + Chanalyzer.n.d. Yleistietoa ohjelmistosta. Viitattu 16.12.2013.

[http://files.metageek.net/marketing/data-sheets/MetaGeek\\_Wi-Spy-Chanalyzer\\_DataSheet.pdf](http://files.metageek.net/marketing/data-sheets/MetaGeek_Wi-Spy-Chanalyzer_DataSheet.pdf)

Metageek Chanalyzer.n.d. Yleistietoa ohjelmistosta. Viitattu 16.12.2013.

<http://www.metageek.net/products/wi-spy/>

Meyers, M. 2012. CompTIA Network+ All-in-One Exam Guide, Fifth Edition. Sähköinen kirja Books24x7 palvelussa. Viitattu 10.12.2013

Sangheon, P., Jaeyoung, C., Taekyoung, K. & Yanghee, C. 2007. Fast Handoff Support in IEEE 802.11 Wireless Networks. Viitattu 12.12.2013

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.108.6937&rep=rep1&type=pdf>

Selecting the right WiFi Antenna.n.d. Artikkelel l-com.com sivustolla. Viitattu 15.12.2013.

<http://www.l-com.com/content/Article.aspx?Type=L&ID=10155>

Wireless Network Performance - Channel Planning. 2007. Artikkelel wlanbook.com sivustolla. Viitattu 18.12.2013

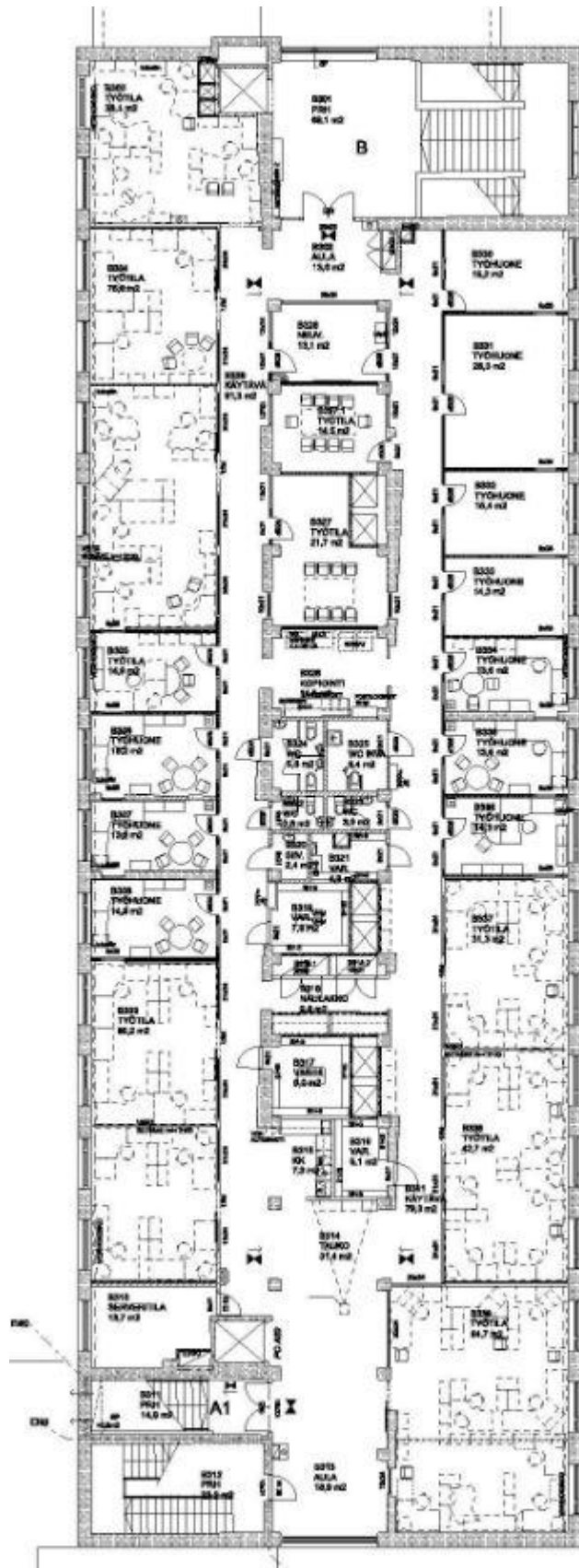
<http://wlanbook.com/wireless-network-performance-channel-planning/>

Wrightson, T. 2012. Wireless Network Security: A Beginner's Guide. Sähköinen kirja Books24x7 palvelussa. Viitattu 2.11.2013





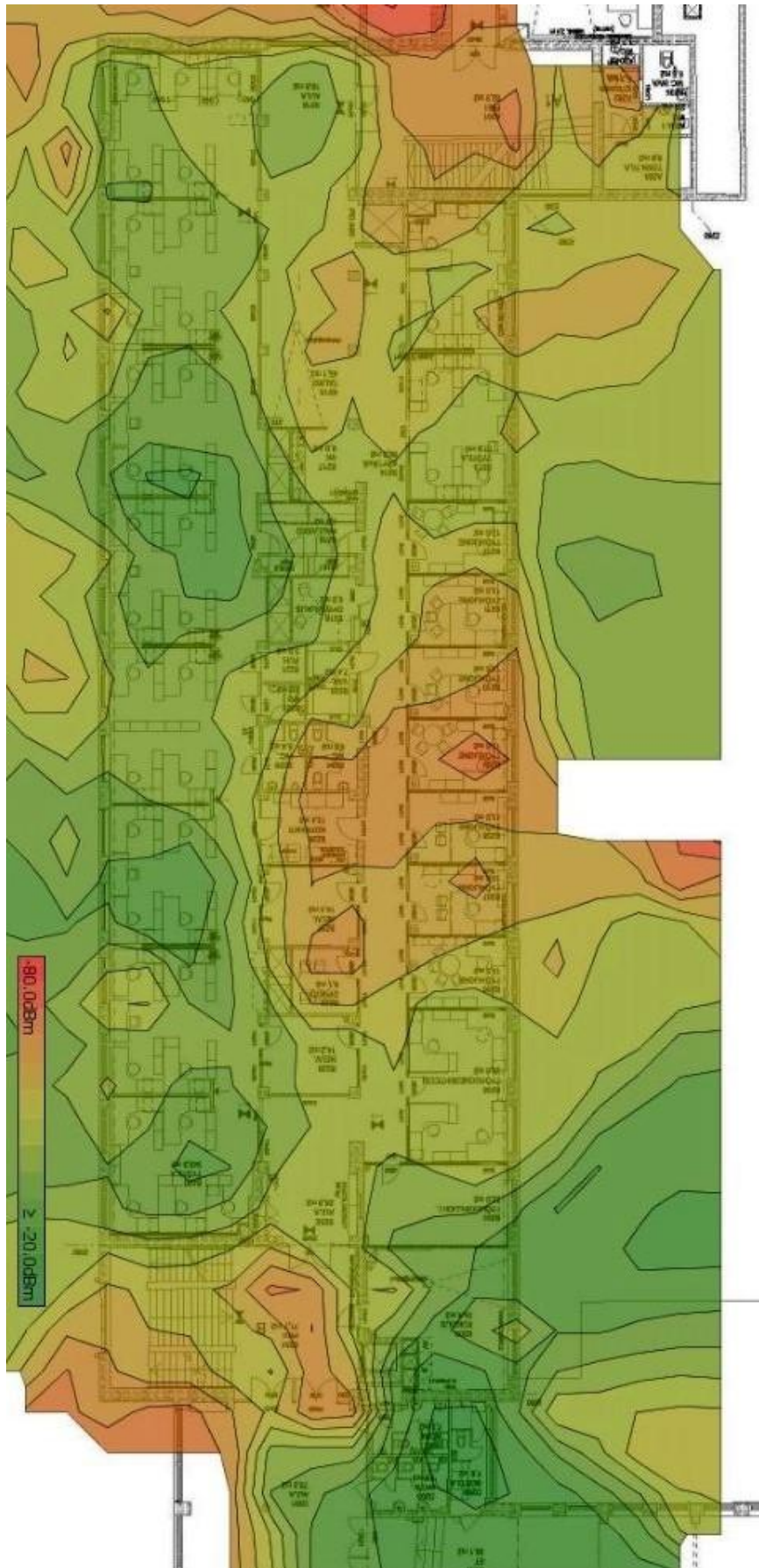
## Liite 2. Rajakadun hallintosiiven 3.krs



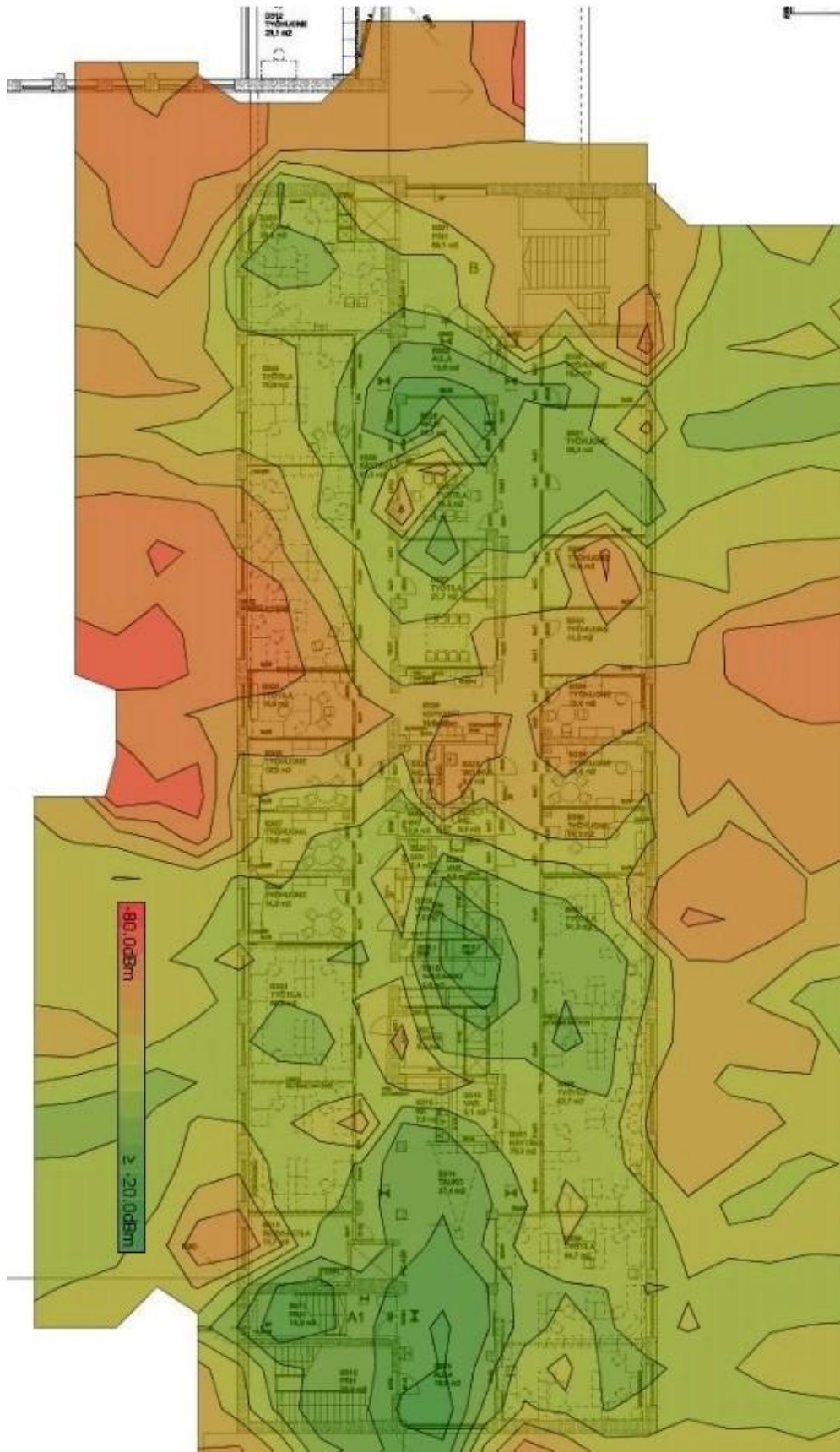
**Liite 3. Mittauksessa kuljettu reitti 2. kerroksessa**

**Liite 4. Mittauksessa kuljettu reitti 3. kerroksessa**

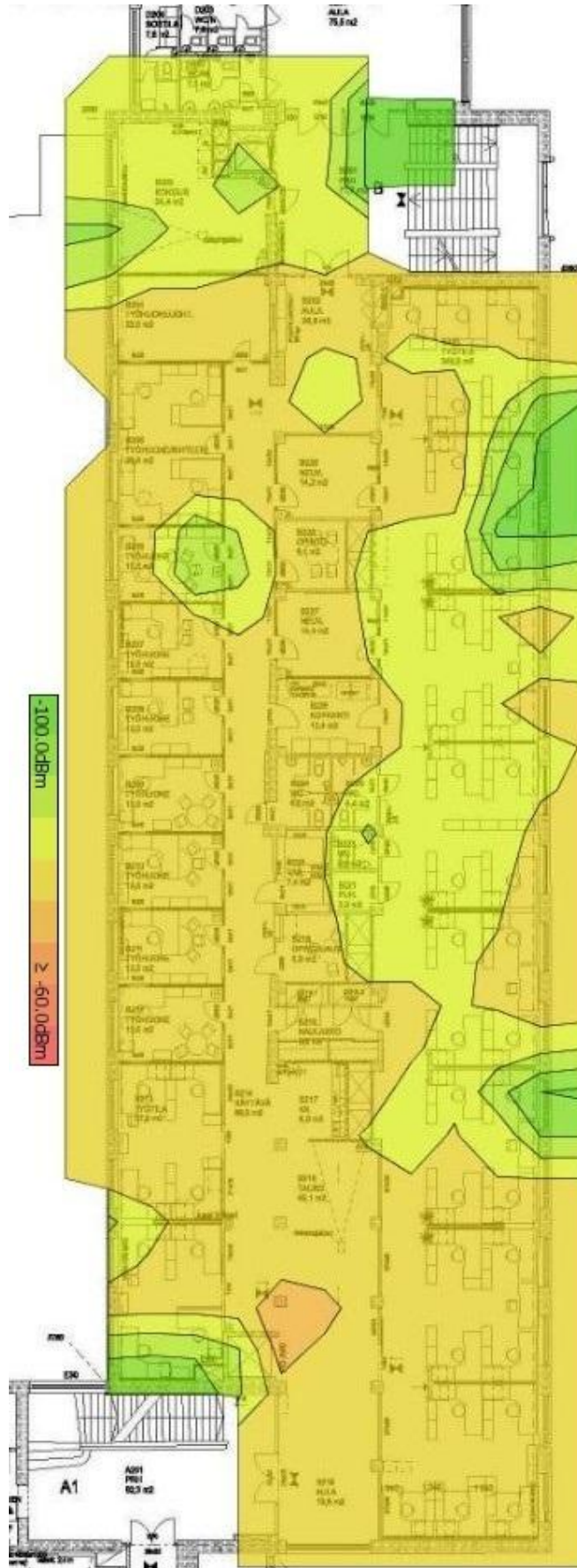
## Liite 5. 2. kerroksen signaalinvoimakkuudet



### Liite 6. 3. kerroksen signaalinvoimakkuudet



## Liite 7. 2.kerroksen häiriöt ja kohinat

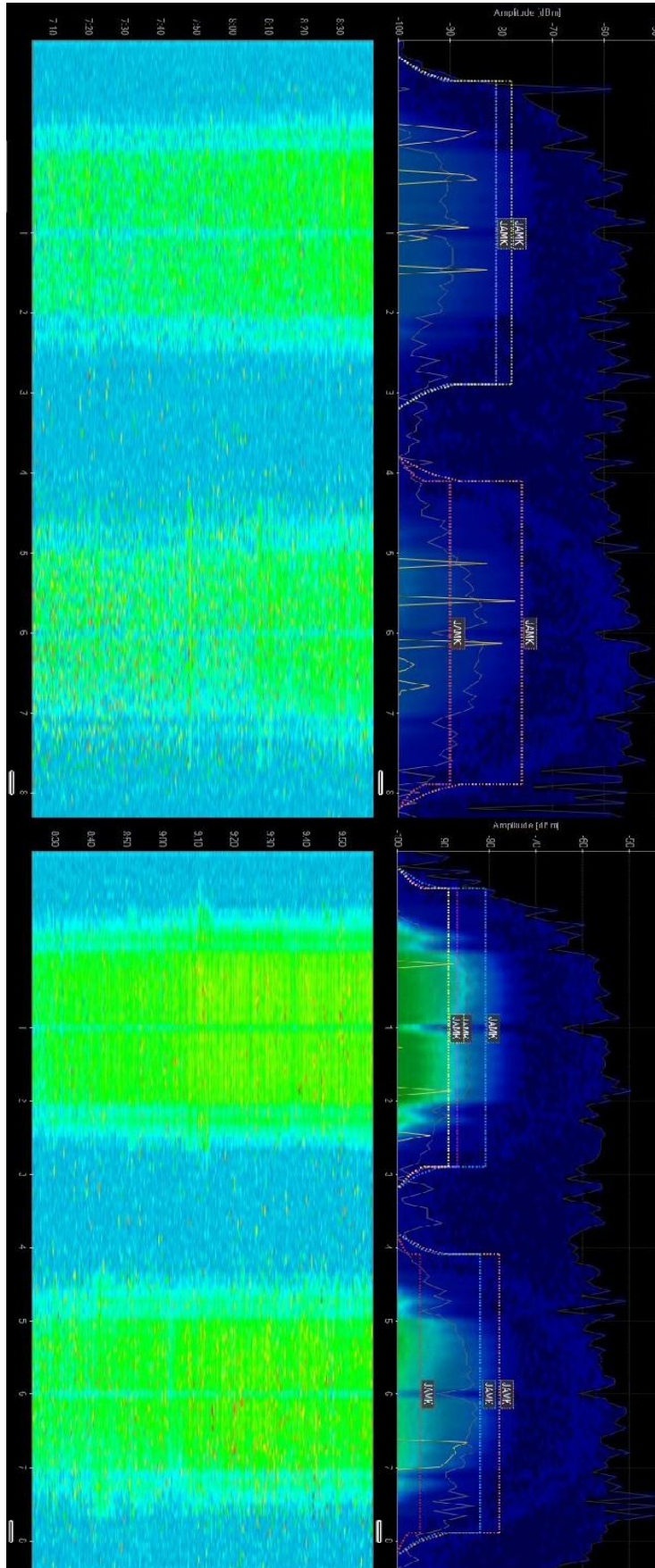


### Liite 8. 3. kerroksen häiriöt ja kohinat

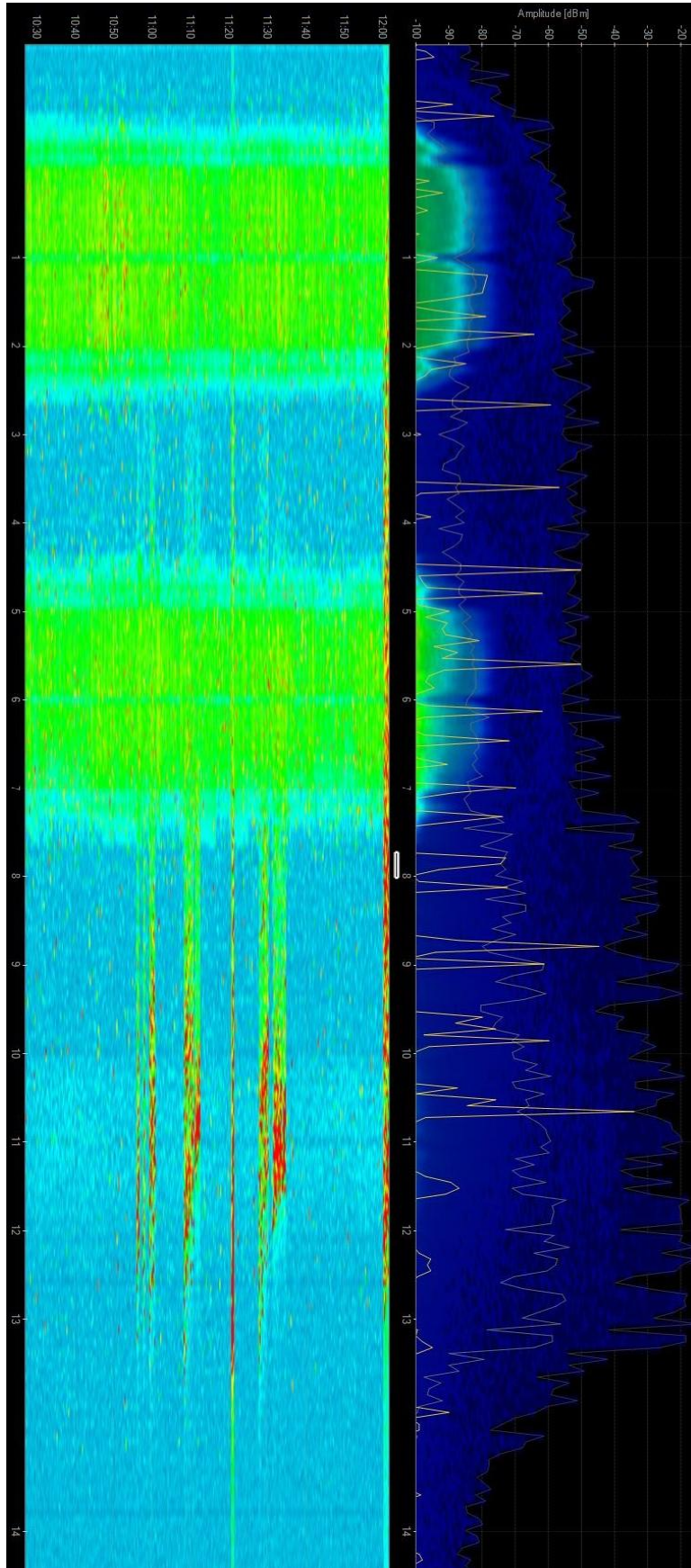




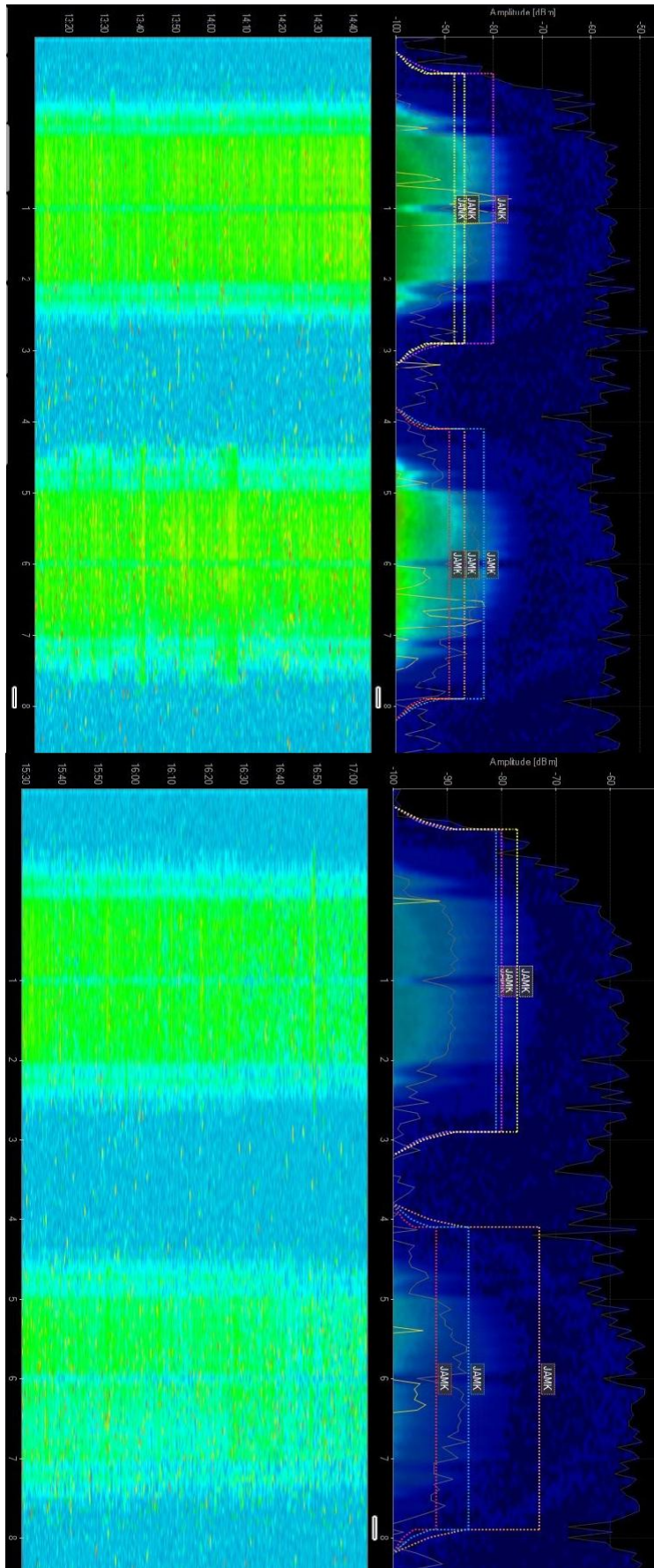
## Liite 9. Langattoman siirtotien käyttö koulun alkaessa



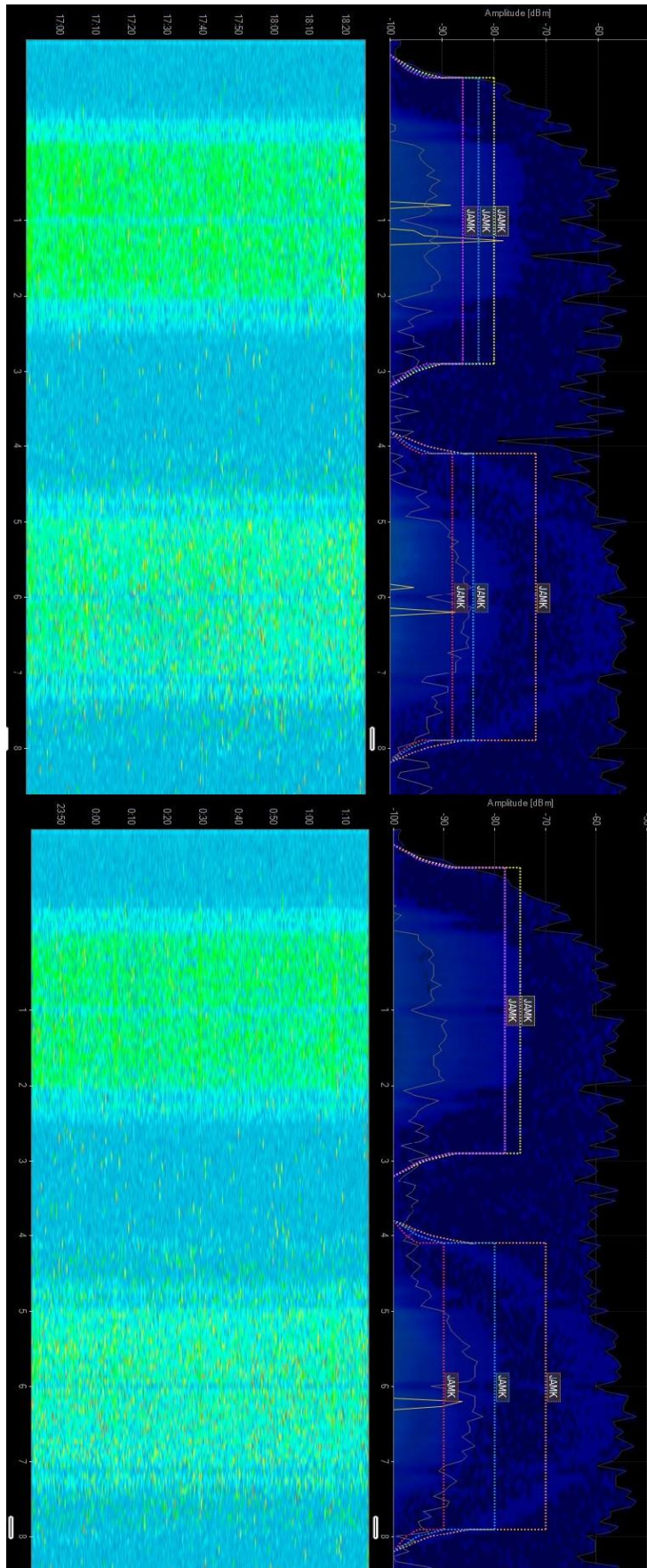
## Liite 10. Mikroaaltouunin vaikutus spektriin



## Liite 11. Käyttöaste iltapäivällä



## Liite 12. Spektritiheydet illalta ja yöltä



**Liite 13. Simuloitu tukiasema 2.kerroksen keskellä**

### Liite 14. Simuloidun tukiaseman vaikutus 3.kerrokseen

