

Tuomas Repo

WLAN-verkkojen kuuluvuuden mallintaminen rakennuskohteessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

21.11.2018

Tekijä Otsikko	Tuomas Repo WLAN-verkkojen kuuluvuuden mallintaminen rakennuskohteessa
Sivumäärä Aika	23 sivua + 4 liitettä 21.11.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	Automaatiotekniikka
Ohjaajat	Projektipäällikkö Antti Lehikoinen Lehtori Osmo Massinen
<p>Tämän insinööryön tarkoituksena oli hyvän ja toimivan WLAN-verkon kuuluvuuden mallintaminen rakennuskohteeseen. Tilaajana tälle työlle oli Insinööritoimisto Tauno Nissinen Oy. Työhön kuului suunnittelua, toteutusta ja toimivan WLAN-yhteyden laatiminen. Rakennuskohteena on koulu, joten suunnittelussa tuli ottaa huomioon suuri ihmismäärä.</p> <p>Mallinnus tehtiin Ekahau Site Survey -ohjelman avulla, jossa rakennuskohteen arkkitehtipohjaa apuna käyttäen saatiin mallinnettua rakennuksen eri huoneet ja sisätilat.</p> <p>Insinööryössä käytiin myös mallinnuksen lisäksi läpi WLAN-verkon ominaisuudet, uhat ja määritelmät. Myös WLAN-verkkojen tulevaisuuden näkymät esiteltiin tässä työssä.</p> <p>Työssä päästiin tavoitteisiin, sillä toimiva ja nopea verkko saatiin mallinnettua kohteeseen.</p>	
Avainsanat	Ekahau, WLAN

Author Title	Tuomas Repo Planning of WLAN Network in a Building
Number of Pages Date	23 pages + 4 appendices 21 November 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical- and Automation engineering
Professional Major	Automation engineering
Instructors	Antti Lehtikoinen Project Manager Osmo Massinen, Senior Lecturer
<p>The purpose of this study was to model a good and functional WLAN network at a construction site. The commissioner for this project was Insinööritoimisto Tauno Nissinen Oy. Work included planning, implementation and establishing a working WLAN connection. The object of this work is a school building and therefore a great amount of people had to be taken into consideration when planning.</p> <p>The modeling was carried out using the Ekahau Site Survey, which was used to model the various rooms and interiors of the building using the architectural background of the building.</p> <p>In addition to modeling, the WLAN network features, threats and definitions were also studied. The future of the WLAN's is also presented in this work.</p> <p>The work goals were achieved as fast and reliable network was successfully created into the object.</p>	
Keywords	Ekahau, WLAN

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	WLAN-verkkojen ominaisuudet, mahdollisuudet, uhat ja määritelmät.	1
2.1	Mikä on WLAN	1
2.2	WLAN-verkon ominaisuudet	2
2.3	WLAN-verkkojen riskit	3
2.4	Langattomien lähiverkkojen tietoturvat	3
2.5	Tukiasemat	4
3	WLAN-verkkojen kuuluvuuden mallintaminen	4
3.1	Mallinnus uudisrakennuskohteessa	4
3.2	Tukiasemien sijoitus ja signaalin voimakkuus	17
3.3	Signaaliin voimakkuuteen heikentävästi vaikuttavat tekijät	17
4	Standardit	18
4.1	Yleisesti	18
4.2	802.11ac	19
4.3	802.11a	19
4.4	802.11b	20
4.5	802.11g	20
4.6	802.11n	20
5	Tulevaisuuden näkymät	21
5.1	Nykytilanne	21
5.2	Kuudes sukupolvi	21
6	Investointien laskelmat	22
6.1	Asennusten ja laitteiden yhteishinta	22
6.2	Miksi tähän kohteeseen valittiin juuri Wi-Fi-yhteys ethernetin sijaan	23
7	Yhteenveto	23
	Lähteet	24
	Liitteet	

Liite 1. Verkon toimivuus ensimmäisessä kerroksessa

Liite 2. Ensimmäisen kerroksen WLAN-tukiasemat

Liite 3. Verkon toimivuus toisessa kerroksessa

Liite 4. Toisen kerroksen WLAN-tukiasemat

Lyhenteet

QAM	Quadrature Amplitude Modulation, modulaatiotekniikka, joka yhdistää vaihemodulaation ja amplitudimodulaation.
SNR	Signal to Noise Ratio, signaali-kohinasuhde.
WEP	Wired Equivalent Privacy, IEEE:n 802.11-standardin salausmenetelmä
Wi-Fi	Wireless Local Area Network, langaton lähiverkkotekniikka.
WLAN	Wireless Local Area Network, langaton lähiverkkotekniikka.
WPA	Wi-Fi Protected Access, WLAN-verkoissa käytettävä salausprotokolla.
WPA2	Wi-Fi Protected Access 2, WLAN-verkoissa käytettävä salausprotokolla.
WPA3	Wi-Fi Protected Access 3, WLAN-verkoissa käytettävä salausprotokolla.

1 Johdanto

Insinööriyön päämääränä oli toteuttaa, suunnitella ja mallintaa WLAN-verkon kuuluvuuteen vaikuttavat tekijät rakennuskohteessa. Mallintaminen tapahtui Eka-hu-suunniteluohjelmalla. Kohteen arkkitehtipohja lisättiin dwg-muodossa ohjelmaan pohjaksi, jonka jälkeen lisätyn pohjan avulla mallinnetaan rakennuksen seinät, hissit, portaat, ikkunat, ovet ja kerrosten väliset materiaalit vastaamaan oikeaa rakennuskohdetta. Lopuksi lisätään WLAN-tukiasemat sähkösuunnitelmassa osoitettuihin paikkoihin ja saadaan selville WLAN-verkon kuuluvuus kohteen eri paikoissa lämpökartan avulla.

Tarkoituksena oli selvittää, mikä on paras tapa sijoitella tukiasemat, jotta kohdekoulussa Wi-Fi-verkko riittää oppilaiden, opettajien ja mahdollisten vieraiden käyttöön. Lisäksi selvitettiin, miten materiaalit vaikuttavat kuuluvuuteen.

2 WLAN-verkkojen ominaisuudet, mahdollisuudet, uhat ja määritelmät.

2.1 Mikä on WLAN

WLAN tulee sanoista "Wireless Local Area Network", ja nimensä mukaisesti se tarjoaa langattoman internetyhteyden tietyllä alueella. Yhteys pystytään tarjoamaan radio- tai infrapunasignaalien avulla kaapeloinnin sijaan. Yhteyden pystyy muodostamaan laitteella joko Wi-Fi:n tai Bluetoothin avulla. WLAN-verkkojen turvallisuuteen on panostettu ja niiden ajatellaankin nykyisin olevan yhtä turvallisia kiinteiden verkkojen kanssa. Kaikki yhteydet pystytään suojaamaan salasanalla tai tunnistautumisen vaatimisella. [1.]

WLAN-verkkoyhteyksien käytännöllisyys perustuu siihen, että yhteys pystytään jakamaan tukiaseman avulla useamman eri laitteen kanssa samanaikaisesti. Tämän takia se on monipuolisempi ja parempi tapa jakaa yhteys verrattuna kaapeliyhteyksiin. (Kuva 1). WLAN-verkkojen muita hyviä puolia, monien laitteiden tukemisen lisäksi, ovat WLAN-tukiasemien asentamisen helppous, sillä kaapeleita yhteyden muodostamista varten ei tarvita. WLAN on yleistynyt kaikkialla ja nykyään melkein jokaisesta julkisesta paikasta ja toimistosta löytyy WLAN-tukiaseman, jolla yhteys pystytään muodostamaan. Lisäksi asentaminen on halvempaa, sillä kaapeleita ei tarvita asennusten yhteydessä läheskään yhtä paljon, kuin kaapeliyhteyksien rakentamisessa. [1.]



Kuva 1. Yhteyden jakaminen tukiasemalta usealle eri laitteelle samanaikaisesti. [2.]

2.2 WLAN-verkon ominaisuudet

WLAN-verkon kuuluvuus, toisin sanoen kuinka kauaksi signaali yltää modeemista käytettävälle laitteelle, on sisätiloissa 30–50 metriä. Paksut seinät saattavat estää signaalin siirtymisen kokonaan huoneiden välillä, joten tämän vuoksi tukiasema sijoitetaan yleensä huoneistossa mahdollisimman esteettömälle paikalle signaalin kuuluvuuden parantamiseksi. Rakennuskohteessa WLAN-tukiasemat sijoitetaan alakaton alapuolelle tai katon rajaan esteettömyyden takaamiseksi. WLAN-verkon kuuluvuus riippuu talon rakenteista ja huonekaluista. Myös ihmismäärä vaikuttaa signaalin voimakkuuteen.

Ulkotiloissa kuuluvuus on selvästi parempi ja se voi olla jopa 300 metriä. Tämä edellyttää kuitenkin, että ulkotiloissa maaston tulee olla tasaista ja esteetöntä. WLAN-verkot pystytään salaamaan salaustekniikoiden avulla. Näitä ovat esimerkiksi WEP, WPA ja WPA2. [3.]

2.3 WLAN-verkkojen riskit

Suurien tietomäärien käyttö mobiililaitteissa on lisääntynyt, mikä voi vaarantaa tietoturvan. Langattomien ja langallisten verkkojen keskeinen ero turvallisuuskulmasta on järjestelmään pääsy. Langallinen yhteys vaatii fyysisen yhteyden, jotta verkon tietoja voidaan käyttää. Huonosti suojattu langaton verkko on erittäin alttiina vahingossa tai tahalliseksi tunkeutumiselle. Puuttuvat langattomien verkkojen suojaukset voivat johtaa tietojen varastamiseen, sabotointiin, vakoiluun tai kapasiteetin varastamiseen. [4.]

2.4 Langattomien lähiverkkojen tietoturvat

WLAN-verkkojen turvallisuutta ja tiedonsiirtoa pyritään parantamaan salausprotokollan avulla. Langattoman lähiverkon tietoturvana käytetään WPA (Wi-Fi protected access) tietoturva standardeja. Wi-Fi-laitteet ovat käyttäneet samaa tietoturvaprotokollaa yli vuosikymmenen ajan. 2018 loppupuolella on tarkoitus, että Wi-Fi-laitteet tukevat WPA3:a, joka on seuraaja WPA2:sta. WPA2 on ollut käytössä 2004 vuodesta asti. [5.]

WPA3-protokolla tarjoaa useita erilaisia suojauksia Wi-Fi-yhteydessä oleviin laitteisiin. Uuden protokollan myötä salasana on vaikeampi murtaa arvaamalla sitä uudestaan ja uudestaan, ja vaikka se murrettaisiin, niin sillä pystytään rajoittamaan tietoja joita hakkerit voivat nähdä. WPA3:n avulla hyökkääjä pystyy tekemään vain yksittäisiä arvauksia salasanaa koskien, jolloin salasana on lähes mahdotonta arvata. WPA3 antaa myös yksityisyysominaisuuden, jonka avulla estetään vanhempien tietojen saaminen hyökkäyksissä. Joten jos hyökkääjä on murtautunut salasanan Wi-Fi-laitteeseen, he eivät kuitenkaan pysty tarkkailemaan vanhempia tietojasi, vaan pystyvät ainoastaan näkemään juuri sillä hetkellä verkossa olevat tiedot. [5.]

WEP-salaustekniikka kehitettiin 1990-luvulla 802.11-standardin ensimmäiseksi salausalgoritmiksi. Se suunniteltiin estämään hakkereita pääsemästä tarkkailemaan dataa, jota lähetettiin käyttäjien ja tukiasemien välillä. WEP:ltä puuttui kuitenkin tarvittava vahvuus tämän saavuttamiseksi ja nykyään käytetäänkin WPA-tietoturvastandardeja WLAN-verkkojen suojaukseen. [6.]

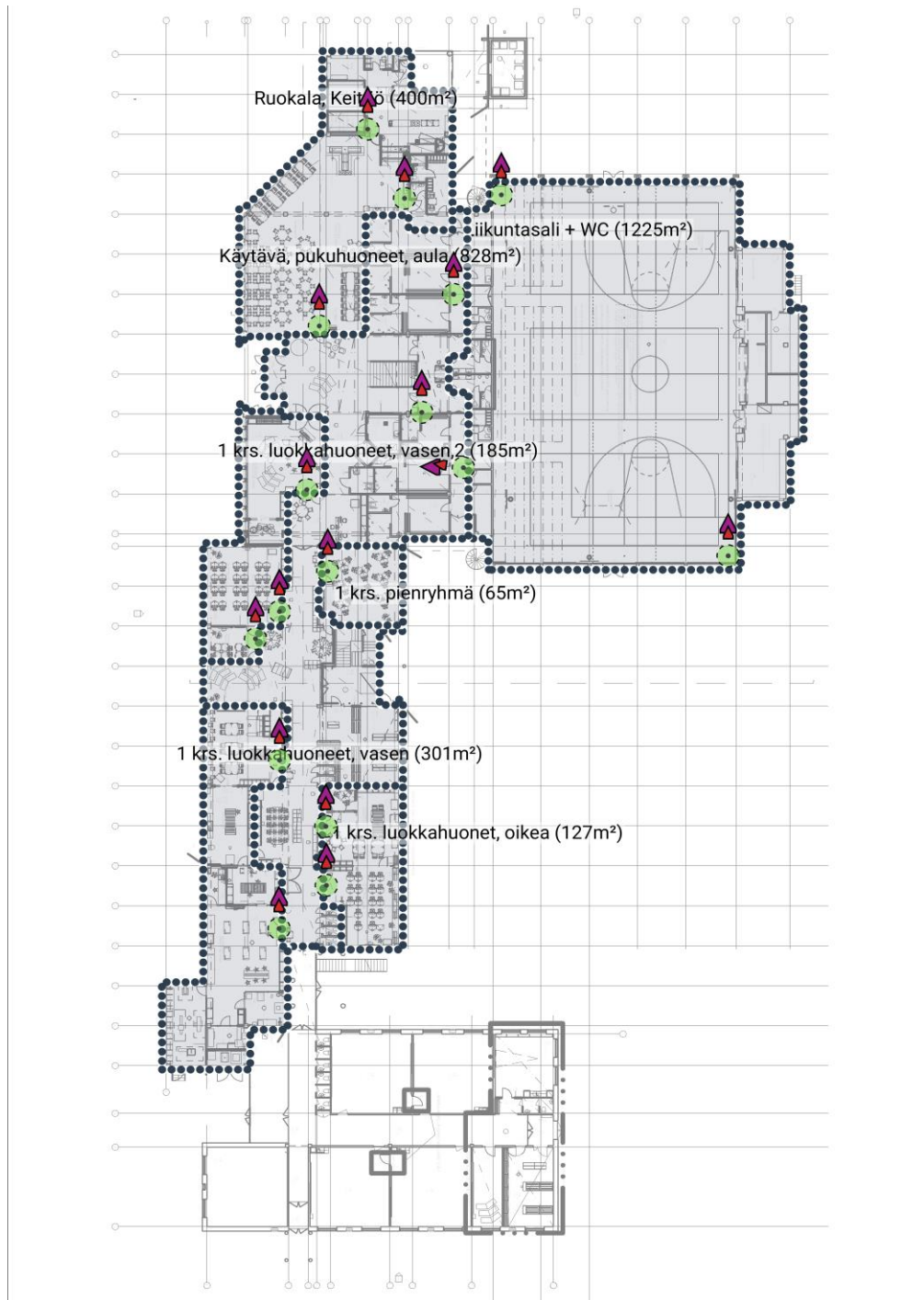
2.5 Tukiasemat

Tukiasema on laite, joka luo langattoman lähiverkon. Tukiasema kytketään langalliseen reitittimeen, kytkimeen tai keskittimeen ethernet-kaapelin kautta, ja lähettää Wi-Fi-signaalin halutulle alueelle. Tukiasemat on järkevä sijoitella alueille, joissa WLAN-verkon käyttäjiä on paljon. Rakennuskohteessa tukiasemat sijoitetaan luokkahuoneisiin käytävien sijasta, koska tällöin saadaan parempi signaali alueelle, joissa oppilaat ja opettajat käyttävät kannettavia tietokoneitaan tai matkapuhelimiaan suurimman osan päivästä. Turvallisuussyistä tukiasemia ei yleensä sijoiteta seiniin, jotka ovat lähellä ulkoseiniä. Signaali saattaa tällöin yltää rakennuksen ulkopuolelle ja WLAN-verkkoon on mahdollista päästä ilman, että edes on rakennuksessa. Tukiasemat tulee sijoittaa katon rajaan tai alakaton alapuolelle, jotta kaapelit ja muut rakenteet eivät häiritse turhaan signaalin voimakkuutta. [7.]

3 WLAN-verkkojen kuuluvuuden mallintaminen

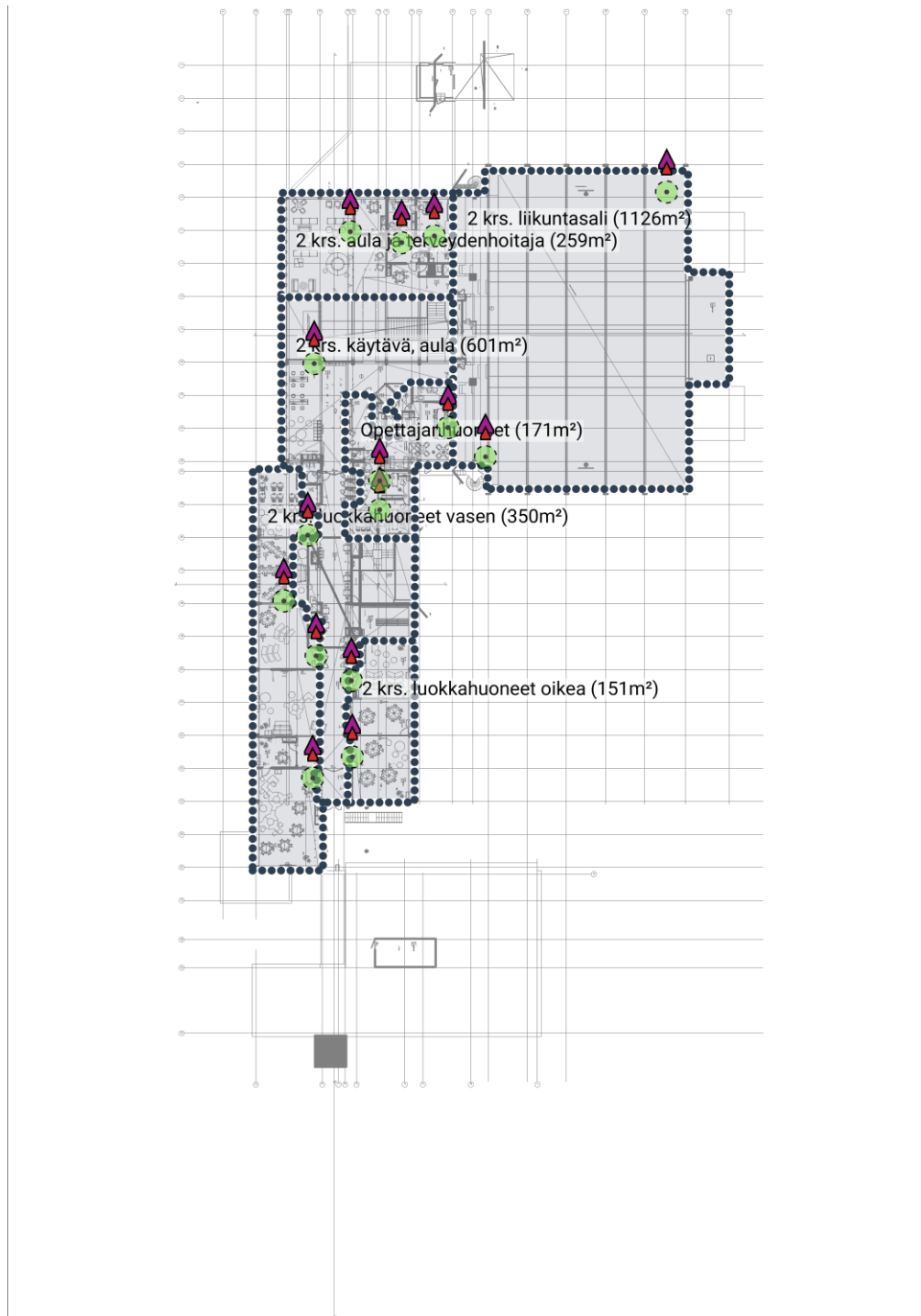
3.1 Mallinnus uudisrakennuskohteessa

Mallinnus tehtiin peruskorjattavaan koulurakennukseen, jossa opiskelee noin 340 oppilasta. Työ tehtiin Ekahau Site Survey-mallinnusohjelmalla, jonka avulla pystytään laskemaan tarvittavien tukiasemien määrä kohteessa. Koska kohde on iso koulu (4663 m²), tukiasemat tuli sijoittaa alueille, joissa ihmiset viettävät aikaa suurimman osan päivästä. WLAN-verkon kuuluvuuden mallintamisessa tuli ottaa huomioon se, että suurin osa oppilaista ja opettajista käyttää klo 8–16 aktiivisesti matkapuhelimiaan ja kannettavia tietokoneitaan.



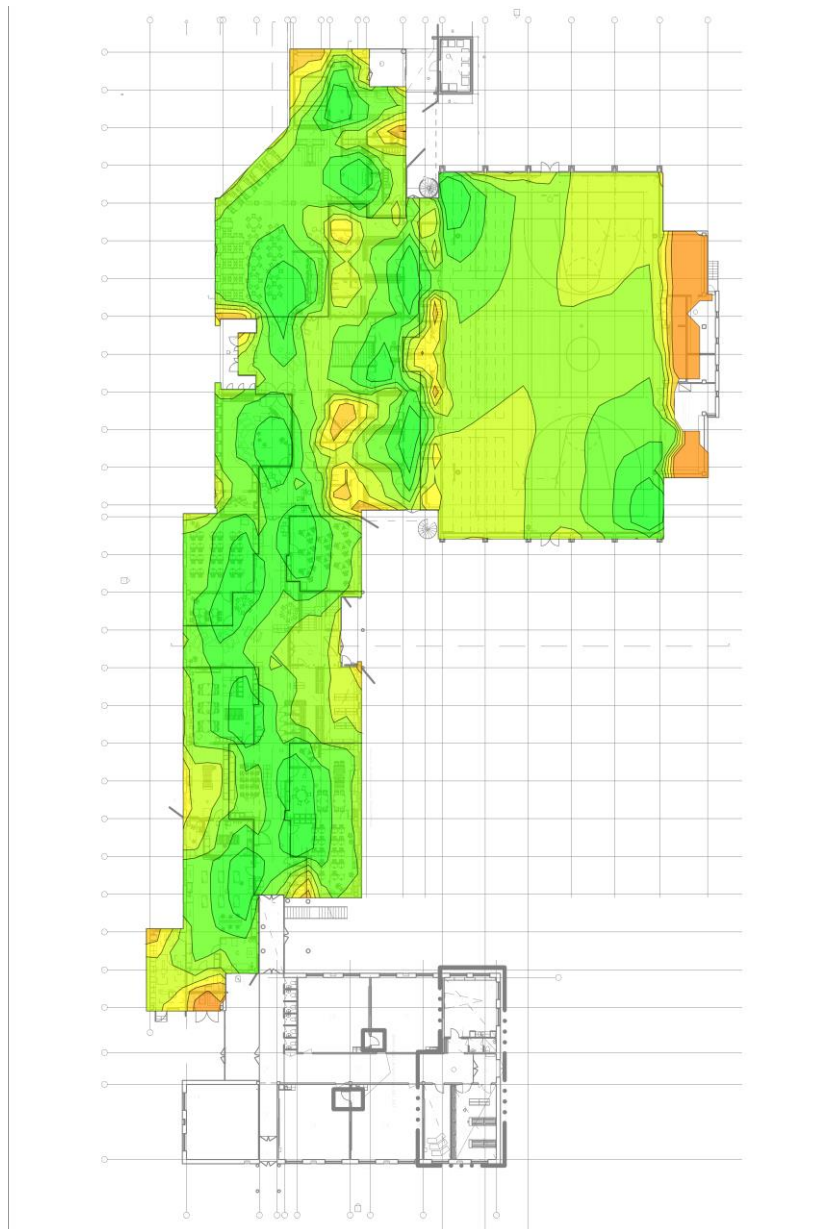
Kuva 2. Tukiasemien paikat koulurakennuksen ensimmäiseen kerrokseen.

Tukiasemia sijoitettiin yhteensä 16 kappaletta ensimmäiseen kerrokseen, jotta mahdollistettiin riittävä kuuluvuus opetustiloissa ja auloissa. Jokaiseen luokkahuoneeseen tuli tukiasema. Myös auloihin ja ruokalaan sijoitettiin tukiasemat. (Kuva 2).



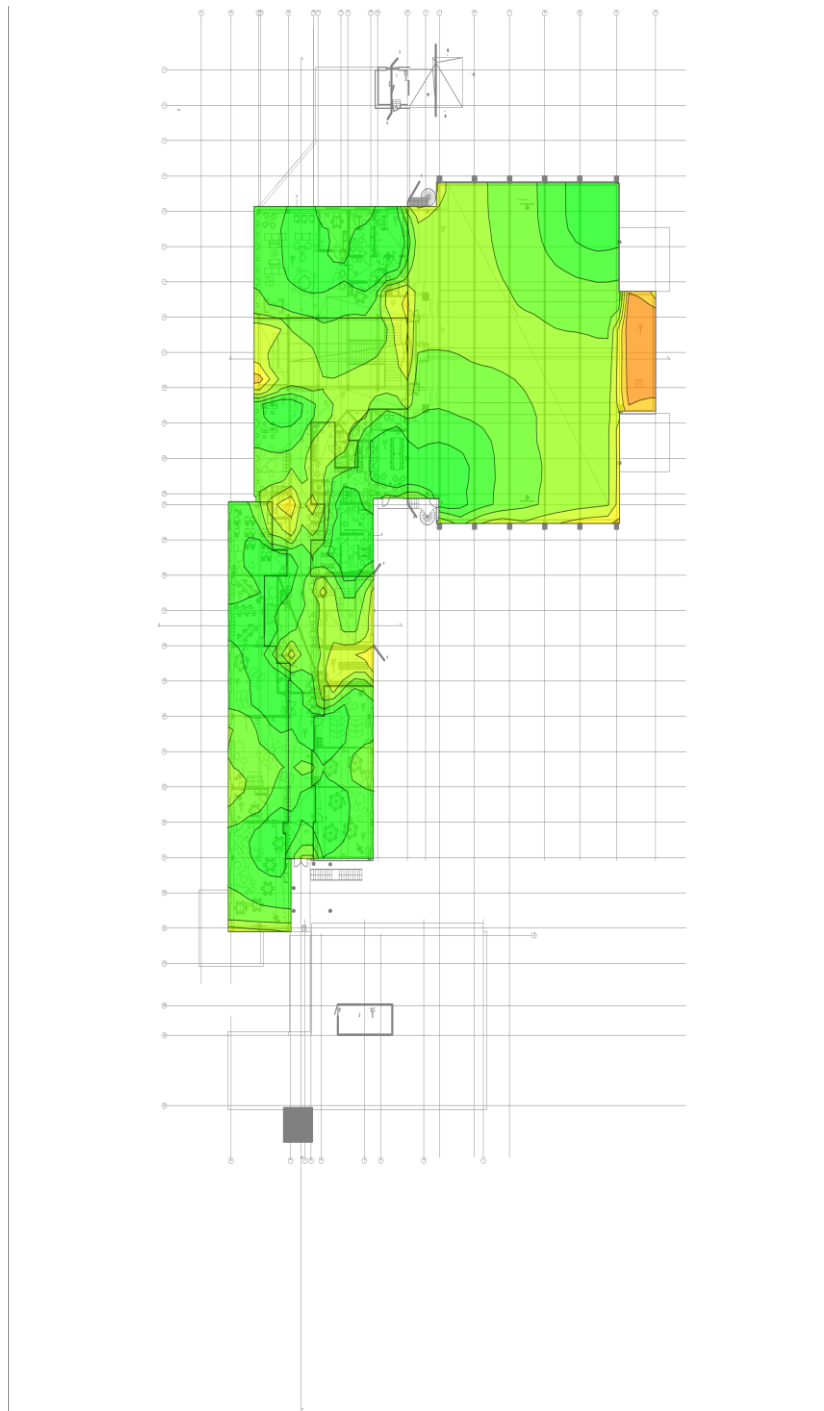
Kuva 3. Toisen kerroksen tukiasemien paikat.

Tukiasemia tarvittiin yhteensä 15 kappaletta toiseen kerrokseen, jotta riittävä kuuluvuus ja toimiva verkko saatiin kaikille vaadituille alueille. Jokaiseen luokkahuoneeseen sijoitettiin tukiasema. Myös opettajientyöhuoneisiin ja terveydenhoitajan tilaan lisättiin omat tukiasemat. (Kuva 3).



Kuva 4. Ensimmäisen kerroksen signaalin voimakkuus.

Hyvä signaalin voimakkuus, jota myös kutsutaan peittoalueeksi, on kaikista yleisin langattoman verkon toimivuuden vaatimuksista. Kuuluvuus saatiin erittäin hyväksi juuri opetustiloissa ja paikoissa, joissa oppilaat ja opettajat viettävät suurimman osan päivästä. (Kuva 4). Pukuhuoneet, varasto- ja teletilat ovat poikkeus ja näillä alueilla kuuluvuus on hiukan huonompi. Näihin tiloihin hyvää kuuluvuutta ei kuitenkaan vaadittu.



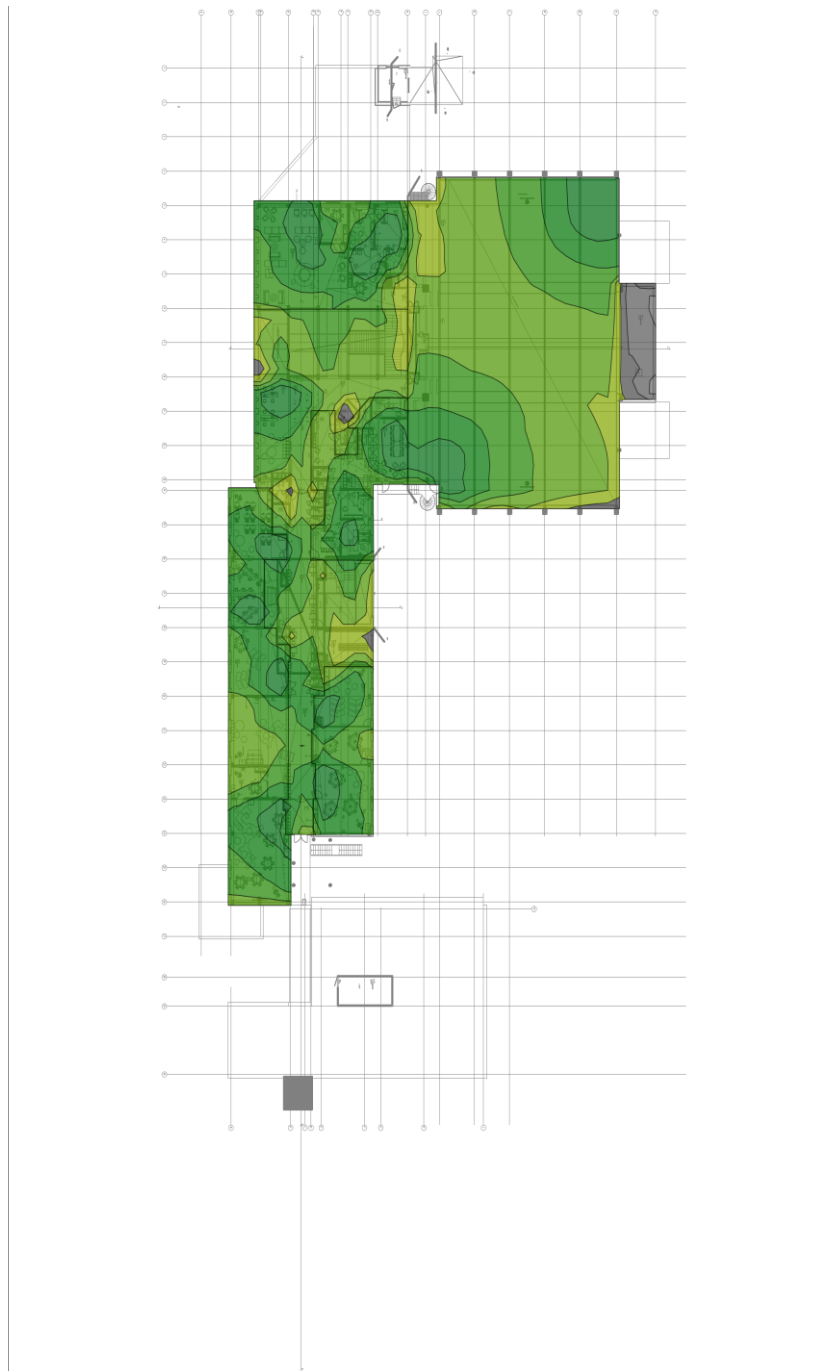
Kuva 5. Toisen kerroksen signaalin voimakkuus lämpökartan avulla.

Toisessa kerroksessa kuuluvuus on hyvä ja kattaa kaikki vaaditut alueet. Luokkahuoneissa ja opettajien työhuoneissa on parhaimmat kuuluvuudet. (Kuva 5).



Kuva 6. (SNR) Lämpökartasta nähdään ensimmäisen kerroksen SNR, eli signaali-kohinasuhde rakennuksessa.

Signaalin täytyy olla suurempi kuin kohinan, jotta datan lähettäminen olisi mahdollista. Signaali-kohinasuhdetta käytetään kuvaamaan halutun signaalin (esimerkiksi musiikin) erottuvuutta taustakohinasta. Mitä parempi signaali-kohinasuhde on, sitä vähemmän kohina häiritsee. Esimerkiksi puhelimissa signaali-kohinasuhteen halutaan olevan vähintään noin 12 dB ja hyvissä äänentoistolaitteissa vähintään 60 dB. (Kuva 6).



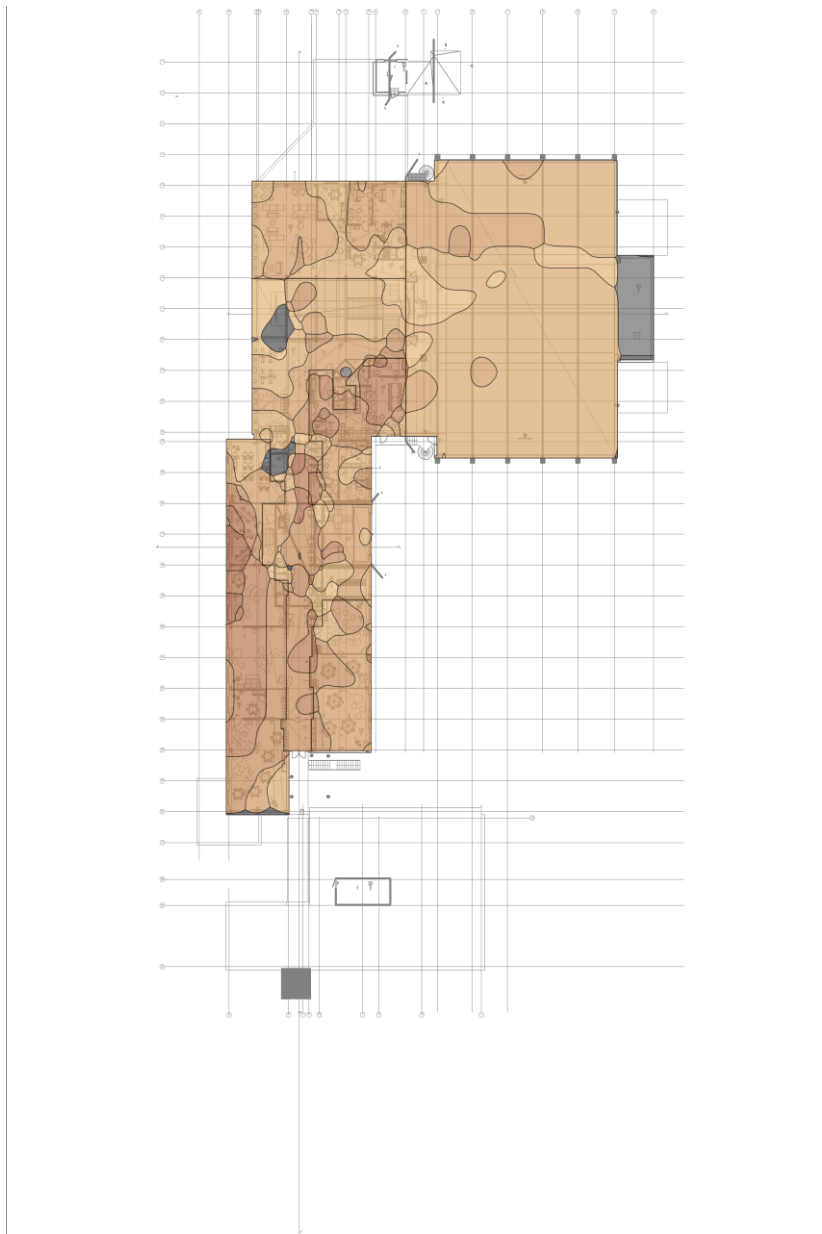
Kuva 7. Toisen kerroksen signaalin kohinasuhde.

Toisessa kerroksessa signaali-kohinasuhde on hyvä, sillä kohinan häiritsevyyttä esiintyy vain hississä ja varastotiloissa. (Kuva 7).



Kuva 8. Tukiasemien lukumäärä ensimmäisessä kerroksessa alueittain.

Alueet olivat jaettu luokkahuoneisiin, opettajien työhuoneisiin, käytäviin, ensimmäisen ja toisen kerroksen liikuntasaliin, pukuhuoneisiin, terveydenhoitajantilaan ja ruokalaan. Mitä tummempi alue on, sitä enemmän tukiasemia alueella on. (Kuva 8).



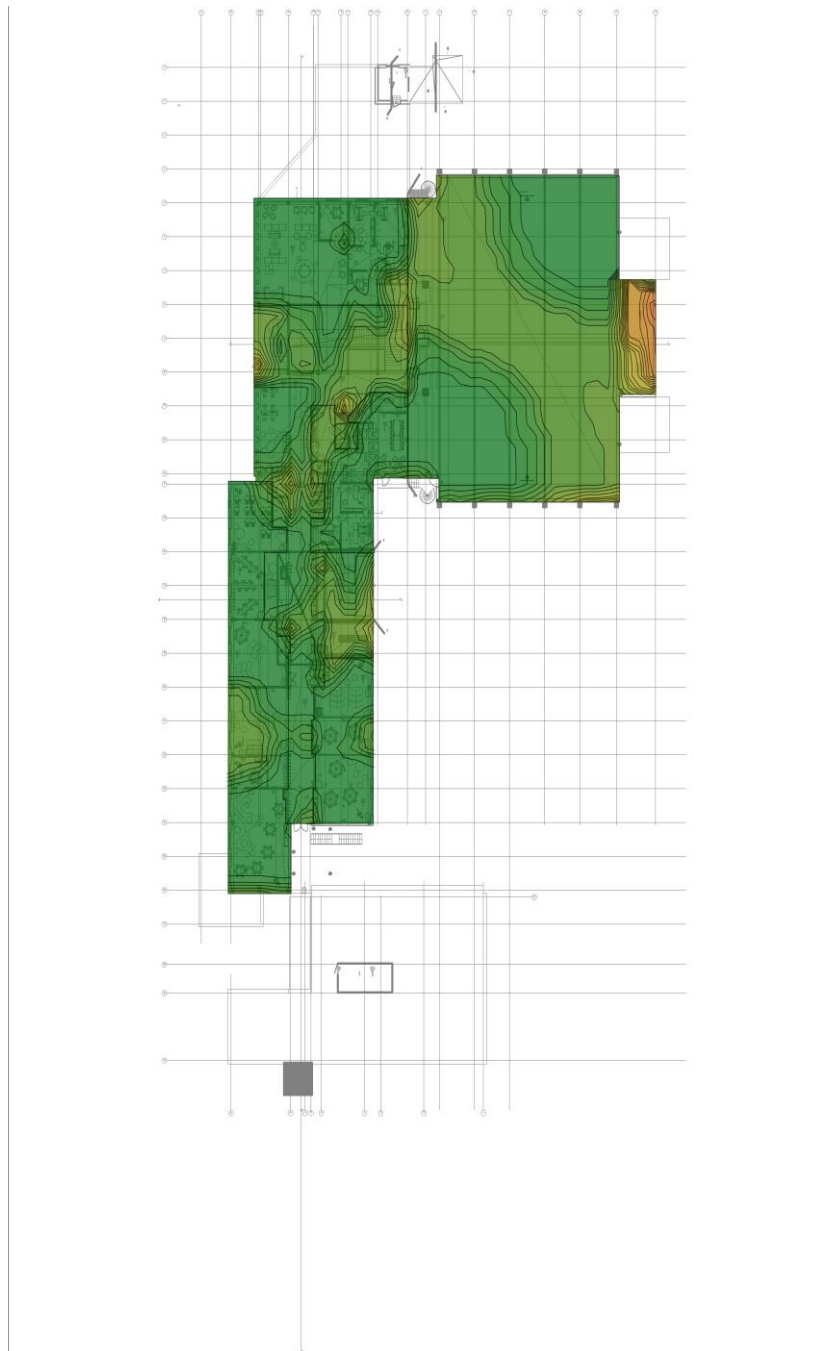
Kuva 9. Toisen kerroksen tukiasemien lukumäärä alueittain.

Lämpökartta visualisoi kuinka monta kuuluvaa tukiasemaa alueella on. Tukiasemien lukumäärän on oltava riittävä verkon riittävän päällekkäisyyden varmistamiseksi. Päällekkäisyyksiä tarvitaan saumattoman verkkovierailun takaamiseksi sekä kuormituksen tasapainottamiseen. Tässä rakennuskohteessa oli erityisen tärkeää, että tukiasemia on tarpeeksi, jotta riittävä kuuluvuus saatiin oppilaiden ja opettajien laitteille. (Kuva 9).

**1 Mb/s****225 Mb/s**

Kuva 10. Datanopeus ensimmäisessä kerroksessa.

Datanopeus näyttää korkeimman mahdollisen nopeuden (Mb/s), mitä langattomat laitteet pystyvät siirtämään dataa. Tyypillisesti todellinen datanopeus on noin puolet mahdollisesta maksiminopeudesta. Ensimmäisessä kerroksessa datanopeus riittää opetuskäyttöön. Todellisuudessa datanopeus tulee olemaan noin 80-100 Mb/s. (Kuva 10).



1 Mb/s

300 Mb/s

Kuva 11. Datanopeus rakennuksen toisessa kerroksessa.

Toisessa kerroksessa todellinen datanopeus tulee olemaan noin 80-100 Mb/s ja se riittää hyvin opetuskäyttöön. (Kuva 11).

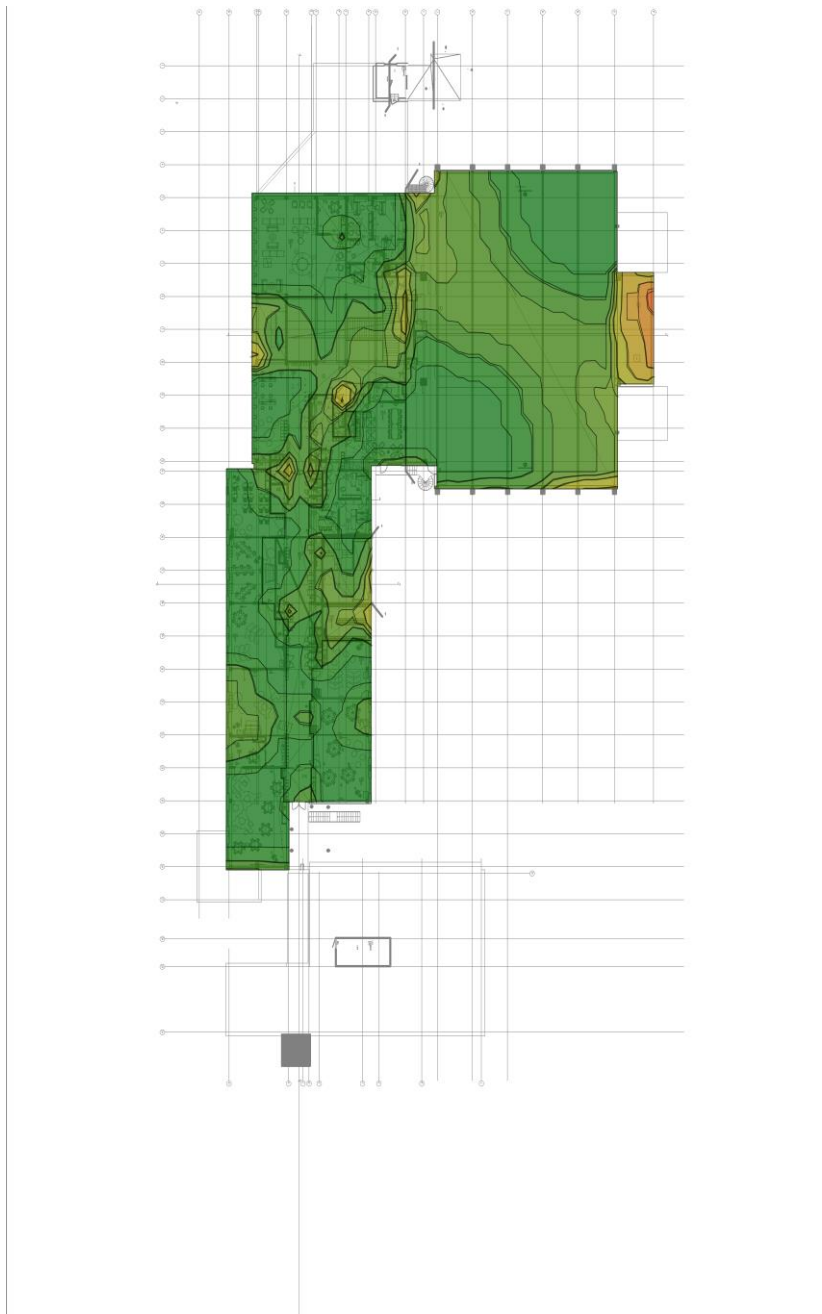


18 Mb/s

242 Mb/s

Kuva 12. Suoritusteho ensimmäisessä kerroksessa.

Suoritusteho kertoo verkon suorituskyvyn maksiminopeuden. Se mittaa kuinka montaa tietojärjestelmää järjestelmä voi käsitellä. (Kuva 12).



18 Mb/s

242 Mb/s

Kuva 13. Toisen kerroksen suoritusaste.

Datanopeus vaikuttaa suoritusasteeseen. Jos luokassa on 20 oppilasta ja datanopeus on 200 Mb/s, hyötysuhteen ollessa 50% on todellinen suoritusaste silloin $200\text{Mb/s} * 0,5 / 20 = 5\text{ Mb/s}$. Vertailun vuoksi 10 minuutin YouTube video käyttää dataa 43 Mb, Internet-sivun lataaminen 1 Mb ja sähköpostin lähettäminen 0.97 Mb. Joten suoritusaste on riittävä oppilaiden ja opettajien käyttöön. (Kuva 13).

3.2 Tukiasemien sijoitus ja signaalin voimakkuus

Luokkahuoneisiin, joissa opetusta tapahtuu koulupäivien aikana, sijoitettiin tukiasemat. Tukiasemia sijoitellessa tuli ottaa huomioon luokkien suuruus ja seinien materiaalit. Tukiasemat sijoitettiin katon rajaan tai alakaton alapuolelle, jotta kuuluvuus olisi mahdollisimman esteetön. Wi-Fi-signaalin voimakkuus ilmoitetaan desibelimilliwatteina (dBm) ja mitä pienempi luku on, sitä parempi on signaalin voimakkuus. Desibelimilliwatit ovat negatiivisia lukuja ja mitä lähempänä nollaa ollaan, sitä parempi on kuuluvuus. -67 dBm:n signaalin voimakkuus on hyvä, ja se mahdollistaa internetin ja tiedostojen lähettämisen. Kun signaalin voimakkuus on parempi kuin -50 dBm, signaalin voimakkuus mahdollistaa videoiden katselun ja monipuolisen internetin käytön.

3.3 Signaaliin voimakkuuteen heikentävästi vaikuttavat tekijät

Liian paksut seinät ovat usein hyvin ongelmallisia, varsinkin jos seinässä on eristemateriaalia, vesiputkia tai ilmakehää. Kaikkein vaikeimpia materiaaleja ovat betoni, metalli, tiili, kivi, keraamit ja peilit. Ohuet väliseinät ovat usein parempia signaalin suhteen.

Muut laitteet saattavat myös häiritä signaalin voimakkuutta, kuten mikroaaltouunit ja muut kodinkoneet. Ne toimivat samankaltaisella taajuudella, kuin Wi-Fi-verkot, mistä johtuen säteily häiritsee tukiaseman signaalia.

Peilit saattavat heijastaa Wi-Fi-signaalia heikentämällä ja rajoittamalla sitä. Yleisesti ikkunat ja lasi materiaalina eivät häiritse signaalia, mutta energiansäästöikkunat sisältävät pinnoitetta, jossa on metallia. Metallia on signaalia häiritsevä materiaali. Myös sälekaihtimet voivat luoda ongelmia ja häiriöitä verkon kuuluvuudessa. [8.]

Materiaalien ja alueiden vaikutus signaalin voimakkuuteen:

- betoni, 12 dB
- metalli 34 dB
- väliseinä, 3 dB

- paksut ikkunat, 3 dB
- ohuet ikkunat, 1 dB
- tiiliseinä, 10 dB
- hissi, 18 dB

Lisäksi luokkahuoneet haittaavat signaalia, johtuen ihmismäärästä ja huonekaluista 1,5 dB/m². [9.]

4 Standardit

4.1 Yleisesti

IEEE 802.11 on IEEE:n standardi langattomille WLAN-lähiverkoille. Markkinointinimenä tätä kutsutaan Wi-Fiksi. Yleisesti käytössä olevia langattoman verkon standardeja ovat 802.11b, 802.11g, 802.11n ja 802.11ac. Näistä uusin on 802.11ac, jonka taajuudet ovat 2,4 GHz ja 5 GHz. Taajuuden ollessa korkeampi, kantama on huonompi, joten 5 GHz verkon kantama on heikompi verrattuna 2,4 GHz:n verkkoon. Kuitenkin 5 GHz:n verkon taajuus ei ole useimmiten niin ruuhkainen kuin taas vastaavasti 2,4 GHz:n verkon. Langattoman verkon taajuus määrittyy tukiaseman mukaan. Yleisesti nämä tukevat 2,4 GHz:n taajuutta. On myös mahdollista käyttää molempia taajuuksia yhtä aikaa. Tällöin molemmille taajuuksille luodaan oma verkkonsa. (Kuva 14). [10.]

802.11 Wireless Standards					
IEEE Standard	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n	802.11ac
Year Adopted	1999	1999	2003	2009	2014
Frequency	5 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4/5 GHz	5 GHz
Max. Data Rate	54 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	600 Mbps	1 Gbps
Typical Range Indoors*	100 ft.	100 ft.	125 ft.	225 ft.	90 ft.
Typical Range Outdoors*	400 ft.	450 ft.	450 ft.	825 ft.	1,000 ft.

Kuva 14. IEEE:n standardiperhe. [11.]

4.2 802.11ac

802.11ac, jota kutsutaan myös Wi-Fi 5:ksi, on kaikista nopein. Se on yhteensopiva vanhempien (802.11b, 802.11g ja 802.11n) standardien kanssa ja sen kaistanleveys on jopa 1300 Mbps 5 GHz:n taajuudella. Suurimmat erot ovatkin sen nopeus ja paras signaali-alue. Lähes kaikissa ympäristöissä 5 GHz:n taajuusalueella häiriötä on huomattavasti vähemmän ja tilaa enemmän verrattuna 2,4 GHz:n taajuusalueeseen. (Kuva 15).

Esimerkkikäyttökohteita ovat koulut, päiväkodit, toimistot ja kauppakeskukset, joissa tarvitaan suurta signaali-alueita ja riittävää nopeutta. Koska useampi ihminen käyttää Wi-Fi-laitteita näillä alueilla, on tärkeää, että myös häiriöt taajuusalueella ovat mahdollisimman pienet. [12;13.]

4.3 802.11a

802.11a julkaistiin samaan aikaan kuin 802.11b, mutta se jäi 802.11b:n varjoon, vaikka se tarjosi paljon suuremman tiedonsiirtonopeuden. Syynä oli se, että se toimi 5 GHz:n

ISM-kaistalla, eikä 2,4 GHz:n kaistalla. Se oli tästä syystä huomattavasti kalliimpi ja tarvetta nopeammalle yhteydelle 1999 ei ollut. [14.]

4.4 802.11b

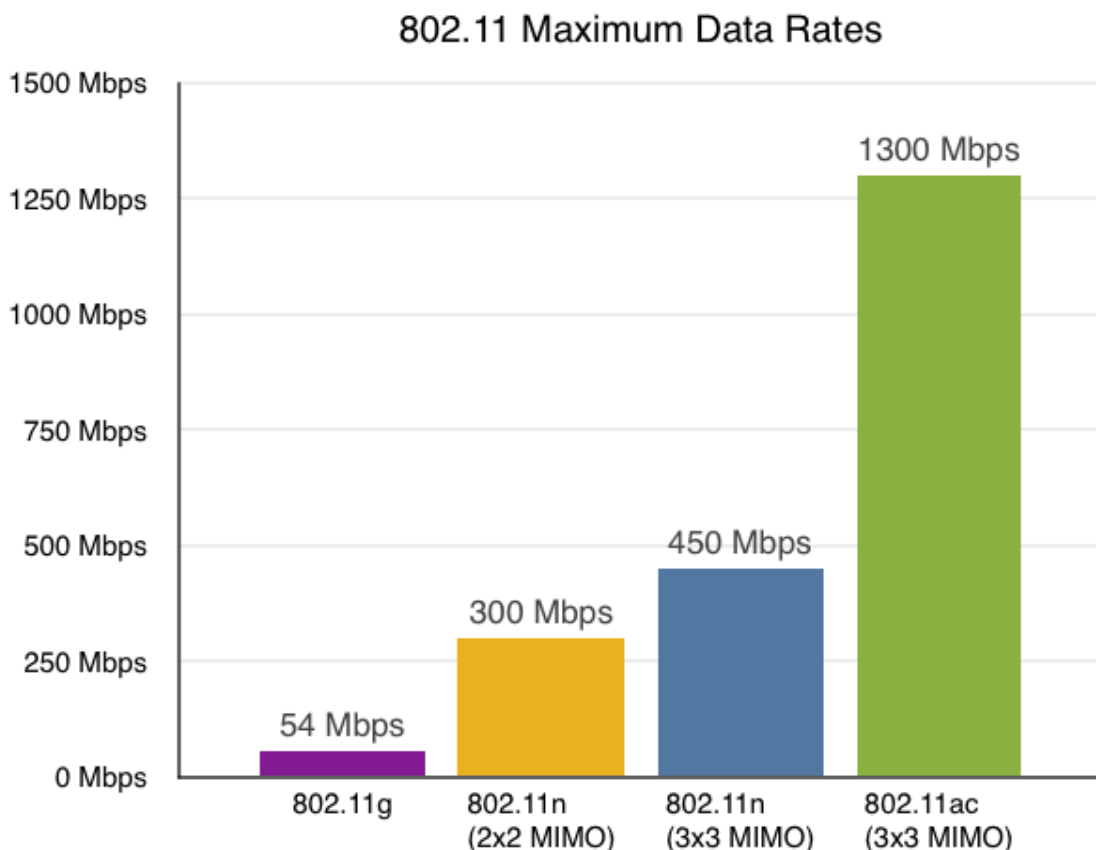
Heinäkuussa 1999 IEEE laajensi alkuperäisen 802.11 standardin, luoden näin 802.11b:n määrityksen. Sen teoreettinen nopeus on 11 Mbps ja se käyttää samaa radiosignaali-taajuutta kuin sen alkuperäinen 802.11 standardi, eli 2,4 GHz. 802.11b kärsi häiriöistä, joita se sai laitteilta, jotka käyttivät samaa 2,4 GHz:n taajuusaluetta. Kuten mikroaaltouuneilta ja matkapuhelimilta. Ainoa tapa välttää häiriöitä oli riittävän suuri etäisyys muista laitteista. 802.11b tunnetaan myös nimellä Wi-Fi 1. [12.]

4.5 802.11g

2003 markkinoille ilmestyi 802.11g standardia tukevat WLAN-tuotteet. 802.11g tukee 54 Mbps kaistanleveyttä lyhyellä alueella. Se käyttää 2,4 GHz:n taajuutta, eli samaa kuin edeltäjänsä 802.11b. Se on taaksepäin yhteensopiva 802.11b:n kanssa. Tämän takia 802.11g-tukiasemat toimivat 802.11b-langattomien verkkosovittimien kanssa ja taas päinvastoin. Tämä kuitenkin edellyttää laiteohjelmiston päivitystä. 802.11g tunnetaan myös nimellä Wi-Fi 3. [15.]

4.6 802.11n

802.11n lisääminen 802.11-standardi perheeseen paransi langattoman lähiverkon nopeutta. Samalla se paransi myös verkkojen luotettavuutta. Se käytti uutta MIMO-tekniikkaa, jonka ideana on tukea useita langattomia signaaleja ja antennoja yhden sijaan. 802.11n tukee jopa 600 Mbps kaistanleveyttä, mikä on yli kymmenen kertaa suurempi kuin 802.11g:ssä. 802.11g kaistanleveys oli vain 52Mbps. 802.11n tunnetaan myös nimellä Wi-Fi 4. [16.]



Kuva 15. 802.11ac 80MHz kanavan datanopeus suhteessa 802.11n 40MHz kanavaan. [13.]

5 Tulevaisuuden näkymät

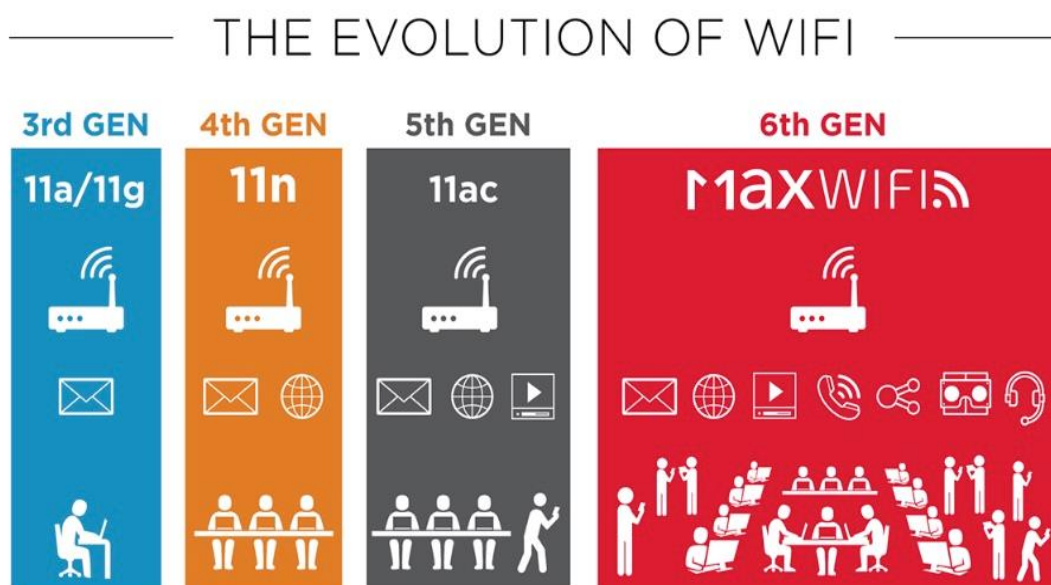
5.1 Nykytilanne

Muutama vuosi sitten vain pienessä osassa mobiililaitteita oli Wi-Fi-mahdollisuus. Tänä päivänä puhelimet, tabletit, tietokoneet, televisiot ja printterit sisältävät Wi-Fi-piirisarjan, joka mahdollistaa laitteen lisäämisen WLAN-verkkoon.

5.2 Kuudes sukupolvi

802.11ax standardi tulee olemaan Wi-Fi-tekniikan kuudes sukupolvi. Se tulee olemaan edeltäjiensä paljon nopeampi, koska se käyttää laajempia kanavia (160MHz) ja korkeamman asteen modulaatiota (1024 QAM). Ennustetaan, että vuoteen 2022 mennessä nelihenken perheen koti tarvitsee yhteyden jopa 50 eri Wi-Fi-laitteeseen.

802.11ax-tuotteet tulevat olemaan myös energiaystävällisiä, sillä laitteet siirtyvät ”uni-tilaan”, kun ne eivät vaihda tietoja keskenään. Wi-Fi-kattavuutta on myös parannettu.



Kuva 16. Wi-Fi-verkkojen eri sukupolvet. [17.]

Langattomien verkkojen käyttö tulee lisääntymään ja yhä useampi laite on mahdollista yhdistää langattomaan verkkoon. (Kuva 16). [17;18.]

6 Investointien laskelmat

6.1 Asennusten ja laitteiden yhteishinta

Tukiasemien lopullinen lukumäärä kohteessa tuli olemaan 31 kappaletta. Tukiasemien asennus, ohjelmointi, koulutus ja dokumentointi tulevat kustantamaan 16 500 €. 2-osaisen RJ45-rasian hinta asennettuna ja kaapeloituna tulee olemaan noin 250 €. Jakamoita tarvitaan 5 kappaletta. Yhden jakamokaapin hinta on kytkimien ja paneelien kanssa 500 €.

Yhteishinta tukiasemien asennuksille, kaapeloinnille, jakamoille ja käyttöönotoille tulee olemaan noin 27 500 €. Jos käyttäjiä, eli opettajia, oppilaita ja vieraita, on yhteensä 380,

on tukiasemien, asennusten, käyttöönoton ja muiden laitteiden hinta 72 € käyttäjää kohden.

6.2 Miksi tähän kohteeseen valittiin juuri Wi-Fi-yhteys ethernetin sijaan

Ethernet-yhteys on huomattavasti nopeampi ja turvallisempi kuin Wi-Fi-yhteyden käyttäminen. Nopeuden eroissa ei kuitenkaan ole niin suurta eroa opetuksen kannalta. Suurin ero on kuitenkin käytännöllisyydessä, sillä opetus tulee tapahtumaan useassa eri luokassa, joten oppilaat liikkuvat jatkuvasti kannettavien tietokoneidensa ja matkapuhelimiensa kanssa. Wi-Fi-verkon ansiosta oppilaat pystyvät muodostamaan yhteyden Wi-Fi-verkkoon mistä tahansa koulurakennuksessa. Heidän ei myöskään tarvitse istua aina täsmälleen samoilla paikoilla. Ethernet-verkon asentaminen 340 oppilaalle ja opettajille on myös kalliimpaa, kuin Wi-Fi-verkon. Tästä syystä myös investoinnin kannalta on järkevämpää rakentaa toimiva Wi-Fi-verkko ethernet-verkon sijaan.

7 Yhteenveto

Työn lähtökohtana oli suunnitella koulurakennukseen toimiva WLAN-verkko, jota oppilaat, opettajat ja vieraat pystyisivät hyödyntämään. Työssä päästiin haluttuihin tavoitteisiin ja kohteeseen saatiin mallinnettua toimiva langaton verkkoyhteys. Mallinnuksessa käytettiin Cisco AP3802i:n tukiasemia. Lopputuloksena kaikki luokahuoneet ja opettajien työtilat, sekä ykköskerroksessa, että kakkoskerroksessa saatiin toimivan verkonpeittoalueen alle.

Työn tilaajana toiminut Insinööritoimisto Tauno Nissinen Oy toivoi, että mallinnus tehdään Ekahau Site Survey-ohjelmalla.

Lähteet

- 1 Wireless local area network (WLAN). Verkkoaineisto. Technopedia. <<https://www.techopedia.com/definition/5107/wireless-local-area-network-wlan>>. Luettu 3.10.2018.
- 2 Arel, Lucia. 2017. What is wireless local area network (WLAN)? Verkkoaineisto. Saturnvpn. <<https://saturnvpn.com/what-is-wireless-local-area-network-wlan>>. 13.9.2017. Luettu 26.10.2018.
- 3 WLAN-verkon ominaisuudet ja ongelmatilanteet. Verkkoaineisto. Elisa. <<https://yrityksille.elisa.fi/ohje/wlan-verkon-ominaisuudet-ja-ongelmatilanteet>>. luettu 10.10.2018.
- 4 Urbas, Gregor; Krone, Tony. 2017. Mobile and wireless technologies: security and risk factors. Verkkoaineisto. Australian Government. <<https://aic.gov.au/publications/tandi/tandi329>>. Päivitetty 3.11.2017. Luettu 13.11.2018.
- 5 Kastrenakes, Jacob. 2018. Wifi security is starting to get its biggest upgrade in over a decade. Verkkoaineisto. The Verge. <<https://www.theverge.com/circuitbreaker/2018/6/26/17501594/wpa3-wifi-security-certification>>. 26.6.2018. Luettu 30.9.2018.
- 6 Scarpati, Jessica. Wireless security protocols: The difference between WEP, WPA, WPA2. Verkkoaineisto. SearchNetworking. <<https://searchnetworking.techtarget.com/feature/Wireless-encryption-basics-Understanding-WEP-WPA-and-WPA2>>. Luettu 13.11.2018.
- 7 What is an access point and how is it different from a range extender? Verkkoaineisto. Linksys. <<https://www.linksys.com/us/r/resource-center/what-is-a-wifi-access-point/>>. Luettu 21.10.2018.
- 8 Objects that interfere with your Wi-Fi signal: how to identify them and how to fix them. Verkkoaineisto. Shouthern Phone.

- <<https://www.southernphone.com.au/Blog/2018/Mar/objects-that-interfere-with-wifi>>. 8.3.2018. Luettu 13.10.2018.
- 9 Ekahau Site Survey. 2018. Yrityksen sisäinen dokumentti. Tauno Nissinen Oy.
10. Langattoman verkon standardit ja taajuudet. Verkkoaineisto. Telia. <<https://www.telia.fi/asiakastuki/nettilyhteydet/wifi/langattoman-verkkoyhteyden-nopeus>>. Luettu 25.9.2018.
- 11 An a to z review of the 802.11 standards. Verkkoaineisto. L-com. <<http://www.l-com.com/content/Article.aspx?Type=N&ID=10638>>. 17.5.2016. Luettu 11.10.2018.
- 12 802.11 standards explained: 802.11ac, 802.11b/g/n, 802.11a. Verkkoaineisto. Lifewire. <<https://www.lifewire.com/wireless-standards-802-11a-802-11b-g-n-and-802-11ac-816553>>. Päivitetty 3.8.2018. Luettu 25.9.2018.
- 13 Estrada, Pablo. 2013. 4 things you need to know about 802.11ac. Verkkoaineisto. Cisco. <<https://meraki.cisco.com/blog/2013/08/4-things-you-need-to-know-about-802-11ac/>>. 14.8.2013. Luettu 20.10.2018.
- 14 Poole, Ian. IEEE 802.11a. Verkkoaineisto. Radio-electronics.com. <<https://www.radio-electronics.com/info/wireless/wi-fi/ieee-802-11a.php>>. Luettu 15.10.2018.
- 15 Rouse, Margaret. 802.11g. Verkkoaineisto. SearchMobileComputing. <<https://searchmobilecomputing.techtarget.com/definition/80211g>>. Päivitetty 2006. Luettu 7.11.2018.
- 16 Rouse, Margaret. 802.11n. Verkkoaineisto. SearchMobileComputing. <<https://searchmobilecomputing.techtarget.com/definition/80211n>>. Päivitetty 2009. Luettu 15.10.2018.

- 17 Hetting, Claus. 2017. Broadcom launches 802.11ax Wi-Fi chipset family. Verkkoaineisto. Wi-Fi NOW. <<https://wifinowevents.com/news-and-blog/broadcom-launches-802-11ax-chipset-family/>>. 20.8.2017. Luettu 19.10.2018.
- 18 Mailheau, Rita. Verkkoaineisto. Planetchusa. <<https://planetechusa.com/blog/faster-wifi-802-11ax/>>. Luettu 14.11.2018

Ensimmäisen kerroksen WLAN-tukiasemat

AP #	Access Point			
1	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (1)			
	802.11n	11	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	60	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
2	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (10)			
	802.11n	1	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	112	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
3	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (11)			
	802.11n	11	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	36	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
4	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (12)			
	802.11n	1	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	124	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
5	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (13)			
	802.11n	6	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	104	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
6	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (14)			
	802.11n	1	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	64	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
7	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (15)			
	802.11n	6	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	44	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
8	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (17)			
	802.11n	11	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	128	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
9	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (2)			
	802.11n	1	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	116	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
10	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (3)			
	802.11n	6	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	40	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
11	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (4)			
	802.11n	1	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	132	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
12	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (5)			
	802.11n	11	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	120	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
13	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (6)			

	802.11n	6	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	108	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
14	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (7)			
	802.11n	11	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	48	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
15	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (8)			
	802.11n	6	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	56	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
16	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (9)			
	802.11n	1	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	100	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro

Verkon toimivuus ensimmäisessä kerroksessa



Kuvassa vihreällä alueet, joissa verkko toimii moitteettomasti ja punaisella alueet, joissa häiriöitä voi syntyä. Punaisella alueella ovat pukuhuoneet, varasto- ja teletilat, joten verkon häiriöt näillä alueilla eivät haittaa. Kuvasta näkee, että jokaisessa luokka- ja opetus-tilassa verkko toimii ilman häiriöitä ja kapasiteetti riittää käyttäjille.

Toisen kerroksen WLAN-tukiasemat

AP #	Access Point			
17	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (18)			
	802.11n	1	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	36	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
18	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (19)			
	802.11n	6	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	136	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
19	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (20)			
	802.11n	1	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	44	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
20	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (21)			
	802.11n	11	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	52	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
21	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (22)			
	802.11n	6	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	140	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
22	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (23)			
	802.11n	11	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	120	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
23	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (24)			
	802.11n	11	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	52	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
24	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (25)			
	802.11n	1	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	60	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
25	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (26)			
	802.11n	6	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	136	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
26	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (27)			
	802.11n	6	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	40	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
27	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (28)			
	802.11n	6	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	108	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
28	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (30)			
	802.11n	1	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	128	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
29	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (31)			

	802.11n	1	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	116	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
30	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (32)			
	802.11n	11	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	140	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro
31	Cisco AP3802i 2.4GHz + 5GHz (33)			
	802.11n	6	6 mW	Cisco AP3802i 2.4GHz Macro
	802.11ac	104	25 mW	Cisco AP3802i 5GHz Macro

Verkon toimivuus toisessa kerroksessa



Verkon häiriöitä ei juurikaan ole. Kaikki tärkeimmät alueet, eli luokkahuoneet, terveydenhoitajantila, opiskeluauula ja opettajanhuoneet, kuuluvat alueeseen jossa verkko toimii moitteettomasti ja kapasiteetti riittää käyttäjille. Ainoa paikka joissa verkkoon saattaa tulla häiriöitä on varastotila, mikä ei ole verkon kuuluvuuden kannalta tärkeä alue.