

# **Kainuun ammattiopiston Kuusamon toimipisteen lähiverkon uudistaminen**

Tomi Palosaari

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2016  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Insinööri (AMK), tietotekniikan koulutusohjelma

Tekijä(t) Palosaari Tomi	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 20.5.2016
	Sivumäärä 52	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Kainuun ammattiopiston Kuusamon toimipisteen lähiverkon uudistaminen</b>		
Tutkinto-ohjelma Tietotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Sampo Kotikoski, Karo Saharinen		
Toimeksiantaja(t) Kainuun ammattiopisto		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Toimeksiantajana oli Kainuun ammattiopisto. Kuusamon toimipaikassa oli tapahtumassa tilamuutoksia säästösyistä ja samalla huomattiin, että lähiverkkoa voisi uudistaa. Lähiverkko oli ostettuna palveluna, ja tämän palvelun sisäistäminen säästäisi rahaa pitkällä juoksulla. Lähiverkosta ei ollut olemassa minkäänlaista dokumentaatiota, joten tämä asia oli hyvä korjata myös.</p> <p>Tavoitteena oli suunnitella toimiva lähiverkko, joka on yhteensopiva Kajaanin laitteiden kanssa. Budjettina oli 30 000 euroa. Myös langaton verkko tuli uusiksi, että se kattaa kaikki tarvittavat alueet.</p> <p>Kartoitusvaihe piti sisällään verkkolaitteiden ja kaapelointien selvittelyä. Laittevertailussa keskityttiin vertailemaan laitteita eri verkkokauppojen välillä, sillä kilpailutusta ei haluttu tehdä olemassa olevan sopimuksen takia.</p> <p>Suunnitteluvaiheessa mietittiin päätelaitteille ja verkkolaitteille uusi sijainti. Kun uudet sijainnit olivat selvillä, pystyttiin päättämään mihin kytkimeen liitetään mitään. Suunnitteluvaiheessa myös mietittiin, miten verkkoa tulee eritellä keskenään, ja päädyttiin jakamaan verkko kuuteen eri VLANiin.</p> <p>Toteutusvaiheessa tehtiin pieni esimerkkitopologia, sillä laitteita ei ehditty tilata Kuusamon tarpeeksi ajoissa. Esimerkkitoteutuksessa konfiguroitiin kaksi kytkintä; L3- ja L2-kytkin. Samalla konfiguroitiin Aruban langattomia tukiasemia.</p> <p>Nyt Kuusamon toimipaikan lähiverkosta on hyvä kuva ja kattava dokumentaatio.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> )		
Aruba, Cisco, LAN, verkon suunnittelu, verkkotopologia, WAN, WLAN		
Muut tiedot		

Author(s) Palosaari Tomi	Type of publication Bachelor's thesis	Date 18.5.2016 Language of publication: Finnish
	Number of pages 52	Permission for web publication: x
Title of publication <b>Redesign of LAN in Kuusamo branch of Kainuu vocational college</b>		
Degree programme Information Technology		
Supervisor(s) Kotikoski Sampo, Saharinen Karo		
Assigned by Kainuu vocational college		
Abstract  <p>The thesis was assigned by Kainuu vocational college. Some premise arrangements took place because of budget savings and it was discovered that there is a possibility to renew the local area network. The LAN was acquired as a service and internalizing this service would save money in the long run. Also, there was no documentation of the local area network, which needed fixing as well.</p> <p>The goal was to design a functional local area network that is compatible with Kajaani network devices. The budget was 30 000 euros. Also, the wireless network had to be renewed so it would cover the needed areas.</p> <p>The survey phase included defining the network devices and cabling. Most of the problems came up in the survey phase because at times it was difficult to get the needed information. In the comparison of the network devices the focus was on online shops because the competitive tendering was not possible due to an existing contract for the devices. Considering a new placement for the devices was known, it was decided which device is connected up to which switch. In the planning phase network segmentation was also reflected on, and it was decided to segment the local area network to six different VLANs.</p> <p>A small example topology was made in the implementation phase because there was not enough time to order the devices to Kuusamo. In the example implementation two switches and two access points were configured. There were some complications in all phases; however, they were resolved in the end. Now there is a good picture of the local area network in Kuusamo branch, how it works and where all devices are located.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> )  Aruba, Cisco, LAN, Network designing, Network topology, WAN, WLAN		
Miscellaneous		

## Sisältö

Lyhenteet.....	4
1 Työn lähtökohdat .....	5
1.1 Toimeksiantaja .....	5
1.2 Tarve opinnäytetyölle.....	6
1.3 Tavoitteet .....	6
2 KAO Kuusamon lähiverkon lähtötilanne .....	7
2.1 Kartoitusvaihe.....	7
2.2 Langaton verkko .....	10
2.3 Nykyinen palvelu .....	11
3 Laitteiden valinta.....	13
3.1 Kytkimet.....	13
3.2 Langattomat tukiasemat .....	16
4 Suunnitteluvaihe .....	19
4.1 Kytkinverkko .....	19
4.2 VLAN-suunnittelu .....	23
4.3 Langaton verkko .....	24
5 Uuden ympäristön konfigurointiesimerkki .....	24
5.1 Kytkinverkko .....	24
5.1.1 Toteutusesimerkki .....	24
5.1.2 L3-kytkimen konfiguroiminen.....	25
5.1.3 L2-kytkin .....	29
5.1.4 Ympäristön testaus.....	30
5.2 Langaton verkko .....	31
6 Pohdinta .....	41
Lähteet.....	43
Liitteet .....	46
Liite 1. Kytkinten konfiguraatiodostot .....	46

Liite 2. Pääsyylistat .....	51
-----------------------------	----

## **Kuviot**

Kuvio 1. Nykytilanteen looginen kuva .....	9
Kuvio 2. Oppi3-rakennuksen yläkerran kytkimiä .....	11
Kuvio 3. Suunniteltu looginen topologia .....	21
Kuvio 4. Suunniteltu fyysinen topologia .....	23
Kuvio 5. Totetusesimerkin topologia .....	25
Kuvio 6. L2-kytkimen VLANit .....	30
Kuvio 7. Telnet-yhteyden testaus.....	31
Kuvio 8. Ping- ja tracert-testaus kannettavien välillä .....	31
Kuvio 9. Maatunnuksen valinta .....	32
Kuvio 10. System-asetukset.....	33
Kuvio 11. Tukiaseman asetuksia .....	33
Kuvio 12. Tukiaseman radion taajuuksien asetukset .....	34
Kuvio 13. Tukiaseman palveluiden asetuksia .....	35
Kuvio 14. Uuden WLANin luonti.....	35
Kuvio 15. VLANin asetuksia .....	36
Kuvio 16. WLAN:n suojausasetukset .....	36
Kuvio 17. Tukiaseman pääsynhallinta-asetuksia.....	37
Kuvio 18. Tukiaseman salasanan vaihto.....	37
Kuvio 19. Tukiaseman ohjelmiston päivitys .....	38
Kuvio 20. Luodut SSID:t .....	38
Kuvio 21. Tukiaseman hallintapaneeli.....	39
Kuvio 22. WLAN-verkkoon liittyneet clientit.....	39
Kuvio 23. Clientin tiedot .....	40
Kuvio 24. Kaksi tukiasemaa .....	40
Kuvio 25. IP-osoitteen tarkistus .....	40
Kuvio 26. Yhteyden testaus ping-komennolla.....	41

## **Taulukot**

Taulukko 1. Palveluntarjoajan laitekanta .....	12
Taulukko 2. Kytkinten vertailua.....	14

Taulukko 3. Cisco-kytkinten hintavertailu.....	16
Taulukko 4. Langattomien tukiasemien vertailu.....	17
Taulukko 5. Aruban tukiasemien hintavertailu.....	19
Taulukko 6. Päätelaitteiden määrä ja kytkinten tarve .....	20
Taulukko 7. Kytkinten hallintaosoitteet .....	22
Taulukko 8. Kuusamon toimipaikan VLANit .....	23

## Lyhenteet

AES	Advanced Encryption Standard
AP	Access Point
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
IAP	Instant Access Point
LAN	Local Area Network
PoE	Power Over Ethernet
RADIUS	Remote Authentication Dial In User Service
SFP	Small form-factor pluggable
SSID	Service Set Identifier
UPS	Uninterruptible Power Supply
VLAN	Virtual Local Area Network
VTP	VLAN Trunking Protocol
WLAN	Wireless Local Area Network

# 1 Työn lähtökohdat

## 1.1 Toimeksiantaja

Kainuun ammattiopisto järjestää toisen asteen ammatillista koulutusta nuorille ja aikuisille. Kainuun ammattiopisto tarjoaa koulutusta hyvinvointi-, kulttuuri-, luonnonvara-, matkailu-, ravitsemus- ja talousaloilla sekä tekniikan ja liikenteen ja liiketalouden aloilla. Tarjontaan kuuluvat ammatilliset perustutkinnot, ammattitutkinnot, erikoisammattitutkinnot ja lyhytkoulutukset, kuten kortti- ja passikoulutukset sekä sertifikaatit. Kainuun ammattiopisto toteuttaa ammatillista koulutusta valtakunnallisesti ja vakituiset toimipisteet sijaitsevat Kajaanissa, Kuhmossa, Kuusamossa ja Vuokatissa. Lisäksi aikuiskoulutuksella on toimipisteet Sotkamossa, Suomussalmella ja Vantaalla. Kainuun ammattiopistossa opiskelee vuosittain noin 2600 nuorta ja aikuista. Muussa aikuiskoulutuksessa opiskelee noin 5000 aikuista, josta noin 450 on oppisopimusopiskelijaa. Työntekijöitä on lähes 430 ja liikevaihto oli 37,8 miljoonaa euroa vuonna 2015. (Kainuun ammattiopisto n.d.)

Kainuun ammattiopiston Kuusamon toimipaikka on monialainen ammatillinen oppilaitos, jossa voi suorittaa toisen asteen ammatillisia tutkintoja nuorisoasteen koulutuksessa ja näyttötutkintona aikuiskoulutuksessa. Koulutusaloja ovat kone- ja metalliala, sähköala, rakennusala, puuala, kaupan ja hallinnon ala, kulttuuriala, matkailu-, ravitsemus- ja talousala, sosiaali- ja terveysala sekä kauneudenhoitoala. KAO Kuusamossa opiskelee reilut 520 nuorta ja aikuista ja henkilökuntaa on noin 50. (Kehitä osaamistasi KAO Kuusamossa! n.d.)

Kainuun ammattiopiston ict-palvelut tuottaa KamIT-tietohallinto, Kainuun ammattiopiston lisäksi asiakkaina ovat Kajaanin ammattikorkeakoulu, Kajaanin perusopetus ja Kajaanin lukio. Yhteensä asiakkaita KamIT-tietohallinnolla on noin 10 500. Hallittavia laitteita on noin 5 000. Asiakkaina toimivat koulujen henkilökunta, opettajat ja oppilaat. KamIT-tietohallinnossa työskentelee 28 henkilöä. KamIT-henkilöstö on jakautunut neljään eri tiimiin: asiakaspalvelut, alustapalvelut, opetusteknologia ja tiedonhallintapalvelut. (Esittely n.d.)



## 1.2 Tarve opinnäytetyölle

Tällä hetkellä Kuusamon toimipaikan lähiverkko ja internet-yhteys ostetaan palveluna. Tällaisen palvelun maksaminen ei ole kovin edullista, joten omien laitteiden hankkiminen on taloudellisesti järkevää. Nykyinen langaton verkko ei kuulu aivan kaikissa paikoissa, joissa sen pitäisi kuulua, joten sekin pitäisi suunnitella uusiksi.

Kuusamon toimipaikan lähiverkosta ei ollut juurikaan dokumentaatiota olemassa, sillä palveluntarjoaja ei ole suostunut näyttämään heidän dokumentaatioita tietoturvallisista syistä. Lähiverkon uudistamisessa saataisiin myös hyvä dokumentaatio koulun lähiverkosta, mikä helpottaa tulevaisuuden toimia.

Kuusamon toimipaikassa on neljä eri rakennusta(Oppi1-4) joista yhdestä rakennuksesta(Oppi3) ollaan luopumassa kulujen vuoksi. Nyt oli siis hyvä hetki suunnitella lähiverkko uusiksi, koska laitteille joudutaan miettimään uusi sijoituspaikka muissa rakennuksissa.

Suurin tarve opinnäytetyölle oli taloudellisesta näkökulmasta, mutta myös dokumentaation kannalta. Samalla verkonhallinta helpottuisi.

## 1.3 Tavoitteet

Päätavoite oli saada Kuusamon toimipisteen lähiverkon hallinta ja ylläpito omaan käyttöön ja samalla saada verkosta kunnon dokumentaatio. Tavoitteena oli ottaa internetyhteys Kajaanin kautta, mikä säästää rahaa, sillä ei tarvitse ostaa erillistä palvelua internetyhteydelle.

Lähiverkosta tuli saada yhteensopiva Kajaanin laitteiden kanssa, jotta ylläpito olisi yksinkertaisempaa. Lähiverkon topologia oli tarkoitus säilyttää aika lailla samana, sillä rakennusten välille oli jo vedetty kuidut, joten ei ole tarvetta alkaa vetämään uusia kaapeleita. Tulevaisuudessa kytkinten tulee olla PoE- tai PoE+-kykeneviä laitteita, jotta WLAN-tukiasemat saadaan kytkettyä niihin. Langattoman verkon suunnittelu piti toteuttaa tulevaisuutta ajatellen, jolloin todennäköisesti suurin osa päätelaitteista tulee olemaan langattomia. Koska tukiasemia päivitetään kaikissa

Kainuun ammattiopiston toimipisteissä, tukiasemien hankinta ei vaikuta lähiverkon uudistamisen budjettiin.

Uudelle lähiverkolle ja sen laitteille annettiin seuraavanlaiset vaatimukset:

- Budjetti 30 000 €
- Kytkinten tulee toimia Layer2-tasolla
- Yhdenmukainen Kajaanin toimipisteen laitteiden kanssa(Cisco)
- Tarpeeksi monesta kytkimestä tulee löytyä PoE tai PoE+ -ominaisuus
- Kytkimissä tulee olla 10 gigan liitännät Uplinkissä, muissa porteissa riittää 1 giga
- SFP-portteja tulee olla tarpeeksi, jotta laitetilat saadaan toisiinsa kiinni
- Tukiasemien tulee olla täysin hallittavissa Aruba Clearpass Policy Manager ja Airwave Network Management -tuotteiden avulla.
- Langattomat tukiasemat tulee olla Aruba-merkkisiä
- Kaapeloinnillisesti kaikki tilat tulee saada vähintään WLAN-peittoalueelle
- LAN-liitännät pöytäkoneisiin varmistettava
- Kaapelityyppi Cat6a, joka takaa 10g/100m

Tutkimuskysymykseksi muodostui: Kuinka paljon omat laitteet maksavat ja kuinka paljon laitteet tulevat säästämään rahaa pitkällä juoksulla?

## 2 KAO Kuusamon lähiverkon lähtötilanne

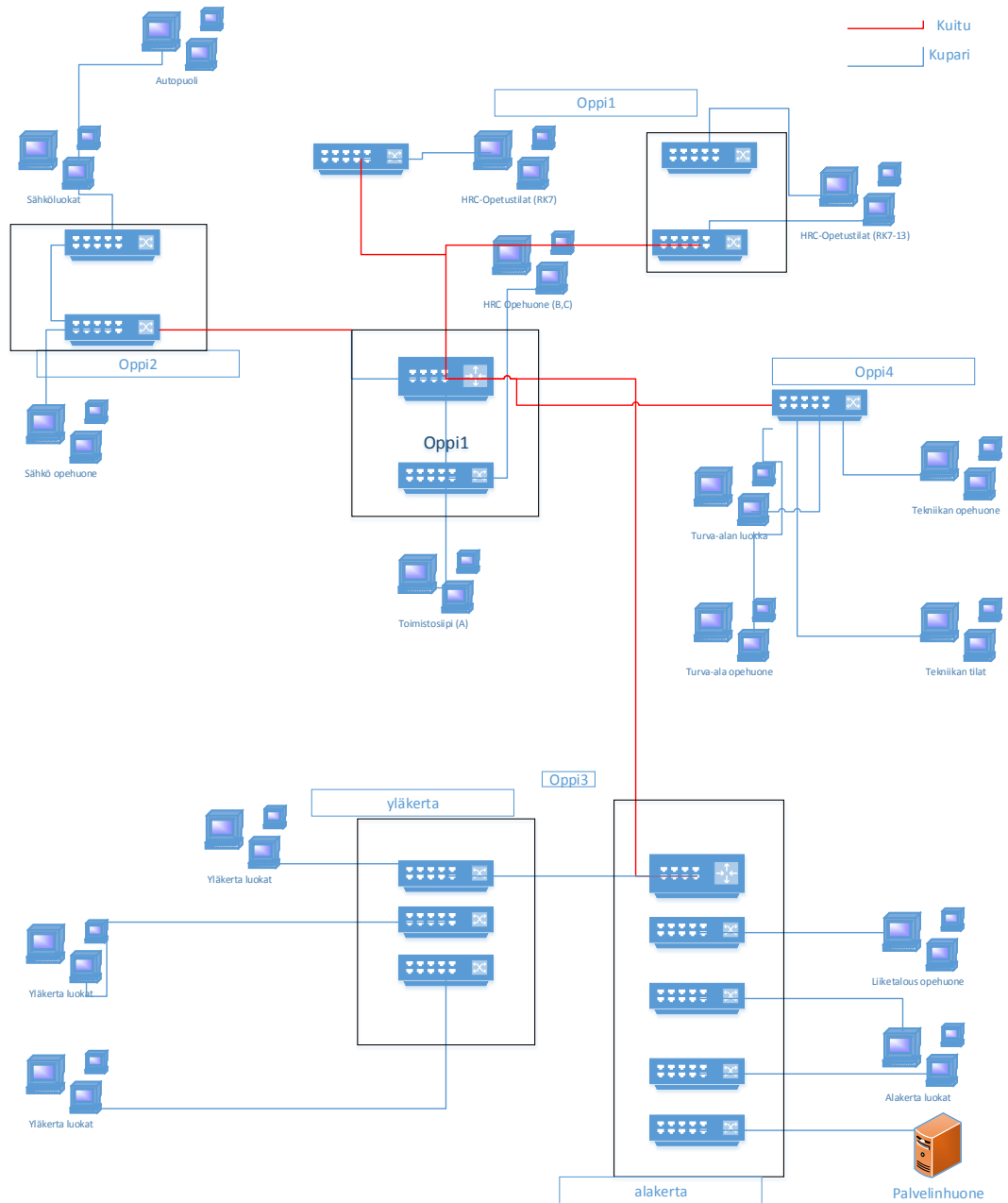
### 2.1 Kartoitusvaihe

Lähiverkon kartoitus alkoi ottamalla yhteyttä palveluntarjoajaan ja pyytämällä heiltä verkkokuvia ja muita mahdollisia dokumentteja. Tähän he eivät kuitenkaan suostuneet tietoturvalisistä syistä. Heidän mukaan on liian iso riski esimerkiksi paljastaa, missä kuidut menevät, koska sitten voisi tehdä tuhoja. Koska palveluntarjoalta ei saatu minkäänlaista dokumentaatiota, alettiin dokumentoimaan itse. Ensimmäiseksi käytiin läpi kaikki laitekaapit, joihin pääsi käsiksi. Sieltä katsottiin, mitä laitteita löytyy ja miten paljon portteja on käytössä. Onneksi laitekaapeista löytyivät merkatut ristikytkentäpaneelit, joista näki, että mihin tilaan kaapelit lähtevät. Kaapelit olivat niin pahasti solmussa keskenään, että oli lähes mahdotonta selvittää, mistä kytkimen portista menee mihinkin rasiaan.

Koska kaapeloinnista ei saatu minkäänlaista dokumentaatiota, sovittiin tapaaminen Kuusamon kaupungin kanssa, että käydään läpi heidän pohjakuvia, jos sieltä löytyisi

jotain tietoa kaapeloinnista. Heillä ei kuitenkaan ollut mitään dokumentointia kaapeloinnista, vaikka Kuusamon kaupunki omistaa tämän alueen kaapelit. Koulun rakennuksista löytyvät pohjakuvat, mutta niissä ei ole mainintaa kaapeloinnista.

Näillä tiedoilla saatiin tehtyä looginen verkkokuva, mutta fyysinen ei onnistunut, koska tarkkoja portteja ei saatu selville. Kuviossa 1 nähdään lähiverkosta tehty kuva. Se saatiin selville, miten kuidut menevät rakennusten välillä, mistä saatiin selville, että verkko on toteutettu tähtitopologialla. Liikenne ulkoverkosta sisäverkkoon tulee Oppi3-alakerran laitetilasta, josta on yhteys Oppi1-laitetilaan, josta lähtee yhteys muihin rakennuksiin.



Kuvio 1. Nykytilanteen looginen kuva

Tulevaisuudessa internetyhteys tulee Kajaanin toimipisteen kautta, joten tarvitaan WAN-yhteys toimipisteiden välille. Ongelmaksi muodostui taas se, että ei ollut minikäänlaista tietoa, tuleeko mistään kuitua tähän koulun alueelle vai pitääkö kuitu hankkia jostain. Tätäkin asiaa selvitettiin monelta taholta, mutta kenelläkään ei oikein tahtonut olla tietoa tai halua selvittää asiaa.

## 2.2 Langaton verkko

Langaton verkko tuli suunnitella myös uusiksi, sillä toimeksiantaja halusi, että tulevaisuudessa langaton verkko peittää kaikki tilat, joista löytyy päätelaitteita. Nykyiset langattomat tukiasemat ovat jo niin vanhoja, että niitä ei enää tueta. Langaton verkko tullaan uusimaan jokaisessa KAMIT-tietohallinnon ylläpitämässä toimipisteessä, joten uusien tukiasemien sijaintien suunnittelu tuli tarpeeseen. Nykyinen langaton verkko ei kuulu aivan joka paikassa, missä olisi tarvetta, joten sen uudistaminen tuli tarpeeseen. Langattoman verkon kontrollerit sijaitsevat Kajaanissa, sillä oma langaton verkko olisi liian kallis.

Tällä hetkellä langaton verkko toimii 2,4 GHz:n taajuudella ja tukiasemat ovat Cisco-merkkisiä. WLAN-verkossa on käytössä 802.11a, 802.11g ja 802.11n standardit sekä WPA2-suojaustyyppi ja salauksena käytetään AES-protokollaa. WLAN-verkossa on kolme eri SSID:tä: kao-hallinto, kao-opetus ja kao-vieraat. Kao-hallinto on henkilökunnan käyttöön, kao-opetus on koulun kannettaville tietokoneilla ja kao-vieraat on vierasverkko. Nykyisen langattoman verkon suorituskyky on niin keho, että kao-opetus ja kao-vieraat verkon salasanaa ei jaeta oppilaille, koska nykyinen verkko ei kestäisi sitä.

WLAN-verkon kuuluvuuden testaamiseen käytettiin Ekahau HeatMapper-ohjelmaa, johon ladattiin ensin rakennuksen pohjakuva. Sitten samalla kun käveltiin kannettava tietokone kädessä, merkattiin reitti, mitä pitkin käveltiin. Kun rakennus oli kierretty läpi, painettiin ”valmista”, ja ohjelma piirsi peitekuvan signaalien vahvuuksista. Vihreä väri tarkoittaa hyvää signaalia, punainen todella huono/ ei kuuluvuutta ollenkaan. Ohjelma myös näyttää, missä tukiasemat sijaitsevat, mutta siihen ei voi ihan täysin luottaa, esimerkiksi Oppi3-rakennuksessa ohjelma otti tukiaseman signaalin yläkerrasta ja laittoi sen sijaitsemaan alakerrassa. Kuviossa 2 on Oppi1-rakennuksesta tullut kuva. Kuvioista nähdään myös, että ohjelma ottaa signaalin muista mahdollisista verkoista, jotka väärentävät vähän kuvia. Liitteessä 2 on muiden rakennusten kuvat.

### 2.3 Nykyinen palvelu

Tällä hetkellä Kuusamon toimipisteen lähiverkko ja internetyhteys ostetaan palveluna, johon kuuluvat palomuuuri, 16 kytkintä ja niihin UPS-laitteet ja 20 Mbit internetyhteys. Nämä palvelut tulevat maksamaan 2685,36 euroa kuukaudessa. Kytkimet oli sijoitettu kuuteen eri laitejakamoon. Palveluntarjoajan laitteet ovat Nortel valmistajan, ja käytössä on neljää Nortelin eri mallia: 2526T, 2550T, 2556T ja 5530-24TFD, yksi laite on Avaya 2550T. Suurimassa osassa laitteita on 48 porttia, mutta muutamassa on 24 porttia. Koska laitteet ovat 48-porttisia, laitteiden ylläpito on hieman työläämpää ja esimerkiksi kaapelinvaihto on hieman hankalaa, mikä voidaan todeta kuvioista 2, jossa näkyy hyvin, kuinka ahtaaksi tila käy, kun kytkimessä on 48 porttia.



Kuvio 2. Oppi3-rakennuksen yläkerran kytkimiä

Taulukossa 1 nähdään nykytilanteen laitekanta. Koululla päätelaitteita on reilu kolmesataa, mutta kuten taulukosta nähdään, käytössä olevia portteja on reilu 600. Tämä johtuu siitä, että kun luokkatilojen käyttötarkoitus on muuttunut ajan saatossa, eli esimerkiksi tietokonealuokasta onkin tullut pelkkä teorialuokka, kaapeloinnit rasioille on jätetty, eikä niitä ole purettu pois.

Taulukko 1. palveluntarjoajan laitekanta

Laitekaapin sijainti	Kytkin/Laite	Porttien määrä	Käytössä olevat portit	Vapaat portit
<b>Oppi 1 Toimistosiipi</b>	Nortel 2550T	48	44	4
	Nortel 5530-24TFD	24 + 12 kuituporttia	1 + 7 kuituporttia	23 ja 5 kuituporttia
<b>Oppi 1 Ravintopuoli</b>	Tuntematon kytkin	24	24	-
<b>Oppi 1 Ravinto-atk</b>	Nortel 2550T	48	47	1
	Nortel 2556T	24	24	-
<b>Oppi 2 Sähköpuoli</b>	Nortel 2550T	48	47	1
	Nortel 2550T	48	48	-
<b>Oppi 3 Opettajiipi</b>	Nortel 2550T	48	43	5
	Nortel 2550T	48	48	-
	Nortel 2526T	24	7	17
<b>Oppi 3 Yläkerta</b>	Nortel 2550T	48	38	10
	Nortel 2550T	48	48	-
	Nortel 2550T	48	48	-
	Nortel 2550T	48	48	-
	Nortel 5530-24TFD	24 + 12 kuituporttia	3 + 12 kuituporttia	21, kuidut täynnä
<b>Oppi 4 Turva-ala</b>	Avaya 2550T	48	47	1
<b>Yhteensä</b>	16	648 + 24 kuituporttia	565 + 19 kuituporttia	83 + 5 kuituporttia

## 3 Laitteiden valinta

### 3.1 Kytkimet

Kajaanin toimipisteessä kytkimet ovat suurimmaksi osaksi Cisco-merkkisiä, malliltaan 2960X-sarjaa. Ylläpidollisista syistä olisi hyvä, että verkkolaitteet olisivat keskenään yhteensopivia toimipisteiden välillä. Tämä mahdollistaa sen, että vikatilanteiden korjaaminen käy sujuvammin ja varalaitteita voidaan vaihdella keskenään, jos sille tulee tarvetta. Toimeksiantajan vaatimuksissa oli, että kytkinten tulee tukea PoE-ominaisuutta, mutta huomattiin, että jokaisen kytkimen ei tarvitse tukea PoE-ominaisuutta, sillä langattomia tukiasemia ei ole niin paljon. Tällä säästetään rahaa jonkin verran.

Kamit-tietohallinnolla on olemassa sopimus laitteiden jälleenmyyjäyritys Businessforum Oy:n kanssa, joten varsinaiseen kilpailutukseen ei saatu toimeksiantajan lupaa. Tästä johtuen etsittiin eri verkkokauppojen hintoja laitteille, että saatiin tehtyä vertailua eri laitteiden ja hintojen välillä. Laitteiden valintaan vaikuttivat toimeksiantajan vaatimukset ja hinta. Sopimuksessa olevien laitteiden perusteella saatiin tietoa siitä, minkä hintaisia laitteiden tulisi suurin piirtein olla.

Taulukossa 2 vertailtiin eri valmistajien layer 2 -tason kytkimiä, jotka voisivat sopia ammattikoulun lähiverkkoon. Vertailusta pitää ottaa huomioon, että hinnat on otettu verkkokaupoista, joten hinnat ovat vain suuntaa antavia. Cisco-laitteiden hinnat on saatu Businessforum Oy:ltä. Taulukosta nähdään, että suurin ero on kytkinten muisteissa, muuten laitteet ovat aika lailla saman tasoisia. Tästä voidaan päätellä, että Cisco-kytkimet ei ole ollenkaan huono vaihtoehto, sillä ne ovat hieman halvempia.



Taulukko 2. Kytöinten vertailua (Avaya Ethernet Routing Switch 3524GT-PWR+ - switch - 24 ports - managed - desktop, rack-mountable, wall-mountable Specifications n.d.; Cisco Catalyst 2960-X Series Switches Data Sheet 2016; HP E2520-24G-PoE Switch - switch - 24 ports - managed - rack-mountable Series Specifications n.d.; EX3300 Ethernet Switch 2014)

Ominaisuudet	Cisco WS-C2960X-24TS-L	Cisco WS-C2960X-24PS-L	Juniper EX3300-24P	HP E2520-24G-PoE	Avaya 3524GT-PWR+24
Hinta (alv 0%)	1 040 €	1 390 €	1 554 €	797 €	1 362 €
Porttien nopeus	10/100/1000	10/100/1000	10/100/1000	10/100/1000	10/100/1000
QoS-tuki	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Multicast-tuki	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	-
RJ45-porttien määrä	24	24	24	24	24
SFP-porttien määrä	4	4	4	4	4
Täysin kaksi- puolinen	Kyllä	Kyllä	-	Kyllä	Ei
Spanning tree protokolla	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
VLAN-tuki	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
IGMP snooping	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
10G-tuki	Kyllä	Kyllä	Kyllä	-	-
Linkkien yhdistäminen	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	-
Kytöentäkapasiteetti	216 Gbit/s	216 Gbit/s	128 Gbit/s	48 Gbit/s	52 Gbit/s
Uudelleenlähetysnopeus	71.4 Mpps	71.4 Mpps	95 Mpps	35.7 Mpps	38.7 Mpps
SSH/SSL-tuki	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Pääsynhallinta	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	-
Pinottava	Kyllä	Kyllä	-	-	Kyllä
Suorittimen taajuus	600 MHz	600 MHz	1000 MHz	266 MHz	400 MHz

<b>Sisäinen muisti</b>	512 MB	512 MB	2014 MB	128 MB	128 MB
<b>Muistityyppi</b>	DRAM	DRAM	DRAM	DDR2 SDRAM	DRAM
<b>Flash-muisti</b>	128 MB	128 MB	1024 MB	32 MB	32 MB
<b>Virrankulutus</b>	36,9 W	49 W	65 W	21,8 W	500 W
<b>PoE-tuki</b>	-	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
<b>Porttien peilaus</b>	-	-	Kyllä	Kyllä	-
<b>Hallittavuus</b>	SNMP	SNMP	HTTP, SNMP	HTTP, SNMP	HTTP, SNMP

Kytkimiksi valittiin kahta eri Ciscon mallia: WS-C2960X-24TS-L ja WS-C2960X-24PS-L. Mallit ovat lähestulkoon samanlaisia, jälkimmäisessä mallissa on myös PoE-tuki. Kun kytkimet oli valittu, verrattiin niiden hintoja eri verkkokaupoissa. Taulukossa 3 nähdään eri kauppojen hinnat. Taulukossa olevat hinnat ovat verottomia, joten se tulee ottaa huomioon. Businessforum Oy:n laitteissa ei ole toimituskuluja, joten sen takia hinta voi olla hieman korkeampi, mutta silti laitteita olisi tarjolla halvemmalla, mitä nykyisessä sopimuksessa on. Cisco WS-C2960X-24TS-L -kytkimiä tarvittiin 11 kappaletta ja Cisco WS-C2960X-24PS-L -kytkimiä viisi. Businessforumilta hinta tulee olemaan Cisco WS-C2960X-24TS-L -kytkimille 11440 euroa ja halvimmassa paikassa eli Router-switch.comissa 9669 euroa, mutta tähän tulisi 577 euron toimituskulut, joten summa olisi yhteensä 10246 euroa. Hankintojen hintaa saataisiin siis hieman halvemmaksi, jos haluttaisiin.

Taulukko 3. Cisco-kytkinten hintavertailu (Cisco Catalyst 2960X-24PS-L -24-porttinen kytkin N.d.; Cisco Catalyst 2960X-24TS-LL -24-porttinen kytkin N.d.; Cisco Catalyst WS-C2960X-24PS-L 24 ports switch N.d.; Cisco Catalyst WS-C2960X-24TS-L 24 ports switch N.d.; Pääkkönen, A 2016; WS-C2960X-24TS-L N.d.; WS-C2960X-24PS-L N.d.; WS-C2960X-24TS-L Catalyst 2960-X 24 GigE, 4 x 1G SFP, LAN Base N.d.; WS-C2960X-24PS-L Catalyst 2960-X 24 GigE PoE 370W, 4 x 1G SFP, LAN Base N.d.)

Malli	Myyjä	Hinta (alv 0 %)
Cisco WS-C2960X-24PS-L	Businessforum Oy	1 390 €
	Digital Devices	1 300 €
	Micro nordic	1 226 €
	Senetic	1 293 €
	Router-switch.com	<b>1 145 €</b>
	Verkkokauppa	1 925 €
Cisco WS-C2960X-24TS-L	Businessforum Oy	1 040 €
	Senetic	969 €
	Digital Devices	979 €
	Router-switch.com	<b>879 €</b>
	Verkkokauppa	1 365 €

Yhteensä kytkimiä tarvittiin 16: viisi PoE-kytkintä, 11 normaalikytkintä. Cisco WS-C2960X-24TS-L – kytkimien hinnaksi arvonlisäveron kanssa teki 14185 euroa. Cisco WS-C2960X-24PS-L – kytkimien hinnaksi tuli 8618 euroa. Jokaiseen kytkimeen tarvittiin myös SFP-moduuli, joka maksaa 59 euroa. Nämä moduulit tekivät siis 944 euroa. Jokaiseen kytkimeen tarvittiin myös kytkentäkuitu, joka maksoi 13,90 euroa, yhteensä 222,4 euroa. Lopullinen summa näille ilman kaapelointia oli 23769,4 euroa.(Pääkkönen, A 2016)

### 3.2 Langattomat tukiasemat

Langatonta verkkoa tullaan parantamaan huomattavasti, jotta kaikki koulun tilat saadaan WLAN-verkon peittoalueelle. Myös WLAN-verkon suorituskykyä tullaan parantamaan, joten tarvitaan hieman paremmat tukiasemat. Tukiasemien tulee olla tarpeeksi tehokkaita, että ne kattavat kaikki tarvittavat tilat ja että kapasiteettia riittää kaikkiin laitteisiin, jotka yrittävät yhdistää langattomaan verkkoon. Kajaanin toimipis-

teessä langattomat tukiasemat ovat suurimmaksi osaksi Aruban valmistamia. Tukiasemien tulee tukea molempia taajuuksia: 2,4 GHz ja 5 GHz. Tukiasemia tullaan hallitsemaan Aruba Clearpass Policy Manager ja Airwave Network Management -tuotteiden avulla. Taulukossa 4 vertaillaan eri valmistajien langattomia tukiasemia. Taulukon 4 langattomissa tukiasemissa suurin ero on hinnassa, mutta hinnat voivat vaihdella, sillä hinnat on otettu verkkokaupoista. Mutta taulukosta 4 voidaan todeta, että langaton verkko voitaisiin toteuttaa halvemmalla, jos sen ei tarvitsisi olla yhteensopiva Kajaanin toimipisteen kanssa.

Taulukko 4. Langattomien tukiasemien vertailu (ARUBA 200 SERIES ACCESS POINTS 2016; ARUBA 210 SERIES ACCESS POINTS 2016; ARUBA 220 SERIES ACCESS POINTS 2014; Linksys Business Wireless-AC Dual-Band Access Points 2015; MR32 n.d.; NETGEAR ProSafe Business 3 x 3 Dual Band Wireless-AC Access Point WAC730 – n.d.)

Ominaisuudet	Aruba AP-205	Aruba AP-215	Aruba AP-225	Cisco Meraki MR32	Linksys LAPAC1750	Netgear WAC730
Hinta	375 €	540 €	700 €	480 €	280 €	427 €
Teoreettinen datansiirtonopeus	867 Mbps	1.3 Gbps	1.3 Gbps	1.2 Gbps	1.3 Gbps	1.3 Gbps
Taajuus	2,4 GHz ja 5 GHz	2,4 GHz ja 5 GHz	2,4 GHz ja 5 GHz	2,4 GHz ja 5 GHz	2,4 GHz ja 5 GHz	2,4 GHz ja 5 GHz
Radioiden määrä	2	2	2	3	2	2
Wi-Fi standardit	802.11 a/b/g/n/ac	802.11 a/b/g/n/ac	802.11 a/b/g/n/ac	802.11 a/b/g/n/ac	802.11 a/b/g/n/ac	802.11 a/b/g/n/ac
MIMO-tyyppi	2x2:2	3x3:3	3x3:3	3x3:3	3x3:3	3x3:3
Antennien määrä	4	6	6	6	6	6
Verkkorajapinnat	1x GigabitEthernet	1x GigabitEthernet	2x GigabitEthernet	1x GigabitEthernet	1x GigabitEthernet	1x GigabitEthernet
Hallittava	HTTP	HTTP	HTTP	HTTP	HTTP, SNMP	HTTP, SNMP

Tukiasemiksi valittiin Aruban kahta eri mallia: AP-215 ja AP-225. Malleissa suurin ero on suorituskyvyssä, ja tukiasemia sijoitetaan suorituskyvyn mukaan eri tiloihin. Tukiasemiksi valittiin näin järeät mallit, koska jatkossa tarvitaan parempi kapasiteetti langattomalle verkolle, sillä kannettavien tietokoneiden käyttö kasvaa ja nykyään lähes kaikilla löytyy älypuhelin, joten tukiasemiin liittyy paljon asiakkaita. Kajaanissa uudistettiin WLAN-verkko hiljattain ja siellä tukiasemina käytetään Aruban laitteita, koska minkään muun valmistajan laitteista ei tullut tarjousta. Tämä johtui siitä, että tarjouspyynnössä olleet kriteerit olivat niin tiukat, että tarjous tuli vain yhdeltä taholta. Palomuuuri uudistettiin myös ja konfiguroitiin yhteensopivaksi Aruban laitteiden kanssa, jotta hallittavuus paranisi. Kuusamon toimipisteeseen ei hankittu erikseen langattoman verkon kontrollereita, vaan ne sijaitsevat Kajaanissa. Aruban laitteilla saa myös tehtyä IAP-klusterin tukiasemista, joiden avulla langaton verkko toimii myös ilman kontrollereita. Tämän takia myös Kuusamoon valittiin Aruban tukiasemat, jotta ei tule erillisiä ongelmia palomuurin tai kontrollereiden kanssa. Taulukossa 5 on vertailtu näiden tukiasemien hintoja eri verkkokaupoissa. Hinnoissa täytyy huomioida se, että verkkokauppojen tukiasemien mukana tulee asennussarja mukana. Jälleenyrittäjien hinnoissa ei ole sisältynyt asennussarjaa mukaan, joka heillä maksaa 40 € jokaista tukiasemaa kohden. Mutta vaikka nykyisen sopimuksen hintoihin lisätään asennussarjojen hinnat, ne tulevat silti halvemmaksi.

Taulukko 5. Aruban tukiasemien hintavertailu (ARUBA AP-205 Wireless Access Point 802.11n/ ac 2x2:2 dual radio integrated antennas FIPS/TAA compliant (AP-205-F1) N.d.; ARUBA AP-205 Wireless AP 802.11n/ac n.d.; ARUBA AP-205 Wireless AP 802.11n/ac n.d.; ARUBA AP-215 Wireless Access Point 802.11n/ ac 3x3:3 dual radio integrated antennas FIPS/TAA compliant (AP-215-F1) N.d.; ARUBA AP-215 Wireless AP 802.11n/ac n.d.; ARUBA AP-215 Wireless AP 802.11n/ac N.d.; ARUBA AP-225 Wireless Access Point 802.11ac 3x3:3 dual radio integrated antennas (AP-225) n.d.; ARUBA AP-225 Wireless AP 802.11ac n.d.; ARUBA AP-225 Wireless AP 802.11ac n.d.)

Malli	Myyjä	Hinta (alv 0%)
Aruba AP-205	Cygate	<b>375 €</b>
	Beesting	560 €
	Data-systems	565 €
	Systemastore	579 €
Aruba AP-215	Cygate	<b>540 €</b>
	Beesting	793 €
	Data-systems	798 €
	Systemastore	817 €
Aruba AP-225	Cygate	<b>700 €</b>
	Beesting	858 €
	Data-systems	1 481 €
	Systemastore	1 508 €

## 4 Suunnitteluvaihe

### 4.1 Kytkinverkko

Kytkimet tulevat toimimaan layer 2 -tasolla ja layer 3 -tason kytkin sijaitsee Soneran laitetilassa, jonka kautta liikenne kulkee Kuusamon ja Kajaanin välillä. L3 -kytkin on KamIT:n hallinnassa. Palveluntarjoajana Kuusamon ja Kajaanin välillä toimii Kaisanet. Verkko toteutetaan tähtitopologiana, jossa Oppi1-rakennus toimii keskipisteenä.

Kuusamon toimipaikassa on tulossa muutoksia tilojen suhteen, jossa luovutaan melkein kokonaan Oppi3-rakennuksesta, ainut mikä jää, on parturikampaajien puoli, joka

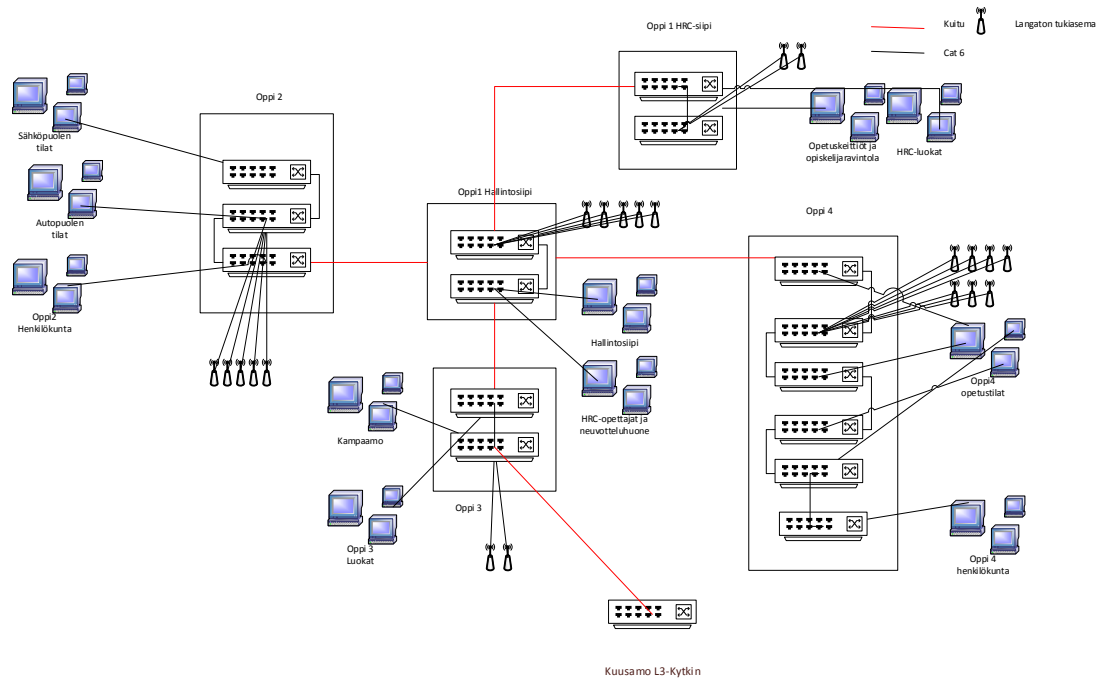
sijaitsee rakennuksen päädyssä. Oppi3-rakennus on kaikista isoin rakennus ja siellä on eniten päätelaitteita, nämä laitteet tulee uudelleen sijoittaa kolmen rakennuksen kesken. Nämä muutokset tulevat muuttamaan kytkinten tarvetta muissa rakennuksissa. Taulukossa 6 on laskettu, miten paljon laitteita on missäkin muutoksen jälkeen. Taulukkoon 6 on myös laskettu kytkinten tarve jokaisessa jakamossa. Jotta kuluissa pystytään säästämään, jokaiseen jakamoon laitetaan vain yksi PoE-kytkin, johon saadaan langattomat tukiasemat mahtumaan hyvin.

Taulukko 6. Päätelaitteiden määrä ja kytkinten tarve

Jakamo	Langattomat tukiasemat	Tulostimet	Työasemien määrä	Kytken tarve
Oppi1 Hallinto	5	3	20pk + 20 kannettavaa	24-porttinen ja 24-porttinen PoE
Oppi1 HRC	2	4	36pk	24-porttinen ja 24-porttinen PoE
Oppi2	5	4	44pk + 60 kannettavaa	2x 24-porttinen + 24 porttinen PoE
Oppi3	2	2	28	24-porttinen ja 24-porttinen PoE
Oppi4	7	5	124pk + 19 kannettavaa	5x 24-porttinen + 24 porttinen PoE
<b>Yhteensä</b>	<b>21</b>	<b>17</b>	<b>252pk + 99 kannettavaa</b>	<b>10x 24-porttinen +5x 24 porttinen PoE</b>

Kuviossa 4 tehtiin looginen kuva tulevien muutoksien perusteella. Kuvioista voidaan todeta, että kytkinten määrä tulee muuttumaan huomattavasti ainakin Oppi2 ja Oppi4-rakennuksissa. Kuviossa olevat laatikot esittävät laitejakamoita, joissa kytki-

met sijaisevat. Jokaisessa jakamossa on PoE-kytkin, joihin liitetään langattomat tukiasemat. L3 -kytkin sijaitsee Soneran laitetilassa, mutta kytkin on omassa hallinnassa. Liikenne kulkeutuu Kajaaniin tämän kytkimen kautta. Kytkimet konfiguroidaan toimimaan ns. pinossa, joka tarkoittaa sitä, että jokaisen laitetilän kytkimiä voidaan konfiguroida yhden kytkimen takaa. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikkien laitteiden portit näkyvät yhden laitteen portteina, esimerkiksi Oppi2-rakennuksen pinotussa kytkimessä on 72 porttia.



Kuvio 3. Suunniteltu looginen topologia

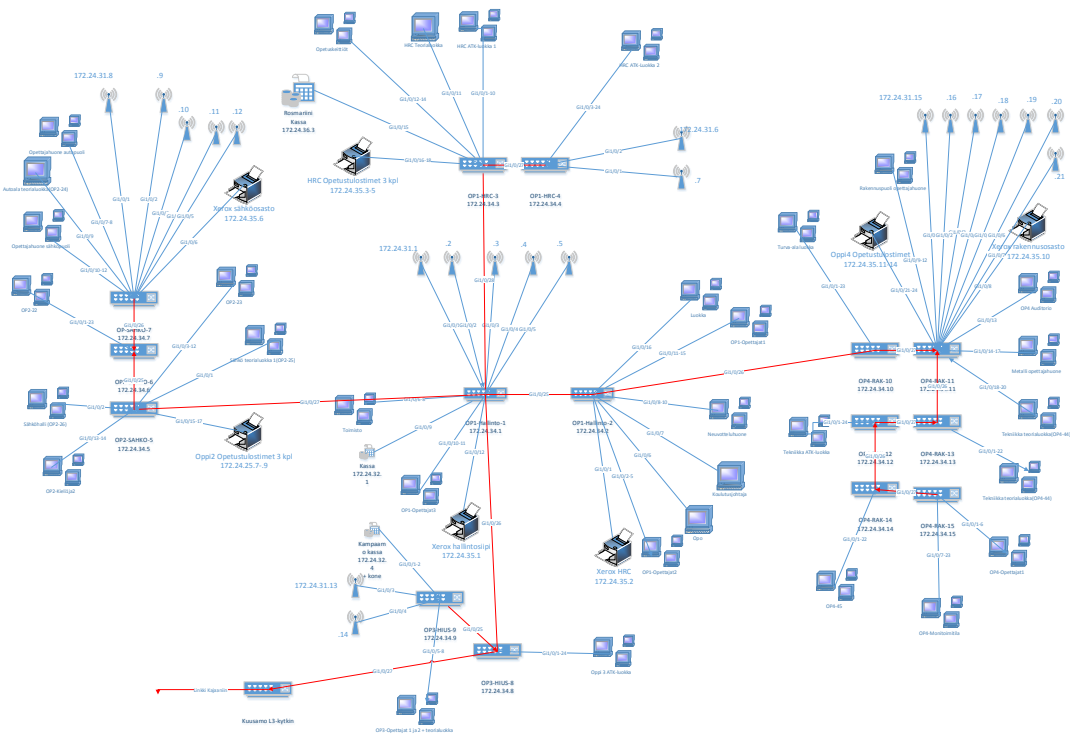
Kytkimien hallintaa varten kytkimille annettiin oma VLAN, josta ne saavat IP-osoitteen. Taulukosta 7 nähdään kaikkien kytkimien hallintaosoitteet. Kytkimet nimitään seuraavalla perusteella: Ensimmäinen kohta tarkoittaa rakennusta, toinen kohta tilaa ja kolmas kohta IP-osoitteen viimeistä osaa. IP-osoitteet ovat kuvitteelliset.



Taulukko 7. Kytkinen hallintaosoitteet

Kytkin	IP-osoite
OP1-HALLINTO-1	172.24.34.1
OP1-HALLINTO-2	172.24.34.2
OP1-HRC-3	172.24.34.3
OP1-HRC-4	172.24.34.4
OP2-SAHKO-5	172.24.34.5
OP2-SAHKO-6	172.24.34.6
OP2-SAHKO-7	172.24.34.7
OP3-HIUS-8	172.24.34.8
OP3-HIUS-9	172.24.34.9
OP4-RAK-10	172.24.34.10
OP4-RAK-11	172.24.34.11
OP4-RAK-12	172.24.34.12
OP4-RAK-13	172.24.34.13
OP4-RAK-14	172.24.34.14
OP4-RAK-15	172.24.34.15

Kun tilaneuvottelut saatiin päätökseen, pystyttiin päättämään kaikille päätelaitteille uusi sijainti ja päättämään kaikkien tilojen uudet käyttötarkoitukset. Esimerkiksi suurin osa henkilöstöstä muuttaa eri tiloihin. Kun nämä päätökset saatiin tehtyä, pystyttiin tekemään lähiverkosta fyysisen topologia suunnitelma. Kuviosta 5 nähdään kyseinen topologia. Suurin osa päätelaitteista saa IP-osoitteen DHCP:ltä, pois lukien tukiasemat, tulostimet ja kassalaitteet. WLAN-tukiasemilla ja tulostimilla on oma VLAN, josta niille määräytyy IP-osoite. Kassalaitteet saavat IP-osoitteet hallinto-VLANista. Jokaisesta laitetilasta löytyy PoE-kytkin, johon on liitetty langattomat tukiasemat.



Kuvio 4. Suunniteltu fyysinen topologia

## 4.2 VLAN-suunnittelu

Koska lähiverkko tulee toimimaan L2-tasolla, liikennettä ohjataan VLANien avulla. VLANeja tulee kuusi: Oletus-VLAN, joka on kytkinten hallinta-VLAN, Hallinto-VLAN henkilöstölle, Opetus-VLAN opetuskäyttöön, WLAN-tukiasemille oma VLAN, tulostin-VLAN ja valvontakameroille valvonta-VLAN. L3 -kytkin asetetaan VTP Masteriksi, eli kun VLANit on asetettu L3 -kytkimelle, niin se mainostaa VLANit muille kytkimille, kun he liittyvät samaan VTP-domainiin clienttinä. Taulukossa 8 nähdään Kuusamon toimipaikan VLANin nimet ja aliverkot.

Taulukko 8. Kuusamon toimipaikan VLANit

VLAN	Nimi	Aliverkko
1	Hallinta	172.24.34.0/24
2	Hallinto	172.24.32.0/24
3	Opetus	172.24.30.0/23
4	WLAN-tukiasemat	172.24.31.0/24
5	Tulostimet	172.24.35.0/24
6	Valvonta	172.24.36.0/24

## 4.3 Langaton verkko

Langaton verkko tulee toimimaan 5 GHz:n taajuudella ja tukiasemia sijoitetaan niin, että kaikki koulun tilat saadaan WLAN-verkon peittoalueelle. Tukiasemille asetetaan kolme eri SSID:tä: Hallintoverkko, opetusverkko ja vierasverkko. Tukiasemia hallitaan Aruban sovelluksilla. Tukiasemat konfiguroidaan valitsemaan kanavat automaattisesti, koska tämä tulee helpottamaan ylläpitoa. Vaikka WLAN-verkon tulee peittää kaikki tilat, joka paikkaan ei tarvita yhtä tehokkaita tukiasemia, esimerkiksi liikuntasaliin, jossa järjestetään tapahtumia, tarvitaan tehokkaampi tukiasema, kuin tukiasema, joka peittää pari luokkatilaa. Täten säästetään rahaa, eikä tuhlaata sitä suorituskykyyn, jolle ei ole käyttöä.

Langatonta verkkoa tullaan parantamaan huomattavasti, joka näkyy tukiasemien määrän kasvussa. Oppi1-rakennuksessa tukiasemien määrä kasvaa kahdesta tukiasemasta seitsemään, Oppi- rakennuksessa yhdestä tukiasemasta viiteen. Oppi3-rakennuksesta luovutaan lähes kokonaan, joten siellä tukiasemien määrä vähenee kuudesta tukiasemasta kahteen. Oppi4-rakennuksessa ei tällä hetkellä ole yhtään tukiasemaa, jatkossa siellä tulee olemaan seitsemän tukiasemaa. Langattomien tukiasemien sijainnit suunniteltiin aiemmin tehtyjen mittausten perusteella. Tukiasemien malli määräytyy käyttäjämäärien mukaan, IAP-225 mallilla voidaan kattaa 80 yhteyttä, IAP-215 mallilla 40 yhteyttä.

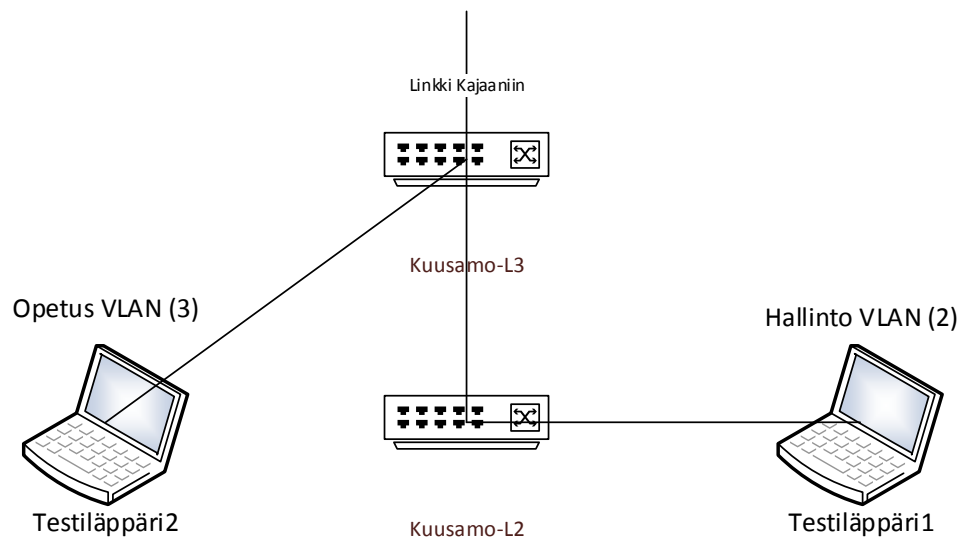
# 5 Uuden ympäristön konfigurointiesimerkki

## 5.1 Kytkinverkko

### 5.1.1 Toteutusesimerkki

Kuusamon toimipaikan verkkolaitteita ei valitettavasti ehditty hankkimaan ajoissa, joten tehtiin esimerkkitoiteutus Kajaanin toimipaikan varalaitteilla. Kajaanissa on käytössä samat kytkimet, kuin Kuusamossa tulee olemaan. Esimerkkitoiteutuksessa käytettiin yhtä L3-kytkintä ja yhtä L2-kytkintä ja kahta kannettavaa tietokonetta. Kuviassa 7 nähdään toteutusesimerkin mukainen topologia. Esimerkissä konfiguroitiin

laitteet niin, että ne vastaavat Kuusamon laitteita tulevaisuudessa. Toteutuksessa tulevat kytkimet konfiguroidaan samaan tapaan, kuin esimerkissä käytetty L2-kytkin. Liitteessä 4 on käytettyjen kytkimien konfiguraatiotiedostot.



Kuvio 5. Totetusesimerkin topologia

### 5.1.2 L3-kytkimen konfiguroiminen

Kun kytkimeen saatiin virta päälle, asetettiin tietokone konsoliporttiin, jotta voitiin konfiguroida kytkintä. Ensimmäiseksi vaihdetaan kytkimelle nimi komennolla:

```
Switch(config)#hostname Kuusamo_L3
```

Tämän jälkeen konfiguroitiin Kuusamon ja Kajaanin välinen linkki. Rajapinnalle Fa0/1 asetettiin seuraavat komennot:

```
Kuusamo_L3 (config)#int fa0/1
Kuusamo_L3 (config-if)#description Linkki Kajaani
Kuusamo_L3 (config-if)#no switchport
Kuusamo_L3 (config-if)#ip address 172.23.20.1 255.255.255.252
```

Rajapinnalle asetettiin kuvaus, no switchport ja ip address -komennoilla saadaan asetettua rajapinnalle IP-osoite. Jotta liikenne saataisiin menemään Kajaaniin, asetettiin staattinen reitti, joka ohjaa kaiken liikenteen osoitteeseen 172.23.20.2, joka on Fa0/1 – linkin Kajaanin pää. Staattinen reitti asetettiin komennolla:

```
Kuusamo_L3 (config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 172.23.20.2
```

Sitten konfiguroitiin käytettävät VLAN:t. VLAN:lle asetettiin nimet, IP-osoite ja kuvaus seuraavilla komennoilla:

```

Kuusamo_L3(config)#vlan 1
Kuusamo_L3(config-vlan)#name Hallinta
Kuusamo_L3(config)#vlan 2
Kuusamo_L3(config-vlan)#name Hallinto
Kuusamo_L3(config)#vlan 3
Kuusamo_L3(config-vlan)#name Opetus
Kuusamo_L3(config)#vlan 4
Kuusamo_L3(config-vlan)#name WLAN_tukiasemat
Kuusamo_L3(config)#vlan 5
Kuusamo_L3(config-vlan)#name Tulostimet
Kuusamo_L3(config)#vlan 6
Kuusamo_L3(config-vlan)#name Valvonta

Kuusamo_L3(config)#int vlan 1
Kuusamo_L3(config-if)#Description Hallinta
Kuusamo_L3(config-if)#ip address 172.24.34.1 255.255.255.0
Kuusamo_L3(config-if)#no shutdown
Kuusamo_L3(config)#int vlan 2
Kuusamo_L3(config-if)#Description Hallinto
Kuusamo_L3(config-if)#ip address 172.24.23.1 255.255.255.0
Kuusamo_L3(config-if)#no shutdown
Kuusamo_L3(config)#int vlan 3
Kuusamo_L3(config-if)#Description Opetus
Kuusamo_L3(config-if)#ip address 172.24.30.1 255.255.255.0
Kuusamo_L3(config-if)#no shutdown
Kuusamo_L3(config)#int vlan 4
Kuusamo_L3(config-if)#Description WLAN_tukiasemat
Kuusamo_L3(config-if)#ip address 172.24.31.1 255.255.255.0
Kuusamo_L3(config-if)#no shutdown
Kuusamo_L3(config)#int vlan 5
Kuusamo_L3(config-if)#Description Tulostimet
Kuusamo_L3(config-if)#ip address 172.24.35.1 255.255.255.0
Kuusamo_L3 (config-if)#no shutdown
Kuusamo_L3 (config)#int vlan 6
Kuusamo_L3 (config-if)#Description Valvonta
Kuusamo_L3 (config-if)#ip address 172.24.36.1 255.255.255.0
Kuusamo_L3 (config-if)#no shutdown

```

Tämän jälkeen VLAN:lle annetaan komento:

```

Kuusamo_L3 (config)#interface range vlan2-6
Kuusamo_L3 (config-if)#ip helper-address 213.143.185.134

```

Tämän komennon avulla saadaan DHCP-pyyntöt uudelleenohjattua DHCP-palvelimelle. Tämä komento on tarpeellinen, sillä päätelaitteet eivät tiedä, mistä verkosta DHCP-palvelin sijaitsee.

Kun VLAN:t oltiin konfiguroitu, konfiguroitiin kytkimelle VTP-asetukset. VTP:n avulla VLAN:ja ei tarvitse konfiguroida jokaiselle kytkimelle erikseen, vaan kaikki kytkimet liitetään samaan VTP-toimialueeseen. VTP-toimialueessa on yksi isäntäkytkin, tässä tapauksessa L3-kytkin, josta VLAN-asetukset peilaantuvat muille kytkimille. VTP-asetukset konfiguroitiin seuraavilla komennoilla:

```
Kuusamo_L3(config)#vtp mode server
Kuusamo_L3(config)#vtp domain Kuusamo
Kuusamo_L3(config)#vtp password <poistettu>
```

Sitten konfiguroitiin kelloasetuksia konfiguroimalla NTP-palvelin ja aikavyöhyke:

```
Kuusamo_L3 (config)#ntp server 212.116.32.132
Kuusamo_L3 (config)#clock timezone eet 2
```

Seuraavaksi konfiguroitiin kytkimen etäkäyttöön liittyviä pääsynhallinta-asetuksia. Näihin ns. loogisiin yhdyspisteisiin otetaan yhteys telnet:llä tai SSH:lla. Ensin luotiin pääsyylista, joilla sallitaan etäyhteys IT-tuen työasemasta ja KamIT:n palvelimilta:

```
Kuusamo_L3 (config)# access-list 20 in permit 172.24.32.30
Kuusamo_L3 (config)# access-list 20 permit 172.24.48.0 0.0.0.31
Kuusamo_L3 (config)# access-list 20 permit 213.143.194.0 0.0.0.31
Kuusamo_L3 (config)# access-list 20 permit 172.24.34.0 0.0.0.255
```

Tämän jälkeen listat sidottiin kiinni näihin loogisiin yhdyspisteisiin, samalla otettiin salasana käyttöön etäyhteyksille:

```
Kuusamo_L3 (config)#line vty 0 4
Kuusamo_L3 (config-line)#access-class 20 in
Kuusamo_L3(config-line)#password <poistettu>
Kuusamo_L3(config-line)#login
Kuusamo_L3 (config)#line vty 5 15
Kuusamo_L3(config-line)#password <poistettu>
Kuusamo_L3(config-line)#login
Kuusamo_L3 (config-line)#access-class 20 in
```

Seuraavaksi tehtiin pääsyylistat, joilla rajataan liikennettä päätelaitteen ja ulkoverkon välillä. Jokaiselle VLAN:lle tehtiin oma pääsyylista. Liitteessä 2 pääsyylistoja käytiin tarkemmin läpi. Kytkimille ei tarvitse konfiguroida kuin ulospäin menevä liikenne, sillä sisään tuleva liikenne suodattuu Kajaanin kytkimen päässä. Listoissa käytetyt 213.143. – alkuiset verkot ovat KamIT:n palvelimia. 172.24.45.0 –verkko on KamIT:n HelpDesk:n työasemia. Pääsyylistat luodaan seuraavan laisilla komennoilla:

```
Kuusamo_L3 (config)#ip access-list extended Hallinto-o
```

```

Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit ip 213.143.198.64 0.0.0.63 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)# permit ip 213.143.198.128 0.0.0.63 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)# permit ip 213.143.198.192 0.0.0.63 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)# permit ip 213.143.196.32 0.0.0.31 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)# permit ip 213.143.196.192 0.0.0.15 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)# permit ip 213.143.196.240 0.0.0.15 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit ip 213.143.194.0 0.0.0.31 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit ip 172.24.48.0 0.0.0.31 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit ip 172.24.45.0 0.0.0.255 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit icmp any any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#tcp any any established
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#deny ip any any log

```

```

Kuusamo_L3 (config)#ip access-list extended Opetus-o
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit ip 213.143.198.64 0.0.0.63 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit ip 213.143.198.128 0.0.0.63 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit ip 213.143.198.192 0.0.0.63 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit ip 213.143.196.32 0.0.0.31 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit ip 213.143.196.192 0.0.0.15 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit ip 213.143.196.240 0.0.0.15 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit ip 213.143.194.0 0.0.0.31 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit ip 172.24.48.0 0.0.0.31 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit ip host 172.24.32.30 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit ip 172.24.45.0 0.0.0.255 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit icmp any any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit tcp any any established
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#deny ip any any log

```

```

Kuusamo_L3 (config)#ip access-list extended WLAN_tukiasemat-o
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)# permit ip 213.143.194.0 0.0.0.31 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)# permit ip 172.24.48.0 0.0.0.31 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)# permit ip host 172.24.32.30 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)# permit ip host 172.24.9.2 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)# deny ip any any log

```

```

Kuusamo_L3 (config)#ip access-list extended Tulostimet
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit icmp any any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit tcp any any established
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#deny ip any any log

```

```

Kuusamo_L3 (config)#ip access-list extended WLAN_tukiasemat-o
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit ip 213.143.194.0 0.0.0.31 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit ip 172.24.48.0 0.0.0.31 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit ip host 172.24.32.30 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit ip host 172.24.9.2 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#deny ip any any log

```

Tämän jälkeen pääsyylistat sidotaan VLAN:hin komennolla, kaikki listat sidotaan samalla tavalla, vain nimi ja VLAN ID vaihtuu:

```

Kuusamo_L3 (config)#int vlan 2

```

```
Kuusamo_L3 (config-if)#ip access-group Hallinto-o out
```

Kun nämä asiat ovat kunnossa, konfiguroitiin linkki L2-kytkimeen. Rajapinnalle asetettiin kuvaus ja laitettiin trunk –tilaan. Trunk –tilan avulla rajapinnan yli saadaan kuljetettua useita VLAN:ja. Fa0/2 Rajapinta konfiguroitiin seuraavilla komennoilla:

```
Kuusamo_L3(config)#interface fa0/2
Kuusamo_L3(config-if)#description Linkki L2-kytkimeen
Kuusamo_L3(config-if)#switchport encapsulation dot1q
Kuusamo_L3(config-if)#switchport mode trunk
```

Viimeisenä kytkimelle asetetaan salasana. Käyttämällä secret -komentoa password -komennon sijaan, salasanaa ei näe selkokielellä konfiguraatitiedostossa. Salasana asetetaan seuraavalla komennolla:

```
Kuusamo_L3(config)#enable secret <poistettu>
```

### 5.1.3 L2-kytkin

Sitten konfiguroitiin L2-tason kytkin, joita kaikki Kuusamon toimipaikan kytkimet tulevat olemaan. Ensimmäisenä vaihdettiin kytkimelle nimi ja asetettiin hallinta-VLAN:

```
Switch(config)#hostname Kuusamo_L2
Kuusamo_L2(config)#interface vlan1
Kuusamo_L2(config-if)#description Hallinta
Kuusamo_L2(config-if)#ip address 172.24.34.2 255.255.255.0
Kuusamo_L2(config-if)#no shutdown
```

Tämän jälkeen konfiguroitiin linkki Kajaaniin, linkki asetettiin rajapinnalle Gi1/0/1:

```
Kuusamo_L2(config)#interface gigabitEthernet 1/0/1
Kuusamo_L2(config-if)#description Linkki L3-kytkimeen
Kuusamo_L2(config-if)#switchport mode trunk
```

Sitten konfiguroitiin L3-kytkimen VLAN 1 -rajapinta oletusyhdykskäytäväksi:

```
Kuusamo_L2(config)#ip default-gateway 172.24.34.1
```

Seuraavaksi konfiguroitiin kytkimen VTP-asetuksia, asettamalla kytkin VTP Client –tilaan ja laittamalla oikean salasanan kyseiseen VTP-toimialueeseen:

```
Kuusamo_L2(config)# vtp mode client
Kuusamo_L2(config)#vtp password <poistettu>
```

Tämän jälkeen VLAN:t näkyvät myös L2-kytkimellä, joka voidaan todeta kuvioista 8.



```
Kuusamo_L2#show vlan
```

VLAN	Name	Status	Ports
1	default	active	Gi1/0/2, Gi1/0/3, Gi1/0/4 Gi1/0/5, Gi1/0/6, Gi1/0/7 Gi1/0/8, Gi1/0/9, Gi1/0/10 Gi1/0/11, Gi1/0/12, Gi1/0/13 Gi1/0/14, Gi1/0/15, Gi1/0/16 Gi1/0/17, Gi1/0/18, Gi1/0/19 Gi1/0/20, Gi1/0/21, Gi1/0/22 Gi1/0/23, Gi1/0/24, Gi1/0/25 Gi1/0/26, Gi1/0/27, Gi1/0/28
2	Hallinto	active	
3	Opetus	active	
4	WLAN_tukiasemat	active	
5	Tulostimet	active	
6	valvonta	active	
1002	fddi-default	act/unsup	
1003	token-ring-default	act/unsup	
1004	fddinet-default	act/unsup	
1005	trnet-default	act/unsup	

Kuvio 6. L2-kytkimen VLANit

Sitten luotiin pääsystä etäyhteyksille ja konfiguroitiin loogiset yhdyspisteet samaan tyyliin kuin L3-kytkimellä:

```
Kuusamo_L2(config)#access-list 20 permit 172.24.32.30
Kuusamo_L2(config)#access-list 20 permit 213.143.194.0 0.0.0.31
Kuusamo_L2(config)#access-list 20 permit 172.24.48.0 0.0.0.31
Kuusamo_L2 (config)#line vty 0 4
Kuusamo_L2 (config-line)#access-class 20 in
Kuusamo_L2(config-line)#password <poistettu>
Kuusamo_L2(config-line)#login
Kuusamo_L2 (config)#line vty 5 15
Kuusamo_L2(config-line)#password <poistettu>
Kuusamo_L2(config-line)#login
Kuusamo_L2 (config-line)#access-class 20 in
```

Tämän jälkeen voidaan asettaa kytkimen rajapinnoille haluttuja VLAN:ja. Seuraavilla komennoilla asetettiin Hallinto-VLAN rajapinnalle Gi1/0/2:

```
Kuusamo_L2(config)#interface gigabitEthernet 1/0/2
Kuusamo_L2(config-if)#switchport access vlan 2
```

Lopuksi asetetaan vielä salasana kytkimelle, ja muuta ei tarvitse konfiguroida:

```
Kuusamo_L2(config)#enable secret <poistettu>
```

Kaikki Kuusamon kytkimet konfiguroidaan tähän tapaan, rajapinnoille asetetaan ne VLAN:t, mihin porttiin kytketyt päätelaitteet kuuluu.

#### 5.1.4 Ympäristön testaus

Kun kytkimet oltiin konfiguroitu, kytkettiin kaksi kannettavaa kiinni. Kannettaville laitetiin kiinteät IP-osoitteet, toiselle hallinto-vlan:sta(172.24.32.30), toiselle opetus-

vlan:sta(172.23.30.100). Ensimmäiseksi kokeiltiin toimiiko telnet-yhteys kytkimeen, joka nähdään kuviosta 9. Kuten kuvasta näkyy, kytkin on salasana suojattu jo yhteydenottovaiheessa.

```

Laitteen tila . . . . . : Ei kytketty
Yhteyskohtainen DNS-liite . . . . . :

thernet-sovitin Lähiverkkoyhteys:

Yhteyskohtainen DNS-liite . . . . . :
IPv4-osoite . . . . . : 172.23.32.30
Äliverkon peite . . . . . : 255.255.255.0
Oletusyhdyiskäytävä . . . . . : 172.23.32.1

:\WINDOWS\system32>ping 172.23.32.1
ping-ikäntä: 172.23.32.1 32 tavua tietoja:
astaus isännältä 172.23.32.1: tavuja=32 aika<1ms TTL=255
astaus isännältä 172.23.32.1: tavuja=32 aika<1ms TTL=255
astaus isännältä 172.23.32.1: tavuja=32 aika<1ms TTL=255
astaus isännältä 172.23.32.1: tavuja=32 aika<1ms TTL=255

ping-tilastot 172.23.32.1:
Paketit: Lähetetty = 4, Vastaanotettu = 4, Kadonnut = 0
(0% hävikki),
Arvioitu kiertoaika millisekunteina:
Pienin = 0 ms, Suurin = 0 ms, Keskiarvo = 0 ms

:\WINDOWS\system32>

```

Kuvio 7. Telnet-yhteyden testaus

Tämän jälkeen testattiin toimiiko yhteys kannettavien välillä. Kuviosta 10 nähdään myös tracert –komennon tulos, joka näyttää, mitä reittiä pitkin paketit kulkevat. Ensin se menee oletusyhdyiskäytään ja sen jälkeen toiseen kannettavaan.

```

C:\WINDOWS\system32>ping 172.23.30.100

Ping-ikäntä: 172.23.30.100 32 tavua tietoja:
Vastaus isännältä 172.23.30.100: tavuja=32 aika=1 ms TTL=127
Vastaus isännältä 172.23.30.100: tavuja=32 aika<1ms TTL=127
Vastaus isännältä 172.23.30.100: tavuja=32 aika<1ms TTL=127
Vastaus isännältä 172.23.30.100: tavuja=32 aika<1ms TTL=127

Ping-tilastot 172.23.30.100:
Paketit: Lähetetty = 4, Vastaanotettu = 4, Kadonnut = 0
(0% hävikki),
Arvioitu kiertoaika millisekunteina:
Pienin = 0 ms, Suurin = 1 ms, Keskiarvo = 0 ms

C:\WINDOWS\system32>tracert 172.23.30.100

Seurataan reitti isäntään 172.23.30.100 enintään 30 siirräntävälillä

 1  <1 ms  <1 ms  <1 ms  172.23.32.1
 2   1 ms  <1 ms  <1 ms  172.23.30.100

Seuranta suoritettu.

C:\WINDOWS\system32>

```

Kuvio 8. Ping- ja tracert–testaus kannettavien välillä

## 5.2 Langaton verkko

Koska ympäristöä ei ole voitu vielä pystyttää, tehtiin langattomien verkon pystyttämistä esimerkki kytkemällä tukiasemat olemassa olevaan verkkoon. Tämä ei vaikuta esimerkkiin mitenkään, sillä tukiasemat toimisivat samalla lailla joka tapauksessa.

Tämmöisen IAP klusterin pystyttäminen on todella yksinkertaista Aruba:n hallintapaneelin avulla. Tälle klusterille asetetaan virtuaalikontrolleri, jonka avulla pystytään hallitsemaan kaikkia tukiasemia samalla IP-osoitteella. Tukiasemat toimivat master – slave periaatteella, eli yksi tukiasema toimii ns. päälaitteena, masterina, josta asetukset peilaantuvat muille tukiasemille. Jos master-tukiasema kaatuu ja ei toimi jostain muusta syystä, slave-tukiasema havaitsee tämän ja muuttaa itsensä master-tukiasemaksi. Ja koska kaikkia tukiasemia voidaan hallita samalla IP-osoitteella, master-tukiaseman IP-osoitetta ei tarvitse lähteä erikseen selvittämään, jotta sitä voitaisiin hallita.

Kun tukiasema liitetään verkkoon, tukiasemaan otetaan yhteys konsoliportin avulla, jotta saadaan kytkimen IP-osoite selville. Sitten tukiasemalle tarvii antaa vain yksi komento, jolla aukaistaan tarvittava VLAN, tämä tapahtuu komennolla `uplink-vlan X`. Kun tukiaseman IP-osoite on selvillä, voidaan tukiasemaan ottaa yhteys selaimella. Tämän jälkeen tukiaseman asennus voidaan aloittaa. Kuvioista 11 näkyy, mitä pitää tehdä kun tukiaseman hallintapaneeliin mennään ensimmäisen kerran. Ensimmäiseksi valitaan oikea maatunnus, joka on tässä tapauksessa Suomi.



Kuvio 9. Maatunnuksen valinta

Seuraavaksi mennään System – asetuksiin. Kuvioista 12 nähdään System –asetuksen General – välilehti. Nimi määritellään sijainnin mukaan, eli Kuusamon toimipaikassa nimeksi tulisi IAP Kuusamo. Sitten asetetaan virtual controller IP, jonka avulla tätä kyseistä klusteria voidaan hallita, eikä tarvitse tietää jokaisen tukiaseman IP-osoitetta erikseen. Virtuaalikontrollerin IP laitetaan samasta VLAN:sta kuin tukiasemat on. Näin ei tarvita virtuaalikontrollerin oletusyhdyskäytävä ja VLAN-asetuksia säätää. Aikavyöhykkeeksi valitaan Helsinki ja NTP-palvelin asetetaan, jos se on tiedossa. Muut asetukset menevät oletuksella.

The screenshot shows the 'System' configuration window with the following settings:

Field	Value
Name:	IAP Vuolijoki
System location:	Vuolijoki
Virtual Controller IP:	172.31.12.254
Dynamic RADIUS proxy:	Disabled
MAS integration:	Disabled
NTP server:	
Timezone:	Helsinki UTC+02
Daylight Saving Time:	<input checked="" type="checkbox"/>
Preferred band:	All
AppRF visibility:	Disabled
Virtual Controller Netmask:	255.255.255.255
Virtual Controller Gateway:	
Virtual Controller VLAN:	
Auto join mode:	Enabled
Terminal access:	Enabled
Console access:	Enabled
Telnet server:	Disabled
LED display:	Enabled
Extended SSID:	Enabled

Kuvio 10. System-asetukset

Sitten muokataan Masteriksi tulevan tukiaseman asetuksia. Kuvio 13 nähdään asetukset, joita tulee muuttaa. Annetaan nimeksi AP + juokseva numerointi. Tukiasemista pidetään listaa KamIT:n sivustolla. Sitten valitaan preferred master: Enabled – tilaan ja painetaan ok. DHCP:n voi ottaa pois päältä, jos tukiasemalle haluaa asettaa staattisen IP-osoitteen.

The screenshot shows the 'Edit Access Point AP001' configuration window with the following settings:

Field	Value
Name:	AP001
Zone:	
Preferred master:	Enabled
IP address for Access Point:	<input checked="" type="radio"/> Get IP address from DHCP server <input type="radio"/> Specify statically

Kuvio 11. Tukiaseman asetuksia

Kuviossa 14 muokattiin radion taajuuksia, jossa asetettiin band steering mode: Prefer 5 GHz. Tämä ohjaa clientit automaattisesti käyttämään 5 GHz:n taajuutta, jos client tukee tätä taajuutta. Loput asetukset menevät oletuksella.

The screenshot shows the 'RF' configuration window with the 'Radio' tab selected. The window is divided into two main sections: 'Client Control' and 'Access Point Control'.

**Client Control:**

- Band steering mode: Prefer 5Ghz
- Airtime fairness mode: Fair Access
- Client match: Disabled
- CM calculating interval: 30 seconds
- CM neighbor matching %: 75 %
- CM threshold: 2
- SLB mode: Channel

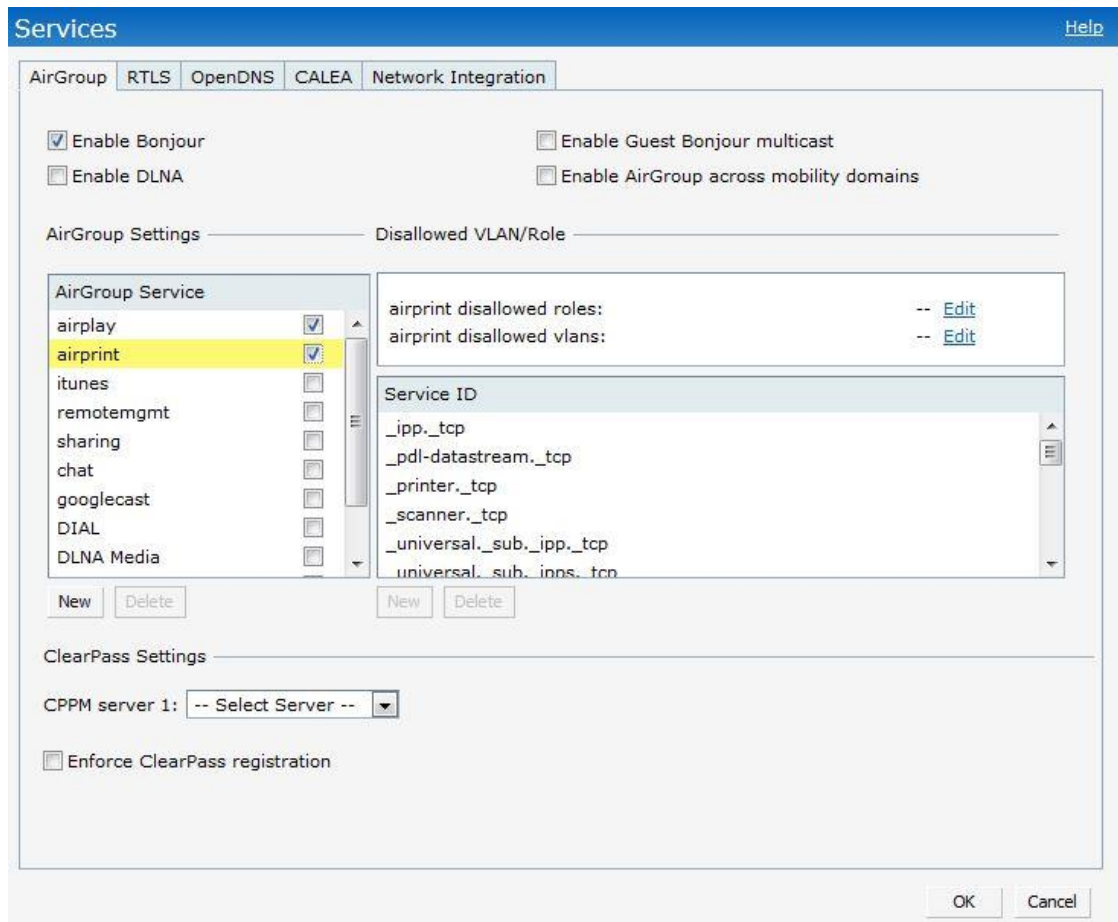
**Access Point Control:**

- Customize valid channels:
- Min transmit power: 18
- Max transmit power: Max
- Client aware: Enabled
- Scanning: Enabled
- Wide channel bands: 5 GHz
- 80MHz support: Enabled

At the bottom of the window, there is a link for 'Hide advanced options' and 'OK' and 'Cancel' buttons.

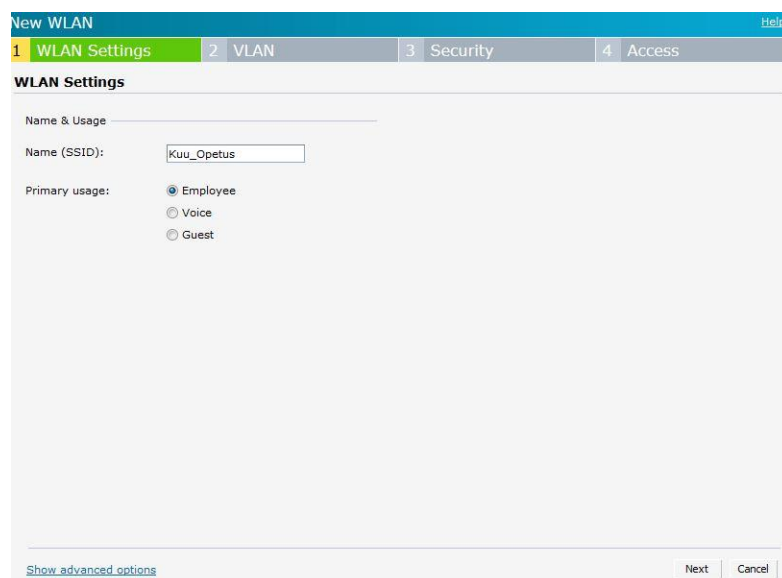
Kuvio 12. Tukiaseman radion taajuuksien asetukset

Tämän jälkeen määriteltiin palvelujen asetuksia, jotka nähdään kuviossa 15. Enable bonjour –kohta, tätä palvelua käyttävät Apple:n laitteet. AirGroup –palveluista laitettiin kohdat Airplay ja Airprint päälle, nämä ovat tulostus ja striimauspalveluita.



Kuvio 13. Tukiaseman palveluiden asetuksia

Näiden jälkeen luotiin uusi WLAN, joka tapahtuu WLAN wizardilla. Kuviossa 16 asetettiin WLAN:lle nimi (SSID) ja käyttötarkoitus Employee kohtaan. Tässä esimerkissä luodaan WLAN opetusverkolle.



Kuvio 14. Uuden WLANin luonti

Kuviossa 17 muutetaan VLAN-asetuksia. Client IP Assignment –kohtaan valitaan Network assigned ja Client VLAN Assignment pidetään Defaultissa. Näillä asetuksilla verkon DHCP-palvelin jakaa IP-osoitteet kyseisestä VLAN:sta.

New WLAN Help

1 WLAN Settings 2 **VLAN** 3 Security 4 Access

**Client IP & VLAN Assignment**

Client IP assignment:  Virtual Controller managed  
 Network assigned

Client VLAN assignment:  Default  
 Static  
 Dynamic

Back Next Cancel

Kuvio 15. VLANin asetuksia

Security –välilehdellä asetetaan suojaukseksi WPA2 Personal ja asetetaan SSID:lle salasana. Kuviossa 18 näkyy nämä asetukset.

New WLAN Help

1 WLAN Settings 2 VLAN 3 **Security** 4 Access

**Security Level**

More Secure

Enterprise

Personal

Open

Less Secure

Key management: WPA-2 Personal

Passphrase format: 8-63 chars

Passphrase: \*\*\*\*\*

Retype: \*\*\*\*\*

MAC authentication: Disabled

Blacklisting: Disabled

**Fast Roaming**

802.11r:

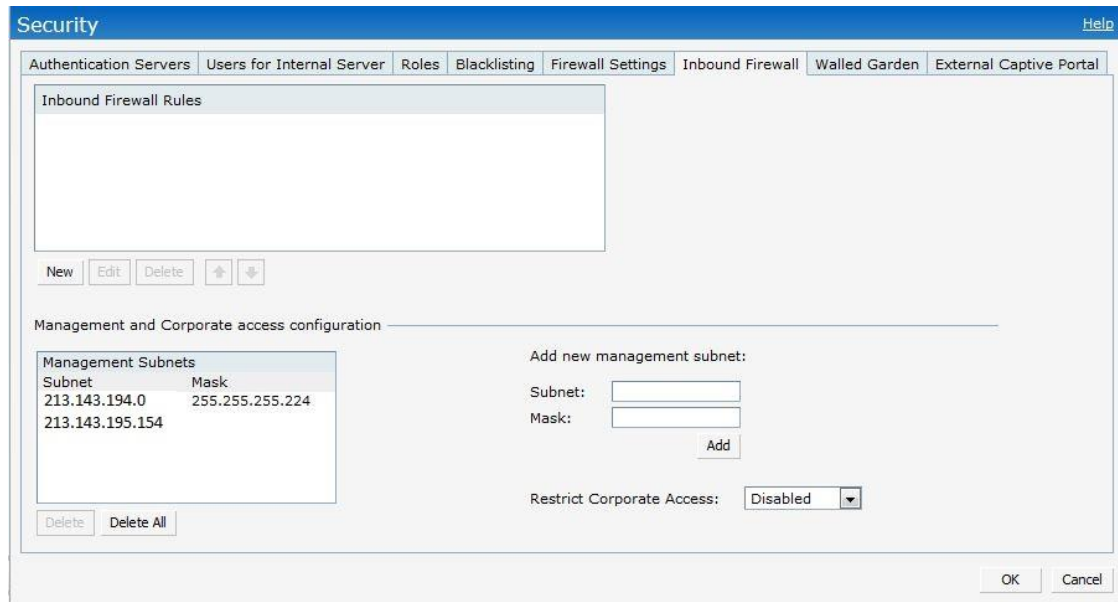
802.11k:

802.11v:

Back Next Cancel

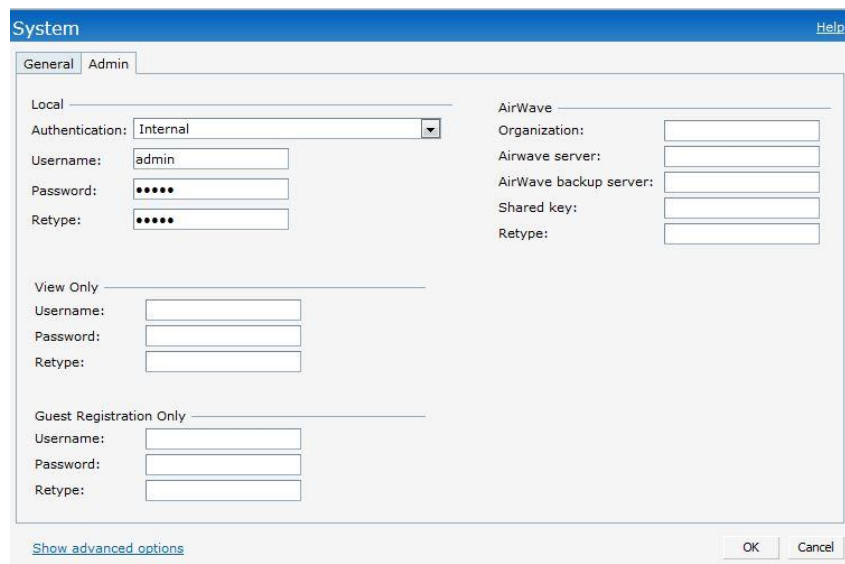
Kuvio 16. WLAN:n suojausasetukset

Tämän jälkeen asetetaan itse tukiaseman suojausasetuksia. Kuviosta 19 nähdään pääsynhallinta-asetukset. Tälle välilehdelle asetettiin hallintaverkot, joista sallitaan ssh, telnet ja UI-pääsy tukiaseman hallintaan. 213.143.194.0/24 on KAO:n hallinta-verkko. 213.143.195.154 on KamIT:n palvelin.



Kuvio 17. Tukiaseman pääsynhallinta-asetuksia

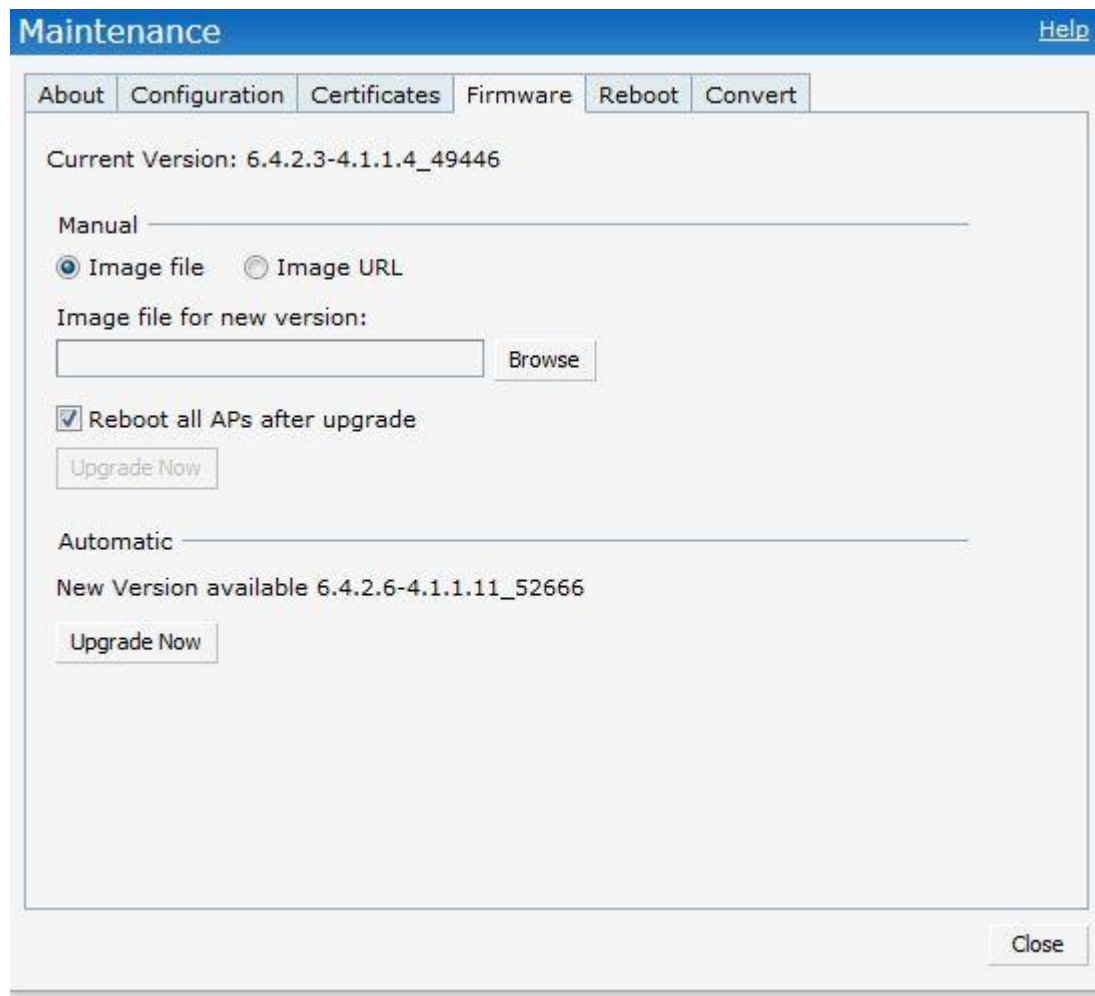
Tämän jälkeen vaihdetaan tukiaseman oma salasana pois vakiosalasanasta, joka nähdään kuviossa 20.



Kuvio 18. Tukiaseman salasanan vaihto



Sitten tarkistetaan, onko tukiasemaan tullut päivityksiä. Päivitykset tulevat suoraan Aruba:n sivuilta. Kuviossa 21 näkyy firmware –välilehti, josta päivitys voidaan suorittaa. Täten saadaan uudet ominaisuudet suoraan käyttöön, jos Aruba päättää lisätä tukiasemiin jotain uusia ominaisuuksia.



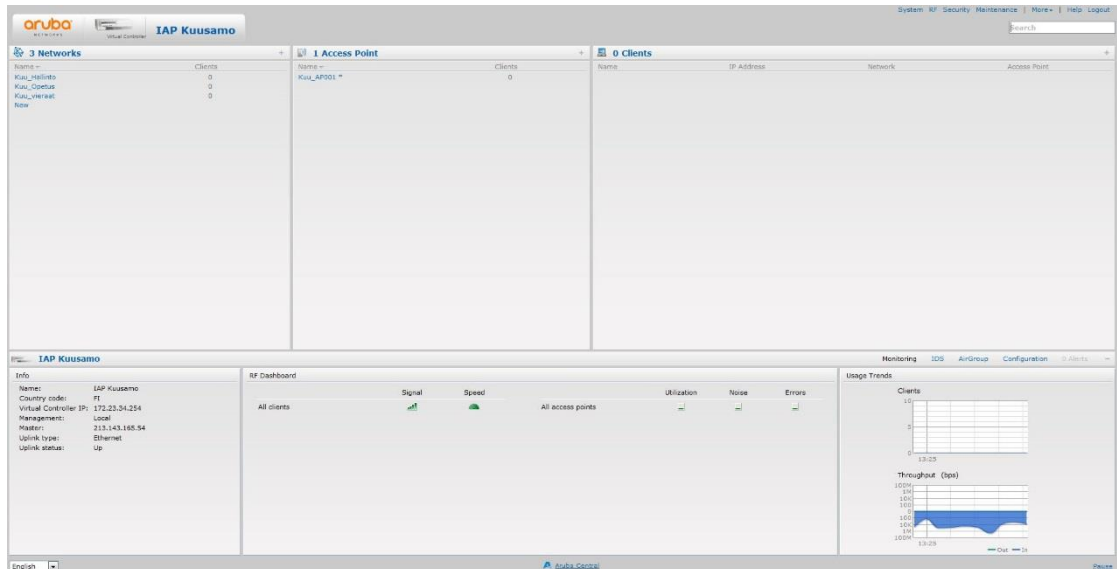
Kuvio 19. Tukiaseman ohjelmiston päivitys

Kun nämä asetukset tehtiin, pystyttiin luomaan lisää SSID:tä. Kuviossa 22 nähdään luodut SSID:t Kuusamon langattomaan verkkoon.

3 Networks	
Name	Clients
Kuu_Hallinto	0
Kuu_Opetus	0
Kuu_vieraat	0
New	

Kuvio 20. Luodut SSID:t

Kuviossa 23 nähdään koko tukiaseman hallintapaneeli. Täältä pystytään valitsemaan jokainen tukiasema erikseen, ja katsomaan mitä tietoja siitä löytyy. Esimerkiksi onko laite pystyssä, mikä sen MAC-osoite on ja virtuaalikontrollerin osoite.



Kuvio 21. Tukiaseman hallintapaneeli

Nyt kun tukiasema on valmiina, pystyttiin tähän langattomaan verkkoon liittymään. Kuvioissa 24 ja 25 näkyy eri tietoja, mitä pystytään katsomaan, kun joku client liittyy tähän WLAN-verkkoon.

1 Client			
Name	IP Address	Network	Access Point
OPER-TOMIP-L	213.143.165.63	Kuu_Hallinto	Kuu_AP001

Kuvio 22. WLAN-verkkoon liittyneet clientit

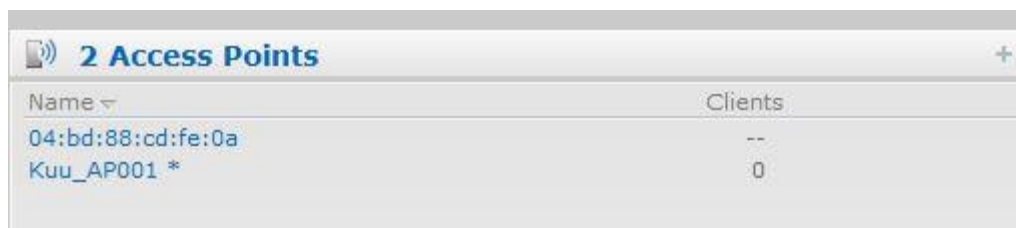
Kuviosta 20 voidaan todeta, että clientit pystytään paikantamaan hyvin, että mihin tukiasemaan ne ovat liittyneet esimerkiksi.



Info	
Name:	OPER-TOMIP-L
IP Address:	213.143.165.63
MAC address:	c4:85:08:d9:f2:bf
OS:	--
Network:	Kuu_Hallinto
Access Point:	Kuu_AP001
Channel:	1
Type:	GN
Role:	Kuu_Hallinto

Kuvio 23. Clientin tiedot

Toisen tukiaseman liittäminen on todella yksinkertaista. Ei tarvitse kuin käydä laittamassa vlan päälle tukiaseman asetuksista. Tämän jälkeen tukiasema tulee näkyviin hallintapaneeliin. Kuvioista 26 nähdään, miltä hallintapaneeli näyttää, kun verkkoon on lisätty toinen tukiasema.



2 Access Points	
Name	Clients
04:bd:88:cd:fe:0a	--
Kuu_AP001 *	0

Kuvio 24. Kaksi tukiasemaa

Kun kannettava saatiin liitettyä langattomaan verkkoon, tarkistettiin, saako kannettava oikean IP-osoitteen. Kuvioista 27 nähdään, että kannettava sai IP-osoitteen tällä hetkellä toimivasta verkosta. Tämä IP-osoite tulee nykyisestä opetusverkon VLAN:sta.

Langattoman laiverkon sovittin Langaton verkkoyhteys:

```

Yhteyskohtainen DNS-liite . . . . : edukainuu.local
IPv4-osoite . . . . . : 172.23.12.150
Aliverkon peite . . . . . : 255.255.248.0
Oletusyhdykäytävä. . . . . : 172.23.8.1

```

Kuvio 25. IP-osoitteen tarkistus

Kun IP-osoite todettiin oikeaksi, testattiin yhteys tukiasemaan ping-komennolla. Kuvioista 28 voidaan todeta, että yhteys kannettavan tietokoneen ja tukiaseman välillä toimii.

```

C:\WINDOWS\system32>ping 213.143.165.54
Ping-ikäntä: 213.143.165.54 32 tavua tietoja:
Vastaus isännältä 213.143.165.54: tavuja=32 aika=4 ns TTL=64
Vastaus isännältä 213.143.165.54: tavuja=32 aika=1 ns TTL=64
Vastaus isännältä 213.143.165.54: tavuja=32 aika=1 ns TTL=64
Vastaus isännältä 213.143.165.54: tavuja=32 aika=1 ns TTL=64
Ping-tilastot 213.143.165.54:
Paketit: Lähetetty = 4, Vastaanotettu = 4, Kadonnut = 0
<0% hävikki>,
Arvioitu kiertoaika millisekunteina:
Pienin = 1 ms, Suurin = 4 ns, Keskiarvo = 1 ms

```

Kuvio 26. Yhteyden testaus ping-komennolla

Tällä hetkellä tukiasemia ei konfiguroida tämän enempää, koska langaton verkko tulee päivittymään jokaisella KamIT:n hallitsemassa toimipaikassa. Tulevaisuudessa panostetaan enemmän salaukseen asemattamalla RADIUS-palvelin, jolla parannetaan tunnistautumista. Langaton verkko tulee toimimaan niin, että kaikki pystyvät kirjautumaan langattomaan verkkoon omilla KamIT-tunnuksilla, eikä tarvita erillistä salasanaa jota jakaa käyttäjille.

## 6 Pohdinta

Opinnäytetyöhön pohjustautuminen alkoi jo työharjoittelujakson aikana. Kartoitusvaihe oli haastava sillä oikeastaan mitään muuta tietoa ei ollut kuin se, että mistä verkkolaitteet suurin piirtein löytyy. Minkäänlaista dokumentaatiota ei verkosta ollut meidän hallussa. Palveluntarjoajaan oltiin yhteydessä monta kertaa, eikä sieltä irronnut minkäänlaista tietoa aluksi. Muutaman soittokerran jälkeen sai selville, että miten kuidut menevät. Tämän jälkeen kuva verkosta alkoi hahmottumaan.

Verkon suunnittelua rajoittivat monet asiat kuten budjetti ja kaapelointi. Laitteiden valinnassa ei ollut haasteita, sillä laitteiksi valittiin samat, mitä Kajaanista löytyy. Suunnitteluvaiheessa tuli mieleen monia asioita, joita voisi lisätä työhön, mutta joi-tain asioita täytyi rajata pois, jotta opinnäytetyön mitta pysyisi järkevänä.

Verkkolaitteista olisi ollut hyvä tehdä kilpailutusta, niin olisi nähnyt erilaisia mahdollisuuksia toteuttaa verkko, mutta toimeksiantajan tahdosta kilpailutusta ei toteutettu, sillä heillä on olemassa sopimus laitteidentuojan kanssa. Joten verkkolaittevertailussa jouduttiin katselemaan hintoja eri verkkokaupoista, joten hinnat voivat heitellä aika paljonkin. Kumminkin nykyisellä sopimuksellakin pysytään budjetissa, eikä laitteet tule juurikaan kalliimmaksi tällä sopimuksella.

Tutkimuskysymykseksi muodostui tämän lähiverkon uudistamisen hinta ja miten paljon se säästää rahaa. Lähiverkon uudistamiselle annettiin budjetiksi 30000 euroa, johon ei kuulu langattoman verkon uusiminen. Verkkolaitteille hinnaksi tuli 23769,4 euroa ilman mahdollisia kaapelointikuluja. Joten budjetissa pysyttiin hyvin, sillä kartoituksesta ja suunnittelusta ei tarvinnut maksaa kolmannelle osapuolelle työstä, vaan pärjättiin oman tietohallinnon voimin. Tässä säästyivät tuhansia euroja, sillä esimerkiksi yhdellä palveluntarjoajalla suunnittelutyön tuntihinta oli 130 euroa. Opin näytetyöhön kulunutta aikaa on vaikea kartoittaa, sillä se tehtiin muun työn ohessa, mutta työmäärä oli useita kymmeniä tunteja. Laitteet maksavat itsensä takaisin jo yhdeksässä kuukaudessa, sillä hankittu palvelu oli 2685,36 euroa kuukaudessa.

Eniten jäi harmittamaan se, että verkkolaitteita ei ehditty hankkimaan tarpeeksi ajoissa, että olisi saanut testata koko toteutuksen. Siitä olisi ollut myös hyötyä toimeksiantajalle, koska laitteet olisi tarvinnut vaan laittaa paikoilleen, eikä konfigurointeja olisi enää tarvittu ollenkaan. Laitteiden konfigurointi oli entuudestaan tuttua hommaa, sillä koulussa oli myös käytetty paljon Cisco:n laitteita. Aruba:n tukiasemat olivat myös yksinkertainen konfiguroida, varsinkin, kun niihin oli olemassa asennusdokumentaatiot.

Loppujen lopuksi työ oli todella antoisa ja sitä tehdessä oppi uusia asioita, joita huomioida verkkototeutuksissa. Oli myös mukava tehdä työ, josta tulee olemaan hyötyä toimeksiantajalle jatkossa.

## Lähteet

ARUBA 200 SERIES ACCESS POINTS. 2016. Tuote-esittely Aruban sivuilla. Viitattu 22.3.2016. [http://www.arubanetworks.com/assets/ds/DS\\_AP200Series.pdf](http://www.arubanetworks.com/assets/ds/DS_AP200Series.pdf)

ARUBA 210 SERIES ACCESS POINTS. 2016. Tuote-esittely Aruban sivuilla. Viitattu 22.3.2016. [http://www.arubanetworks.com/assets/ds/DS\\_AP210Series.pdf](http://www.arubanetworks.com/assets/ds/DS_AP210Series.pdf)

ARUBA 220 SERIES ACCESS POINTS. 2014. Tuote-esittely Aruban sivuilla. Viitattu 22.3.2016. [http://www.arubanetworks.com/pdf/products/DS\\_AP220Series.pdf](http://www.arubanetworks.com/pdf/products/DS_AP220Series.pdf)

ARUBA AP-205 Wireless Access Point 802.11n/ ac 2x2:2 dual radio integrated antennas FIPS/TAA compliant (AP-205-F1). N.d. Tuote-esittely Beestingin sivuilla. Viitattu 22.3.2016. <http://www.beesting.fi/aruba-ap-205-wireless-access-point/cat-p/c/p7569644>

ARUBA AP-205 Wireless AP 802.11n/ac. N.d.a. Tuote-esittely Data-Systemsin sivuilla. Viitattu 22.3.2016. <http://www.data-systems.fi/tuotteet/tuote/aruba-ap-205-wireless-ap-802-11n-ac-5300168/kategoria/verkkotuotteet-tukiasemat-770/>

ARUBA AP-205 Wireless AP 802.11n/ac. N.d.b. Tuote-esittely Systemastoren sivuilla. Viitattu 22.3.2016. [https://www.systemastore.fi/product\\_info.php?products\\_id=152357](https://www.systemastore.fi/product_info.php?products_id=152357)

ARUBA AP-215 Wireless Access Point 802.11n/ ac 3x3:3 dual radio integrated antennas FIPS/TAA compliant (AP-215-F1). N.d. Tuote-esittely Beestingin sivuilla. Viitattu 22.3.2016. <http://www.beesting.fi/aruba-ap-215-wireless-access-point/cat-p/c/p7589945>

ARUBA AP-215 Wireless AP 802.11n/ac. N.d.a. Tuote-esittely Data-Systemsin sivuilla. Viitattu 22.3.2016. <http://www.data-systems.fi/tuotteet/tuote/aruba-ap-215-wireless-ap-802-11n-ac-5300174/kategoria/verkkotuotteet-tukiasemat-770/>

ARUBA AP-215 Wireless AP 802.11n/ac. N.d.b. Tuote-esittely Systemastoren sivuilla. Viitattu 22.3.2016. [https://www.systemastore.fi/product\\_info.php?products\\_id=152363](https://www.systemastore.fi/product_info.php?products_id=152363)

ARUBA AP-225 Wireless AP 802.11ac. N.d.a. Tuote-esittely Beestingin sivuilla. Viitattu 22.3.2016. <http://www.beesting.fi/aruba-ap-225-wireless-access-point/cat-p/c/p6402546>

ARUBA AP-225 Wireless AP 802.11ac. N.d.b. Tuote-esittely Data-Systemsin sivuilla. Viitattu 22.3.2016. <http://www.data-systems.fi/tuotteet/tuote/aruba-ap-225-wireless-ap-802-11ac-5300177/kategoria/verkkotuotteet-tukiasemat-770/>

ARUBA AP-225 Wireless AP 802.11ac. N.d. Tuote-esittely Systemastoren sivuilla. Viitattu 22.3.2016. [https://www.systemastore.fi/product\\_info.php?products\\_id=152366](https://www.systemastore.fi/product_info.php?products_id=152366)

Avaya Ethernet Routing Switch 3524GT-PWR+ - switch - 24 ports - managed - desktop, rack-mountable, wall-mountable Specifications. N.d. Tuote-esittely Cnet verkkokaupan sivuilla. Viitattu 23.3.2016 <http://www.cnet.com/products/avaya->

[ethernet-routing-switch-3524gt-pwr-plus-switch-24-ports-managed-desktop-rack-mountable-wall-mountable-series/specs/](#)

Cisco Catalyst 2960X-24PS-L -24-porttinen kytkin. N.d. Tuote-esittely Verkkokauppa.comin sivuilla. Viitattu 23.3.2016.

<https://www.verkkokauppa.com/fi/product/37533/dnskf/Cisco-Catalyst-2960X-24PS-L-24-porttinen-kytkin>

Cisco Catalyst 2960X-24TS-LL -24-porttinen kytkin. N.d. Tuote-esittely Verkkokauppa.comin sivuilla. Viitattu 23.3.2016.

<https://www.verkkokauppa.com/fi/product/20638/dtfxr/Cisco-Catalyst-2960X-24TS-LL-24-porttinen-kytkin>

Cisco Catalyst 2960-X Series Switches Data Sheet. 2016. Tuote-esittely Ciscon sivuilla. Viitattu 23.3.2016.

[http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-2960-x-series-switches/data\\_sheet\\_c78-728232.html](http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-2960-x-series-switches/data_sheet_c78-728232.html)

Cisco Catalyst WS-C2960X-24PS-L 24 ports switch. N.d. Tuote-esittely Digital Devicesin sivuilla. Viitattu 23.3.2016.

<http://www.digitaldevicesonline.com/cisco/cisco-switches/ws-c2960x-24ps-l.php?gclid=COaWw56GwssCFYlxcgodpv4EQQ>

Cisco Catalyst WS-C2960X-24TS-L 24 ports switch. N.d Tuote-esittely Digital Devicesin sivuilla. Viitattu 23.3.2016. <http://www.digitaldevicesonline.com/cisco/cisco-switches/ws-c2960x-24ts-l.php?gclid=ClqA75KKwssCFYcocgodBrADHw>

Esittely N.d. KamIT tietohallinnon esittely KamIT:n sivuilla. Viitattu 27.4.2016.

<http://www.kamit.fi/kamit-esittely/>

EX3300 Ethernet Switch. 2014. Tuote-esittely Juniperin sivuilla. Viitattu 23.3.2016.

<http://www.juniper.net/assets/us/en/local/pdf/datasheets/1000389-en.pdf>

HP E2520-24G-PoE Switch - switch - 24 ports - managed - rack-mountable Series Specifications. N.d. Tuote-esittely Cnet-verkkokaupan sivuilla. Viitattu 23.3.2016.

<http://www.cnet.com/products/hp-e2520-24g-poe-switch-switch-24-ports-managed-rack-mountable-series/specs/>

Kainuun ammattiopisto. N.d. Artikkelin KAO:n sivuilla. Viitattu

22.02.2016. <http://www.kao.fi/job3/kainuun-ammattiopisto/>

Kehitä osaamistasi KAO Kuusamossa! N.d. Artikkelin KAO:n sivuilla. Viitattu

22.02.2016. <http://www.kao.fi/info/toimipaikat/kuusamo/>

Linksys Business Wireless-AC Dual-Band Access Points. 2015. Tuote-esittely Linksysin sivuilla. Viitattu 22.3.2016.

[http://downloads.linksys.com/downloads/datasheet/en/LAPAC1200\\_LAPAC1750\\_English.PDF](http://downloads.linksys.com/downloads/datasheet/en/LAPAC1200_LAPAC1750_English.PDF)

MR32. N.d. Tuote-esittely Cisco Merakin sivuilla. Viitattu 22.3.2016.

<https://meraki.cisco.com/products/wireless/mr32#tech-specs>

NETGEAR ProSafe Business 3 x 3 Dual Band Wireless-AC Access Point WAC730 -. N.d. Tuote-esittely Netgearin sivuilla. Viitattu 22.3.2016.

<http://www.netgear.com/business/products/wireless/business-wireless/WAC730.aspx#tab-techspecs>

Pääkkönen, A. 2016. IT-päällikkö. Kainuun ammattiopisto. Haastattelu 29.2.2016.

WS-C2960X-24PS-L. N.d. Tuote-esittely Router-switchin sivuilla. Viitattu 23.3.2016.  
<http://www.router-switch.com/ws-c2960x-24ps-l-p-5265.html>

WS-C2960X-24TS-L. N.d. Tuote-esittely Router-switchin sivuilla. Viitattu 23.3.2016.  
<http://www.router-switch.com/ws-c2960x-24ts-l-p-5268.html>

WS-C2960X-24TS-L Catalyst 2960-X 24 GigE, 4 x 1G SFP, LAN Base. N.d. Tuote-esittely Seneticin sivuilla. Viitattu 23.3.2016. <https://www.senetic.fi/product/WS-C2960X-24TS-L?gclid=CPWP4JGKwssCFYHhcgodEHwGeg>

WS-C2960X-24PS-L Catalyst 2960-X 24 GigE PoE 370W, 4 x 1G SFP, LAN Base. N.d. Tuote-esittely Seneticin sivuilla. Viitattu 23.3.2016.  
<https://www.senetic.fi/product/WS-C2960X-24PS-L?gclid=COzD9J2GwssCFQEMcwodgw0HNO>



## Liitteet

### Liite 1. Kytkinten konfiguraatiodostot

#### Layer 2 kytkin:

```
Kuusamo_L2#sho run
Building configuration...

Current configuration : 2045 bytes
! Last configuration change at 12:12:31 UTC Tue Apr 12 2016
! NVRAM config last updated at 12:45:24 UTC Tue Apr 12 2016
version 15.0
no service pad
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
hostname Kuusamo_L2
boot-start-marker
boot-end-marker
enable secret 5 $1$aJJG$6x/dpQ5Qk8qUsuqH4m.fx1
no aaa new-model
switch 1 provision ws-c2960x-24ts-l
no ip domain-lookup
spanning-tree mode pvst
spanning-tree extend system-id
vlan internal allocation policy ascending
interface FastEthernet0
no ip address
interface GigabitEthernet1/0/1
description Linkki L3-kytkimeen
switchport mode trunk
interface GigabitEthernet1/0/2
switchport access vlan 2
switchport mode access
interface GigabitEthernet1/0/3
interface GigabitEthernet1/0/4
interface GigabitEthernet1/0/5
interface GigabitEthernet1/0/6
interface GigabitEthernet1/0/7
interface GigabitEthernet1/0/8
interface GigabitEthernet1/0/9
interface GigabitEthernet1/0/10
interface GigabitEthernet1/0/11
interface GigabitEthernet1/0/12
interface GigabitEthernet1/0/13
interface GigabitEthernet1/0/14
```

```

interface GigabitEthernet1/0/15
interface GigabitEthernet1/0/16
interface GigabitEthernet1/0/17
interface GigabitEthernet1/0/18
interface GigabitEthernet1/0/19
interface GigabitEthernet1/0/20
interface GigabitEthernet1/0/21
interface GigabitEthernet1/0/22
interface GigabitEthernet1/0/23
interface GigabitEthernet1/0/24
interface GigabitEthernet1/0/25
interface GigabitEthernet1/0/26
interface GigabitEthernet1/0/27
interface GigabitEthernet1/0/28
interface Vlan1
  description Hallinta
  ip address 172.24.34.2 255.255.255.0
  ip default-gateway 172.24.34.1
  ip http server
  ip http secure-server
  access-list 20 permit 172.24.34.0 0.0.0.255
  access-list 20 permit 213.143.194.0 0.0.0.31
  access-list 20 permit 172.24.48.0 0.0.0.31
  line con 0
  line vty 0 4
    password <poistettu>
    login
  line vty 5 15
    password <poistettu>
    login
end

```

### Layer 3 -kytkin:

```

Kuusamo_L3#show run
Building configuration...

Current configuration : 4917 bytes
version 12.1
no service pad
service timestamps debug uptime
service timestamps log uptime
no service password-encryption
hostname Kuusamo_L3
enable secret 5 $1$cZNk$fkQTx49y.mdrY40jQOy0a1
clock timezone eet 2
ip subnet-zero
ip routing
no ip domain-lookup
spanning-tree mode pvst

```

```
spanning-tree extend system-id
interface FastEthernet0/1
  description Linkki Kajaani
  no switchport
  ip address 172.23.20.1 255.255.255.252
interface FastEthernet0/2
  description Linkki L2-kytkimeen
  switchport trunk encapsulation dot1q
  switchport mode trunk
interface FastEthernet0/3
  switchport mode dynamic desirable
interface FastEthernet0/4
  switchport mode dynamic desirable
interface FastEthernet0/5
  switchport mode dynamic desirable
interface FastEthernet0/6
  switchport mode dynamic desirable
interface FastEthernet0/7
  switchport mode dynamic desirable
interface FastEthernet0/8
  switchport mode dynamic desirable
interface FastEthernet0/9
  switchport mode dynamic desirable
interface FastEthernet0/10
  switchport mode dynamic desirable
interface FastEthernet0/11
  switchport mode dynamic desirable
interface FastEthernet0/12
  switchport mode dynamic desirable
interface FastEthernet0/13
  switchport mode dynamic desirable
interface FastEthernet0/14
  switchport mode dynamic desirable
interface FastEthernet0/15
  switchport mode dynamic desirable
interface FastEthernet0/16
  switchport mode dynamic desirable
interface FastEthernet0/17
  switchport mode dynamic desirable
interface FastEthernet0/18
  switchport mode dynamic desirable
interface FastEthernet0/19
  switchport mode dynamic desirable
interface FastEthernet0/20
  switchport mode dynamic desirable
interface FastEthernet0/21
  switchport mode dynamic desirable
interface FastEthernet0/22
  switchport mode dynamic desirable
```

```
interface FastEthernet0/23
switchport mode dynamic desirable
interface FastEthernet0/24
switchport access vlan 3
switchport mode access
spanning-tree portfast
interface GigabitEthernet0/1
switchport mode dynamic desirable
interface GigabitEthernet0/2
switchport mode dynamic desirable
interface Vlan1
ip address 172.24.34.1 255.255.255.0
interface Vlan2
description Hallinto
ip address 172.24.32.1 255.255.255.0
ip access-group Hallinto-o out
ip helper-address 213.143.185.134
interface Vlan3
description Opetus
ip address 172.24.30.1 255.255.255.0
ip access-group Opetus-o out
ip helper-address 213.143.185.134
interface Vlan4
description WLAN_tukiasemat
ip address 172.24.31.1 255.255.255.0
ip access-group WLAN_tukiasemat-o out
ip helper-address 213.143.185.134
interface Vlan5
description Tulostimet
ip address 172.24.35.1 255.255.255.0
ip helper-address 213.143.185.134
interface Vlan6
description Valvonta
ip address 172.24.36.1 255.255.255.0
ip access-group Valvonta-o out
ip helper-address 213.143.185.134
ip classless
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 172.24.20.2
ip http server
ip access-list extended Hallinto-o
permit ip 213.143.185.64 0.0.0.63 any
permit ip 213.143.185.128 0.0.0.63 any
permit ip 213.143.185.192 0.0.0.63 any
permit ip 213.143.166.32 0.0.0.31 any
permit ip 213.143.166.192 0.0.0.15 any
permit ip 213.143.166.240 0.0.0.15 any
permit ip 213.143.194.0 0.0.0.31 any
permit ip 172.24.48.0 0.0.0.31 any
permit ip 172.23.35.0 0.0.0.255 any
```

```
permit icmp any any
permit tcp any any established
deny ip any any log
ip access-list extended Opetus-o
permit ip 213.143.185.64 0.0.0.63 any
permit ip 213.143.185.128 0.0.0.63 any
permit ip 213.143.185.192 0.0.0.63 any
permit ip 213.143.166.32 0.0.0.31 any
permit ip 213.143.166.192 0.0.0.15 any
permit ip 213.143.166.240 0.0.0.15 any
permit ip 213.143.194.0 0.0.0.31 any
permit ip 172.24.48.0 0.0.0.31 any
permit ip host 172.24.32.30 any
permit ip 172.24.35.0 0.0.0.255 any
permit icmp any any
permit tcp any any established
deny ip any any log
ip access-list extended Tulostimet
permit icmp any any
permit tcp any any established
deny ip any any log
ip access-list extended Valvonta
permit icmp any any
permit tcp any any established
deny ip any any log
ip access-list extended Valvonta-o
permit ip 172.24.32.4 0.0.0.3 any
permit ip host 172.24.32.30 any
deny ip any any log
ip access-list extended WLAN_tukiasemat
permit icmp any any
permit tcp any any established
deny ip any any log
ip access-list extended WLAN_tukiasemat-o
permit ip 213.143.194.0 0.0.0.31 any
permit ip 172.24.48.0 0.0.0.31 any
permit ip host 172.24.32.30 any
permit ip host 172.24.9.2 any
deny ip any any log
!
access-list 20 permit 172.24.32.30
access-list 20 permit 213.143.194.0 0.0.0.31
access-list 20 permit 172.24.48.0 0.0.0.31
access-list 20 permit 172.24.33.0 0.0.0.255
!
line con 0
line vty 0 4
access-class 20 in
password <poistettu>
```

```

login
line vty 5 15
access-class 20 in
password <poistettu>
login
ntp server 212.116.32.132
end

```

## Liite 2. Pääsyylistat

Etäyhteyksiin liittyvässä pääsyylistassa liikenne sallittiin Kuusamon IT-tukihenkilön tietokoneelta, joka näkyy ensimmäisellä rivillä. Toisella rivillä sallittiin KamIT-tietohallinnon tietokoneilta pääsy. Kolmannella rivillä sallittiin palvelimien liikenne ja neljännellä rivillä hallinta-vlanissa olevat laitteet.

```

Kuusamo_L3 (config)# access-list 20 in permit 172.24.32.30
Kuusamo_L3 (config)# access-list 20 permit 172.24.48.0 0.0.0.31
Kuusamo_L3 (config)# access-list 20 permit 213.143.194.0 0.0.0.31
Kuusamo_L3 (config)# access-list 20 permit 172.24.34.0 0.0.0.255

```

Alla oleva pääsyylista on tehty hallinto-VLANia varten. Ensimmäisessä seitsemässä rivissä sallittiin liikenne palvelimilla. Kahdeksannessa rivissä sallittiin KamIT-HelpDesk:n työasemat. Yhdeksännellä rivillä sallittiin liikenne hallinto-VLANissa. 10 ja 11 rivillä sallittiin icmp ja tcp-liikenne. Viimeisellä rivillä evätään kaikki muu liikenne ja epäo-  
nistuneet yritykset tallentuvat lokiin. Opetus-VLANin lista on muuten samanlainen, paitsi sallittiin hallinto-VLANin sijasta opetus-VLAN.

```

Kuusamo_L3 (config)#ip access-list extended Hallinto-o
    Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit ip 213.143.198.64 0.0.0.63 any
    Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)# permit ip 213.143.198.128 0.0.0.63 any
    Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)# permit ip 213.143.198.192 0.0.0.63 any
    Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)# permit ip 213.143.196.32 0.0.0.31 any
    Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)# permit ip 213.143.196.192 0.0.0.15 any
    Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)# permit ip 213.143.196.240 0.0.0.15 any
    Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit ip 213.143.194.0 0.0.0.31 any
    Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit ip 172.24.48.0 0.0.0.31 any
    Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit ip 172.24.45.0 0.0.0.255 any
    Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#permit icmp any any
    Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#tcp any any established
    Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)#deny ip any any log

```

WLAN-tukiasemien listassa ensimmäisellä rivillä sallittiin palvelimien liikenne, toisella rivillä WLAN\_tukiasemat-VLAN. Kolmannella rivillä sallittiin IT-tukihenkilön tietokone.

Neljännellä rivillä sallittiin yksi kone Kajaanista. Tulostimien listassa sallittiin icmp ja tcp-liikenne.

```
Kuusamo_L3 (config)#ip access-list extended WLAN_tukiasemat-o
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)# permit ip 213.143.194.0 0.0.0.31 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)# permit ip 172.24.48.0 0.0.0.31 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)# permit ip host 172.24.32.30 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)# permit ip host 172.24.9.2 any
Kuusamo_L3 (config-ext-nacl)# deny ip any any log
```