



Politechnika
Wrocławska

Media transmisyjne

Temat 3

Projekt sieci dostępu bezprzewodowego dla szkoły

Plan prezentacji

- Wprowadzenie do tematyki projektu
- Problemy związane z projektowaniem sieci bezprzewodowych
- Plan budynku i wstępny schemat sieci
- Charakterystyka standardów 802.11x i pasm częstotliwości
- Bilans energetyczny łącza radiowego
- Analiza modeli propagacyjnych

Plan prezentacji

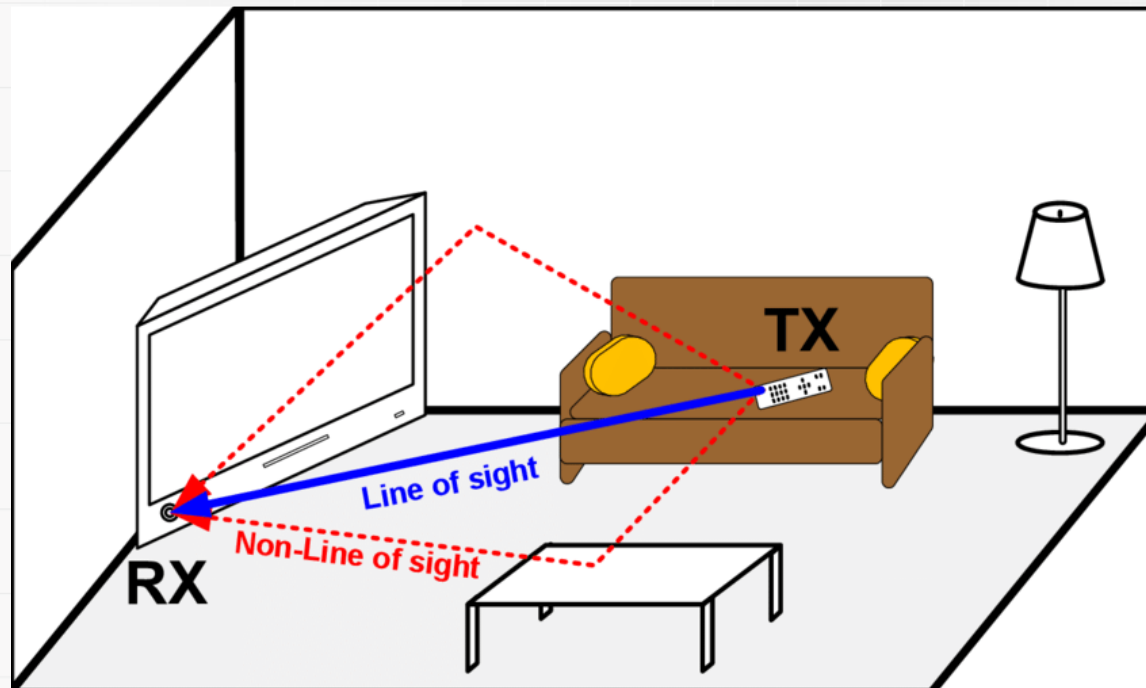
- Rozmieszczenie punktów dostępowych
- Model dostępu do sieci i zabezpieczenia
- Wybór urządzeń sieciowych i okablowania
- Szacunkowe koszty wykonania sieci
- Podsumowanie

Wprowadzenie



<https://www.marketresearchfuture.com/reports/wlan-market-1012>

Problemy projektowania sieci bezprzewodowych w szkole



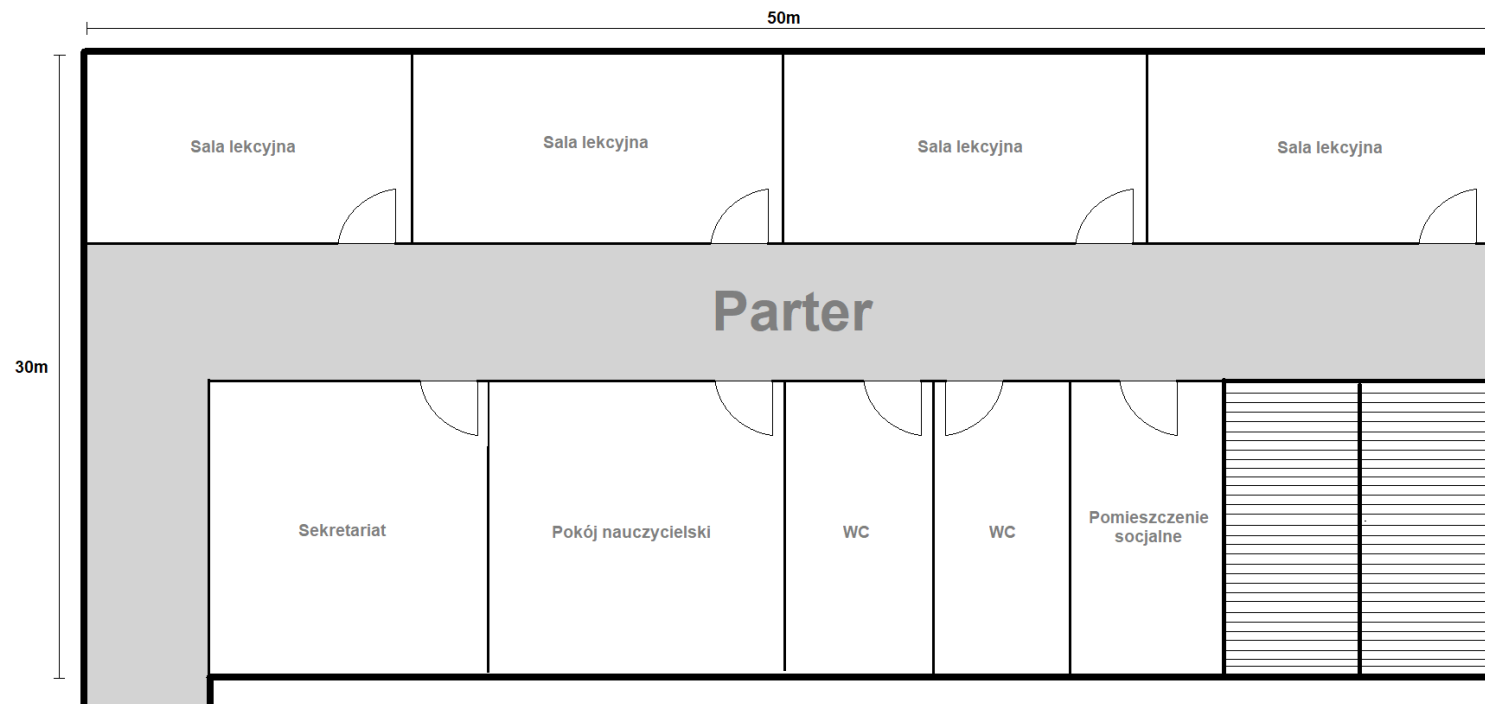
https://www.researchgate.net/figure/An-example-of-multipath-propagation-in-indoor-environment_fig2_224240135

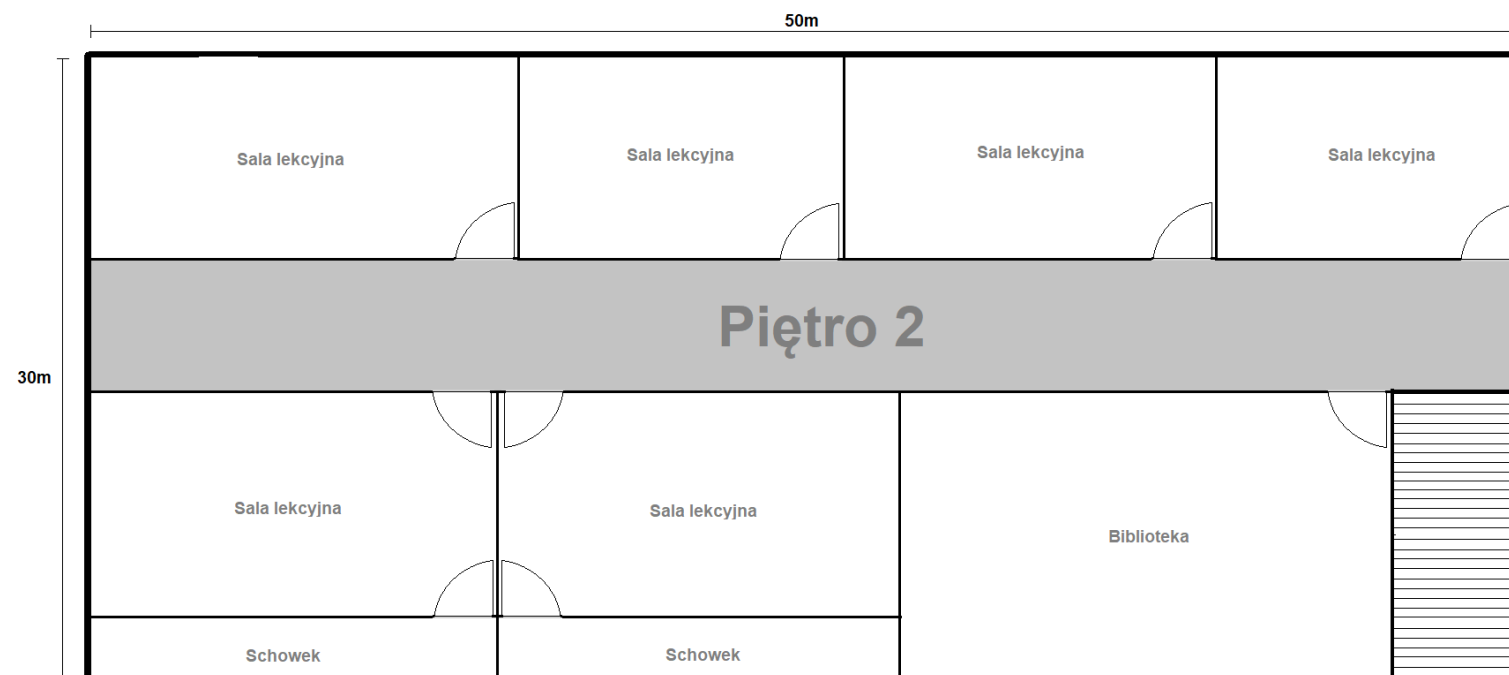
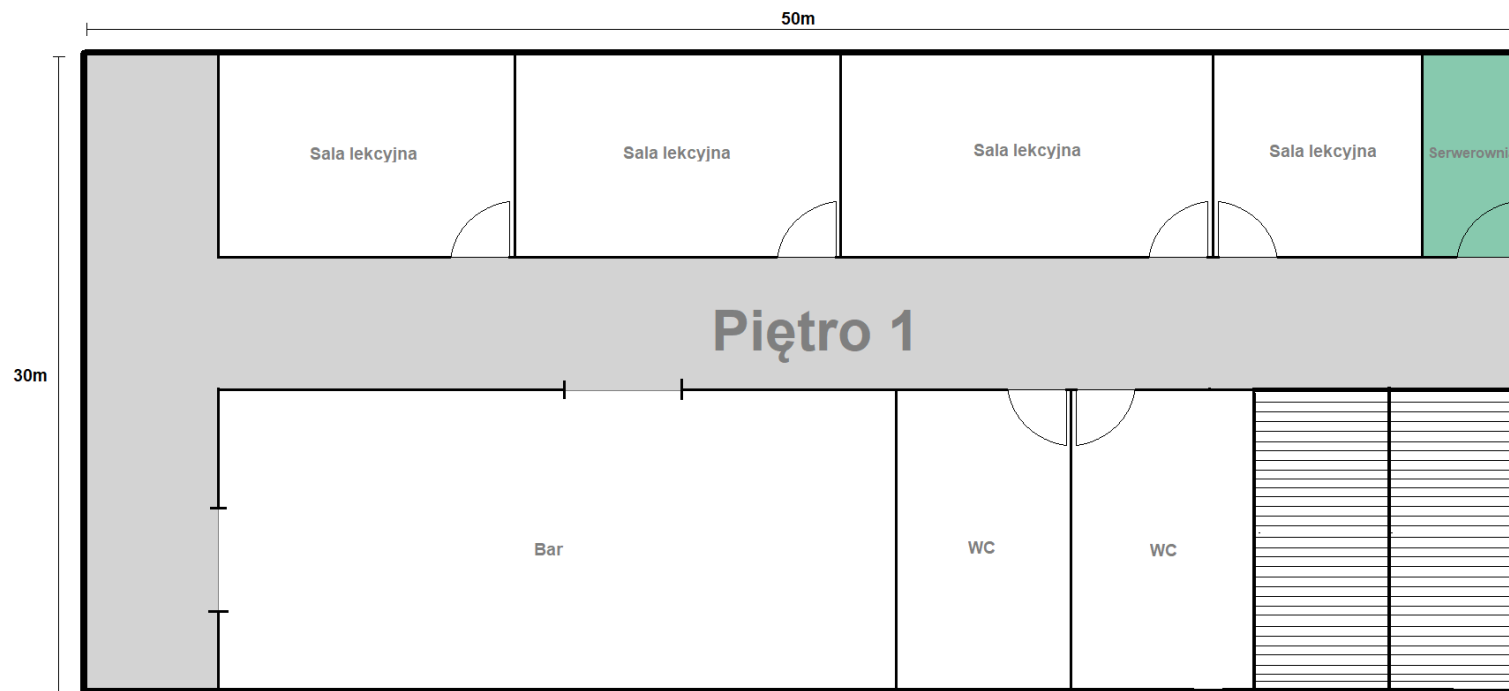
Mniej trywialne problemy

- Ciągi wentylacyjne
- Rozkład mebli w pomieszczeniu
- Liczba ludności
- Urządzenia generujące zakłócenia (np. telewizory, radia itp.)
- Chropowatość i gładkość ścian
- I wiele innych...

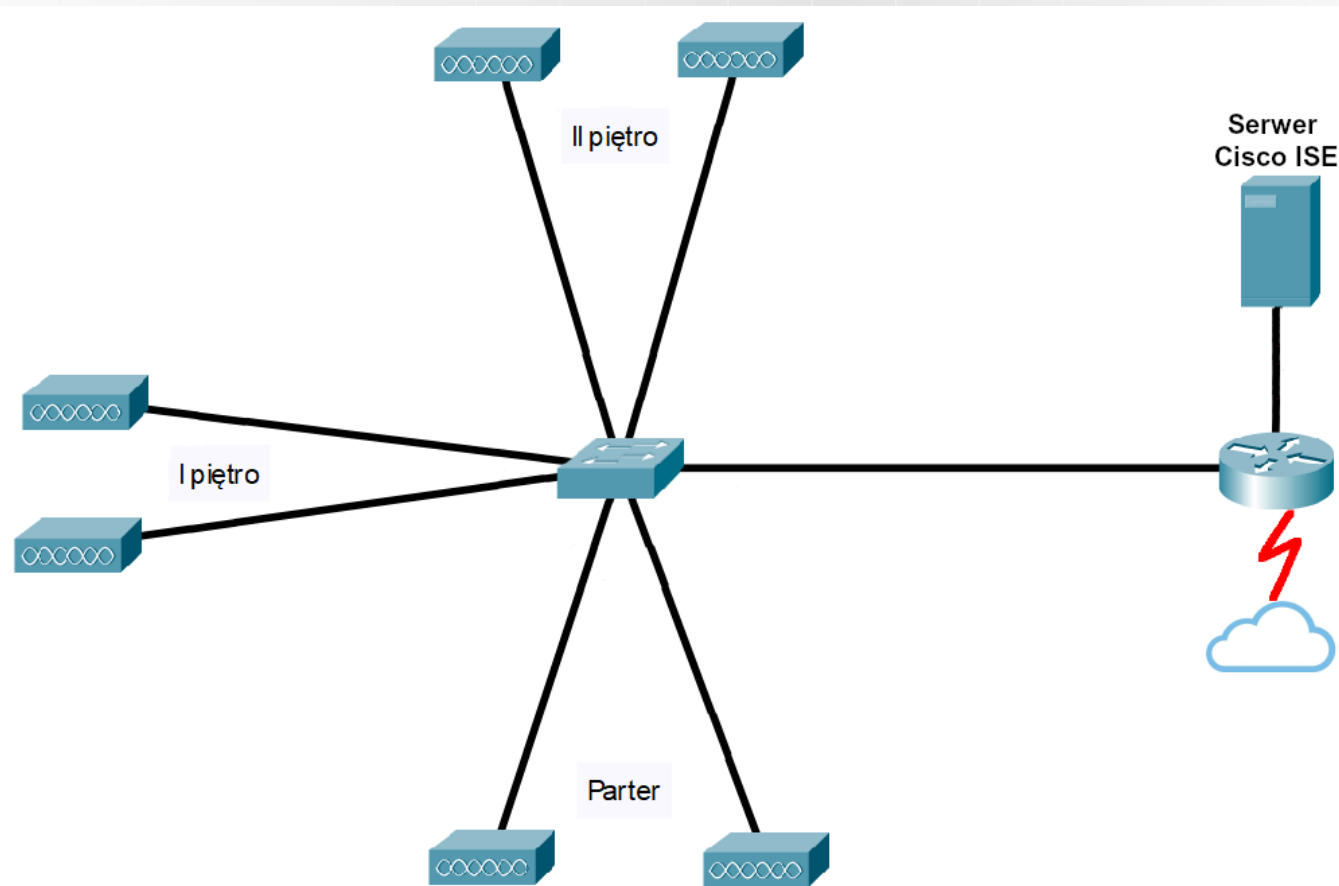


Założenia przy projekcie





Schemat logiczny





Charakterystyka standardów 802.11x oraz pasm częstotliwości

Standard IEEE 802.11

IEEE 802.11 – podgrupa standardów IEEE 802, opisujących warstwę fizyczną i podwarstwę MAC bezprzewodowych sieci lokalnych. Standardy 802.11 stanowią podstawę certyfikatów Wi-Fi.





IEEE 802.11b

Maks. przepustowość: 11Mb/s

Pasmo częstotliwości: 2,4Ghz

Tabela częstotliwości poszczególnych kanałów

Kanał	Szerokość kanału	Pokrywają się kanały
1	2,401-2,423 GHz	2-5
2	2,406-2,428 GHz	1,3-6
3	2,411-2,433 GHz	1-2,4-7
4	2,416-2,438 GHz	1-3,5-8
5	2,421-2,443 GHz	1-4,6-9
6	2,426-2,448 GHz	2-5,7-10
7	2,431-2,453 GHz	3-6,8-11
8	2,436-2,458 GHz	4-7,9-12
9	2,441-2,463 GHz	5-8,10-13
10	2,446-2,468 GHz	6-9,11-13
11	2,451-2,473 GHz	7-10,12-13
12	2,456-2,478 GHz	8-1,13-14
13	2,461-2,483 GHz	9-12, 14
14	2,473-2,495 GHz	12-13

IEEE 802.11a

Ten standard operuje na paśmie częstotliwości 5GHz. Jego maksymalna przepustowość to 54 Mb/s. Niski zasięg standardu 802.11a rekompensuje praca na paśmie o częstotliwości 5 GHz, które jest mniej obciążone, a co za tym idzie, nasza sieć jest mniej podatna na zakłócenia. Częstotliwości: 5,15 – 5,35 GHz oraz 5,725 – 5,825 GHz.

IEEE 802.11g

W czerwcu 2003 roku ostatecznie uznano standard 802.11g. Pracuje on podobnie jak 802.11b na częstotliwości 2,4 GHz, ale pozwala na transfer z prędkością 54 Mb/s. Standard 802.11g jest całkowicie zgodny w dół ze standardem 802.11b.

Kanał	Szerokość kanału	Nakładające się kanały
1	2.401 - 2.423	2,3,4,5
2	2.406 - 2.428	1,3,4,5,6
3	2.411 - 2.433	1,2,4,5,6,7
4	2.416 - 2.438	1,2,3,5,6,7,8
5	2.421 - 2.443	1,2,3,4,6,7,8,9
6	2.426 - 2.448	2,3,4,5,7,8,9,10
7	2.431 - 2.453	3,4,5,6,8,9,10,11
8	2.436 - 2.458	4,5,6,7,9,10,11,12
9	2.441 - 2.463	5,6,7,8,10,11,12,13
10	2.446 - 2.468	6,7,8,9,11,12,13
11	2.451 - 2.473	7,8,9,10,12,13
12	2.456 - 2.478	8,9,10,11,13,14
13	2.461 - 2.483	9,10,11,12,14
14	2.473 - 2.495	12,13



IEEE 802.11ac

Scenariusz	Przepustowość łącza	Łączna przepustowość
Jedna antena AP , jedna antena STA , 80 MHz	433 Mbit / s	433 Mbit / s
Dwie anteny AP, dwie anteny STA, 80 MHz	867 Mbit / s	867 Mbit / s
AP z jedną anteną, STA z jedną anteną, 160 MHz	867 Mbit / s	867 Mbit / s
AP z trzema antenami, STA z trzema antenami, 80 MHz	1,27 Gbit / s	1,27 Gbit / s
AP z dwiema antenami, dwiema antenami STA, 160 MHz	1,69 Gbit / s	1,69 Gbit / s
AP z czterema antenami, cztery STA z jedną anteną, 160 MHz	867 Mbit / s na każdą STA	3,39 Gbit / s



Bilans energetyczny łącza radiowego

Bilans energetyczny łącza

Bilans łącza (ang. link budget) to równanie wyznaczające potrzebną moc nadajnika (lub parametry anteny) w funkcji pozostałych czynników.

$$P_r = P_{pr} + G_n + G_o - L_r - L_d \quad \text{lub} \quad P_r = \text{EIRP} + G_o - L_r$$

P_r – moc odbiornika [dBm]

G_o – zysk anteny odbiorczej [dBi]

P_{pr} – moc nadajnika [dBm]

G_n – zysk anteny nadawczej [dBi]

L_r – straty rozproszeniowe [dB]

L_d – straty dodatkowe [dB]

EIRP - Zastępcza moc promieniowana izotropowego [dBi]

Zysk anteny

Stosunek gęstości mocy wypromieniowanej przez antenę w danym kierunku do gęstości mocy wypromieniowanej przez antenę wzorcową przy założeniu, że do obu anten została doprowadzona taka sama moc.

Moc

$$\text{EIRP} = P_{\text{pr}} + G_n - L_d$$

P_{pr} – moc nadajnika [dBm]

G_n – zysk energetyczny anteny [dBi]

L_d – tłumienie kabli i złącz [dB]

Zastępcza moc promieniowana izotropowo, wyrażana w decybelach względem wata. (*Equivalent Isotropical Radiated Power*)



Straty

$$L=20*\log(x)+20*\log(f)-27,55$$

L – Tłumienie rozproszeniowe [dB]

x – długość drogi [m]

f - częstotliwość [Mhz]

$$L_d=d_1*t_{w1}+d_2*t_{w2}+t_{k1}+t_{k2}+m$$

Ld - tłumienie dodatkowe [dB]

d1, d2 - długości kabla do anteny [m]

tw1, tw2 - tłumienie właściwe kabla[dB/m]

tk1, tk2 - tłumienie złącz konektorowych[dB]



Obliczenia

DANE:

- $P_r = -80$ [dBm] - Moc sygnału na odbiorniku
- $P_{pr} = 17$ [dBm] – Moc nadajnika
- $G_n = 4$ [dBi] – Zysk anteny nadajnika
- $G_o = 4$ [dBi] – Zysk anteny odbiornika
- $L_d = 0$ [dBi] – Tłumienie złącz i kabli

Zasięg	Moc sygnału odebranego[dBm]
Świetny	-70
Akceptowalny	-80
Słaby	-100

Obliczenia

Szukane:

- $L_r = ?$ – Tłumienie rozproszeniowe

Rachunki:

$$P_r = \text{EIRP} + G_o - L_r$$

$$\text{EIRP} = P_{pr} + G_n - L_d = 17 + 4 - 0 = 21 \text{ [dBm]}$$

$$-80 = 21 + 4 - L_r - 0$$

$$\mathbf{L_{rmax} = 105 \text{ [dB]}}$$



Analiza modeli propagacyjnych

Model propagacji w wolnej przestrzeni

$$L_{FS} [\text{dB}] = 20 * \log(f) + 20 * \log(d) - 27,55$$

gdzie:

L_{FS} – tłumienie między antenami

f – częstotliwość fali radiowej

d – odległość między antenami

Model jednościeżkowy (1SM)

$$L_{1SM} [\text{dB}] = L_0 + 10\gamma \log(d)$$

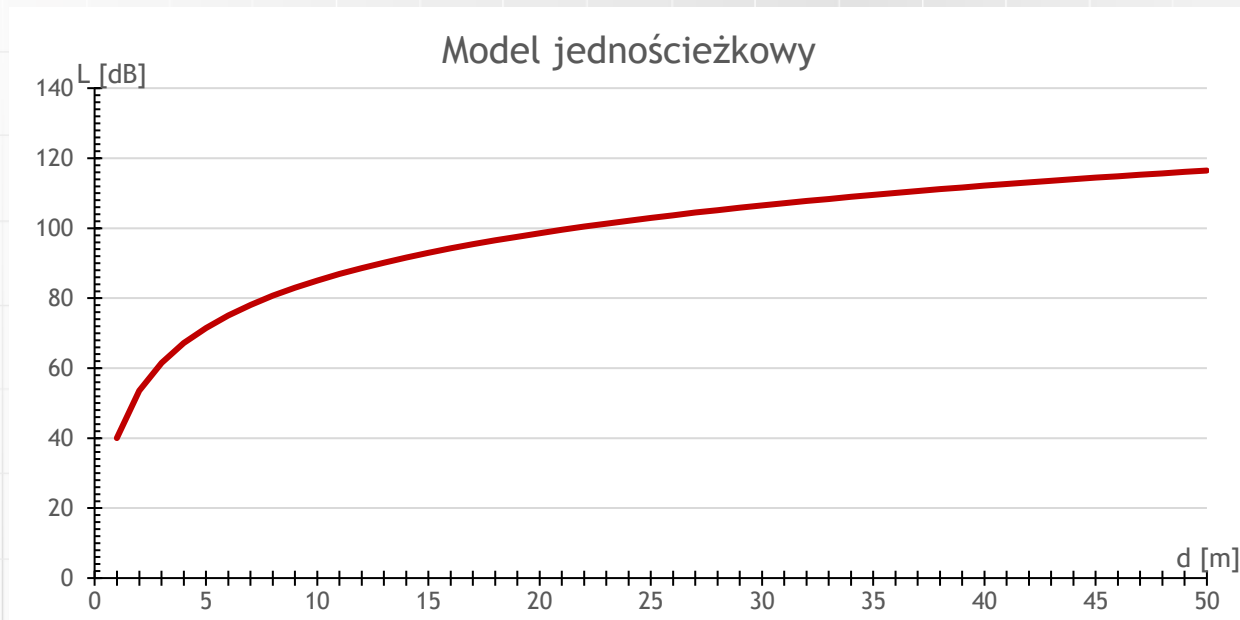
gdzie:

L_{1SM} – tłumienie między antenami

L_0 – tłumienie odniesienia w odległości 1m

γ – indeks odległościowego zaniku mocy

d – odległość między antenami



Model liniowy (LAM)

$$L_{LAM} [dB] = L_{FS} + \alpha * d$$

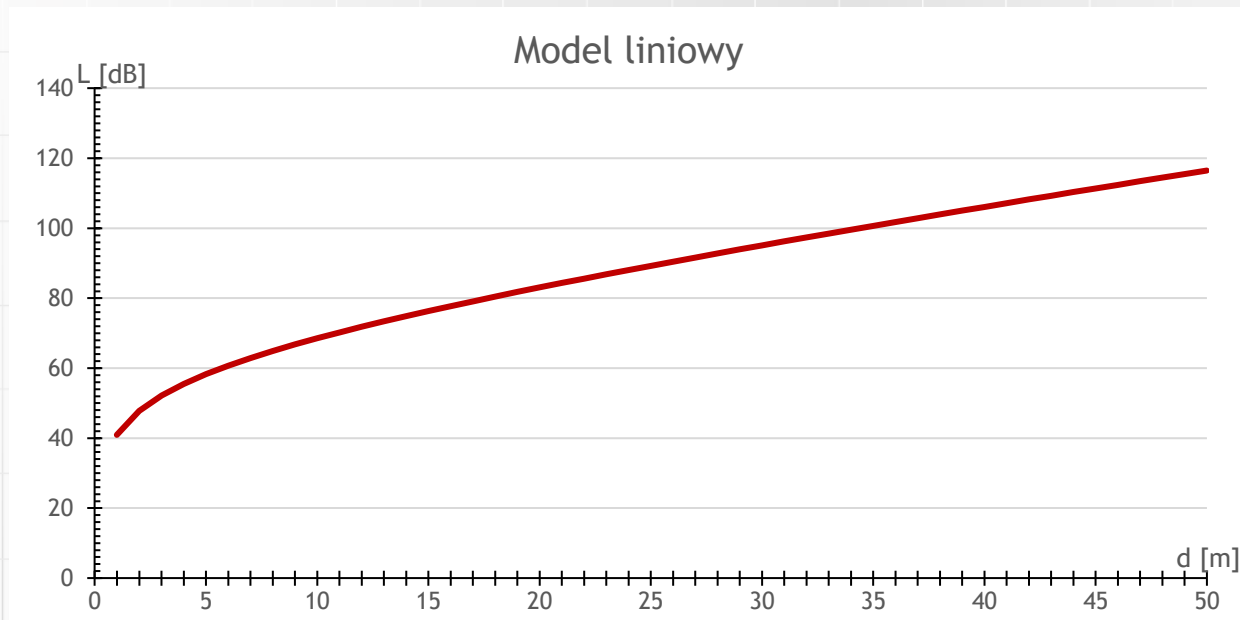
gdzie:

L_{LAM} – tłumienie między antenami

L_{FS} – tłumienie w wolnej przestrzeni

α – tłumienie jednostkowe [dB/m]

d – odległość między antenami

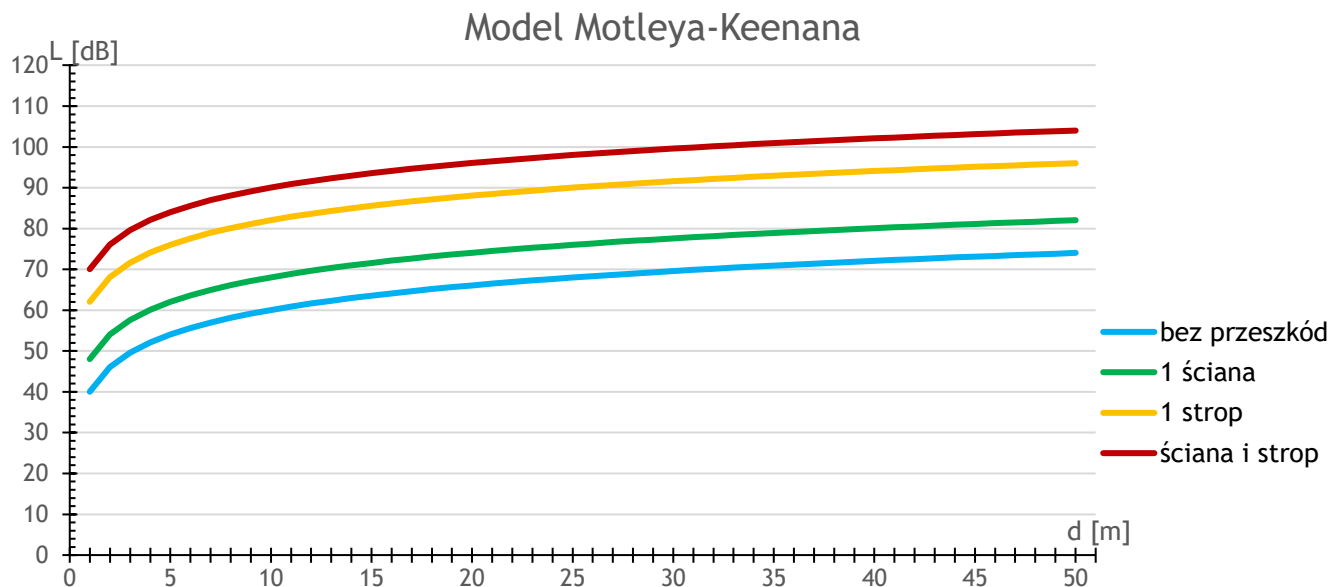


Model Motleya-Keenana

$$L_{M-K} [dB] = L_{FS} + (n_W * L_W) + (n_F * L_F)$$

gdzie:

- L_{M-K} – tłumienie między antenami
- L_{FS} – tłumienie w wolnej przestrzeni
- n_W – liczba ścian między antenami
- L_W – tłumienie ściany
- n_F – liczba stropów między antenami
- L_F – tłumienie stropu

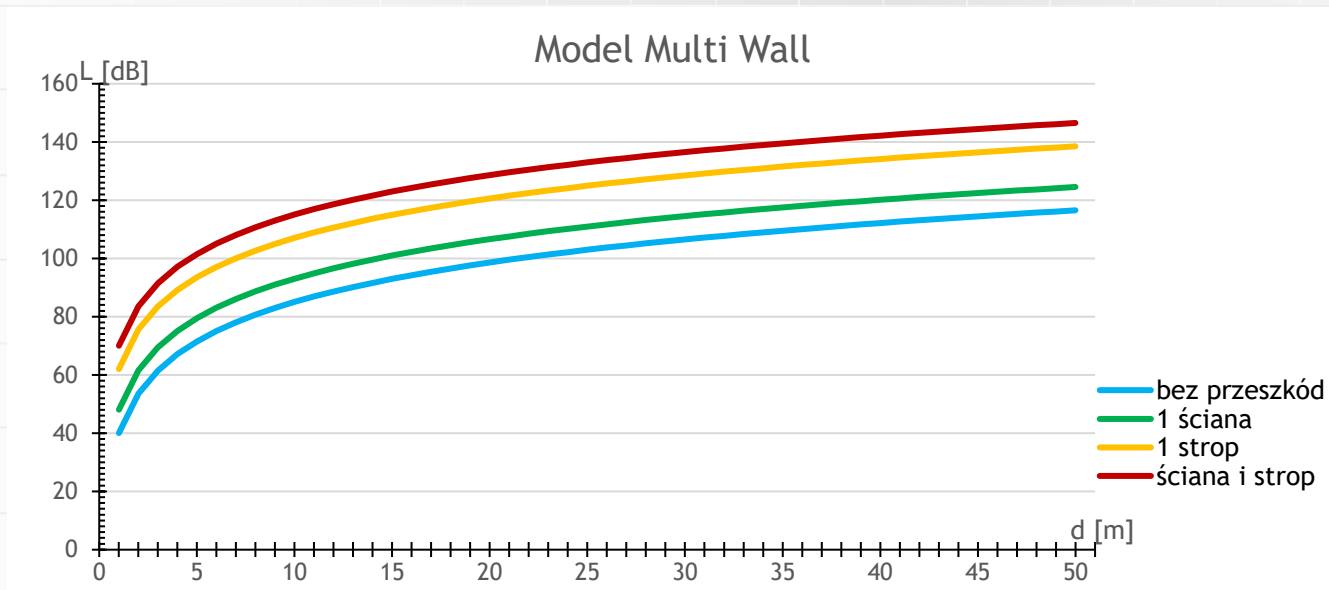


Model Multi-Wall

$$L_{MW} [dB] = L_0 + 10\gamma * \log(d) + \sum_{i=1}^I (n_w * L_w) + \sum_{j=1}^J (n_F * L_F)$$

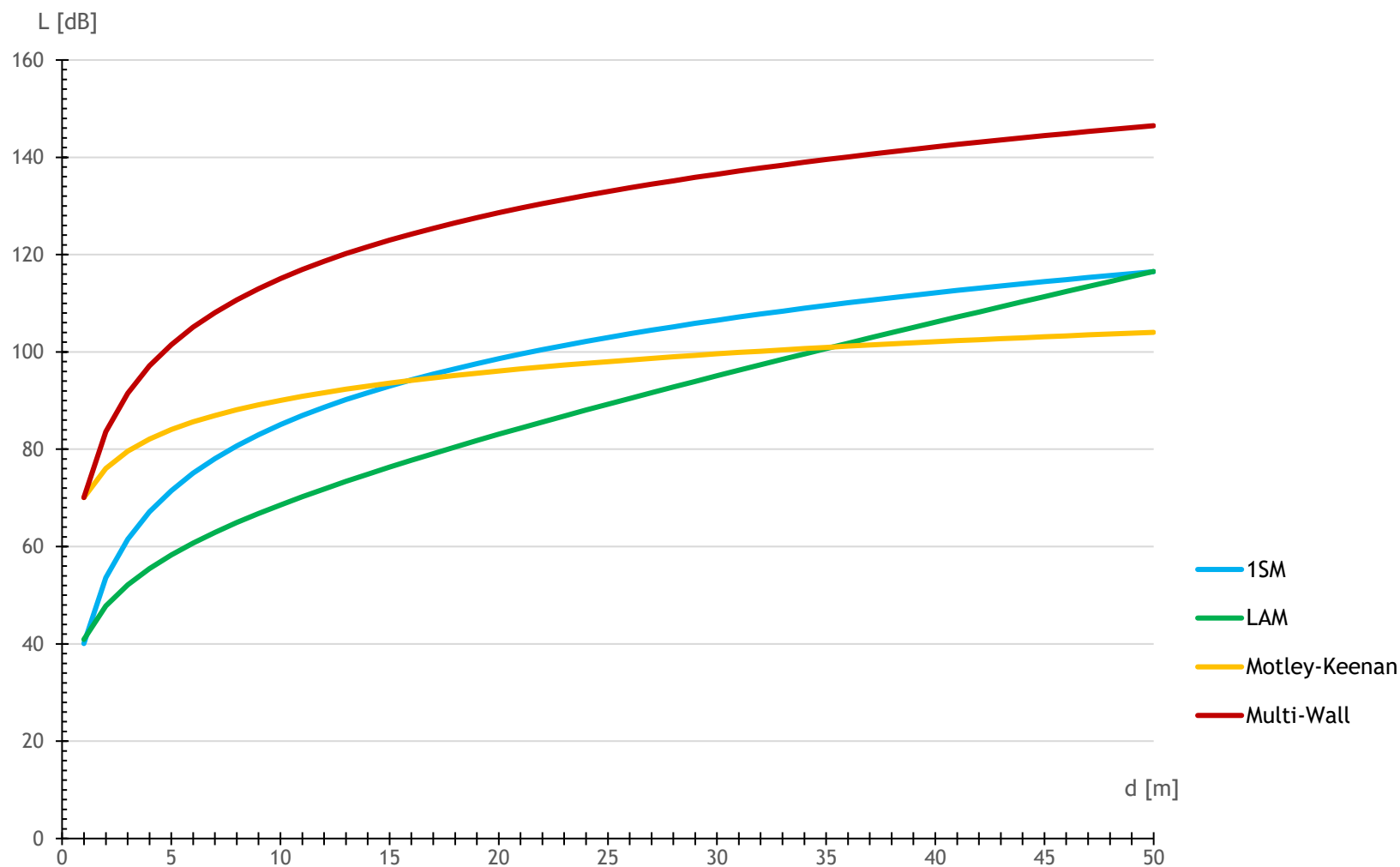
gdzie:

- L_{MW} – tłumienie między antenami
- L_0 – tłumienie odniesienia w odległości 1m
- γ – indeks odległościowego zaniku mocy
- d – odległość między antenami
- n_{wi}, n_{Fj} – liczba ścian kategorii i , stropów kategorii j
- L_{wi}, L_{Fj} – tłumienie ściany kategorii i , stropu kategorii j



Porównanie modeli

Porównanie Modeli Propagacyjnych



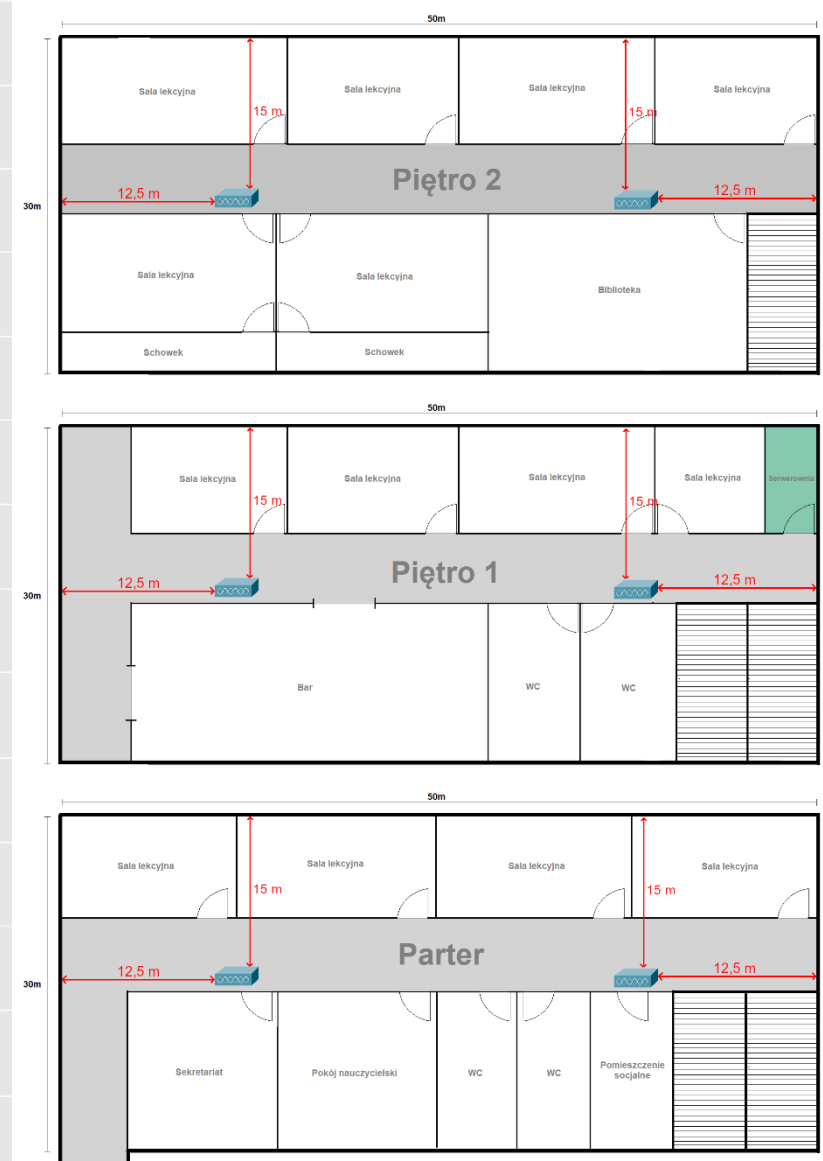
Rozmieszczenie punktów dostępowych

Minimalna moc sygnału jaką chcieliśmy zapewnić to $-80[\text{dBm}]$.

Przy wykorzystaniu modelu Multi-Wall, uzyskiwana jest ona w odległości $19[\text{m}]$ od nadajnika, jeżeli sygnał przechodzi przez pojedynczą ścianę.

Dodatkowe przejście sygnału przez strop zmniejsza ten dystans do $8[\text{m}]$.

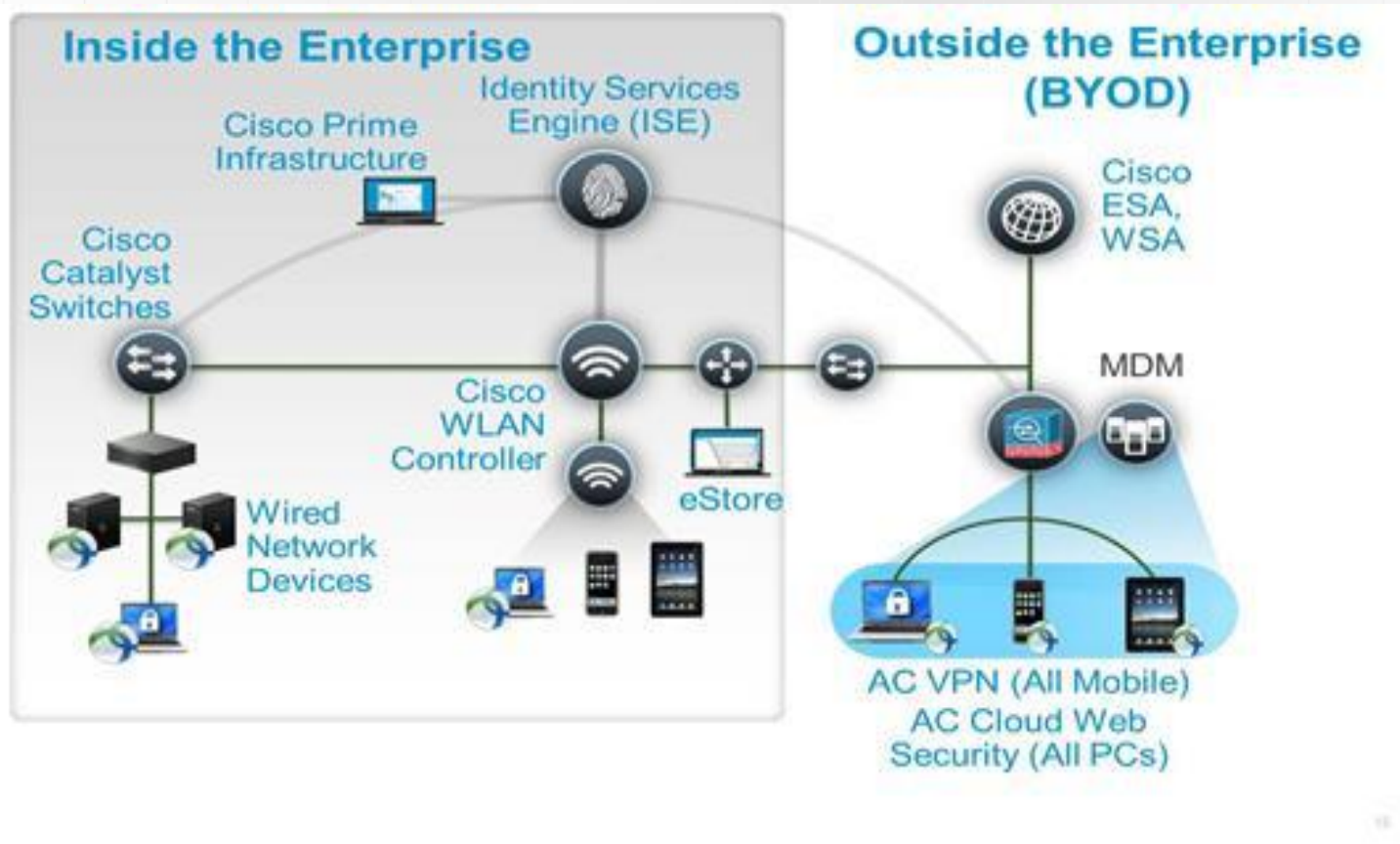
Wymusiło to zastosowanie przynajmniej dwóch punktów dostępowych na piętro.





Model dostępu do sieci oraz zabezpieczenia

Kontrola dostępu do sieci





Cisco ISE

- Cisco Identity Services Engine
- Pakiet narzędzi pozwalających na kontrolę ruchu w sieci komputerowej
- Posiada moduł BYOD (Bring Your Own Device)

Serwer obsługujący ISE - wymagania

- Obsługa Vmware ESXi w wersji 6 (hypervisor typu 1)
- Przypisane 2 rdzenie CPU z zegarem minimum 2.0GHz
- 16GB RAM

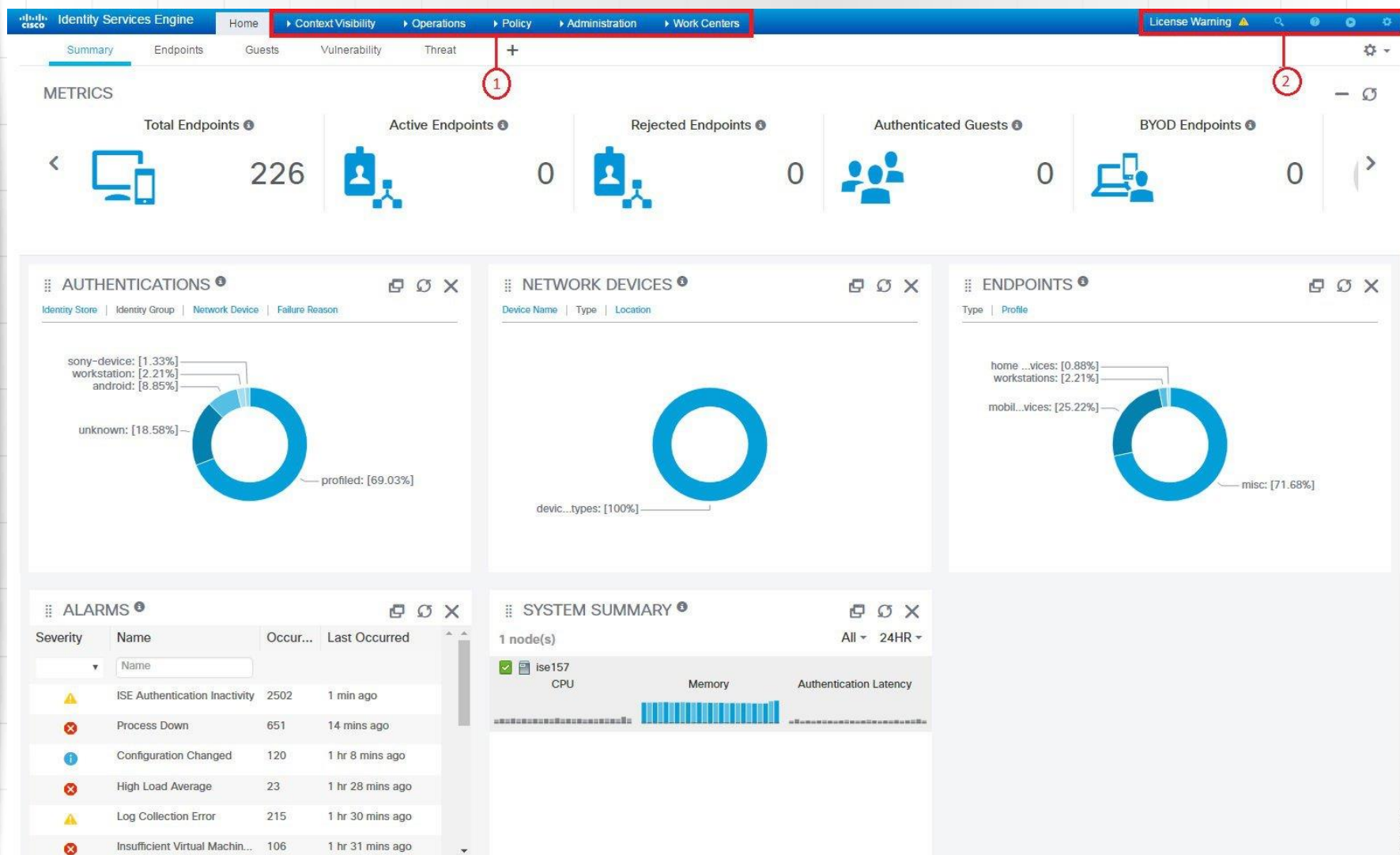
Serwer obsługujący ISE – Dell T140



<https://noteboox.de/media/image/product/78940/lg/dell-emc-poweredge-t140-server-mt-1-x-xeon-e-2124-33-ghz-ram-8-gb-hdd-1-intel-xeon-e-2124-8mb-cache-33ghz-en.jpg>

Środowisko administracyjne

- Możliwość dostępu z autoryzowanych urządzeń w sieci
- Pozwala śledzić wszystkie urządzenia znajdujące się w sieci
- Konfiguracja kont użytkowników, grupowanie, ustawianie parametrów dla BYOD



https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/security/ise/2-6/admin_guide/b_ise_admin_guide_26/b_ise_admin_guide_26_chapter_01.html

Podłączanie urządzeń prywatnych do sieci

- Użytkownik łączy się z punktem dostępowym
- Przy rozpoczęciu sesji pojawia się portal rejestracji urządzenia
- Możliwość instalacji certyfikatu na urządzeniu



Wybór urządzeń sieciowych i okablowania

Wybór urządzeń sieciowych



<https://www.wifireference.com/wp-content/uploads/2019/11/9130-dimensions.png>

Punkty dostępowe – *Cisco Catalyst 9130 AXI*

Wybór urządzeń sieciowych



https://cdn.x-kom.pl/i/setup/images/prod/big/product-large,,pr_2016_2_1_11_43_44_104.png

Przełącznik – *Cisco SG110-24HP*

Wybór urządzeń sieciowych



<https://netland24.pl/photos/5ad38ea6186e0.jpg>

Router – *Cisco RV340K9G5*

Wybór urządzeń sieciowych



https://electrogarden.pl/environment/cache/images/500_500_productGfx_108863/b66ff88c4f6bbaac439182575387.jpg

Serwer – *DELL T140*

Wybór okablowania



https://kompleksmedia.pl/img/products/46/87/1_max.jpg

Skrętka miedziana FTP kat. 6



Kosztorys projektu



Kosztorys projektu

Produkt	Cena jedn.	Ilość	Suma
Cisco Catalyst 9130 AXI	5208,00	6 szt.	31248,00
Cisco SG110-24HP	1129,31	1 szt.	1129,31
Cisco RV340K9G5	674,64	1 szt.	674,64
Serwer DELL T140	2847,97	1 szt.	2847,97
Skrętka miedziana FTP kat. 6	1,70	200 m	340,00
Wtyk RJ-45	0,50	18 szt.	9,00
Szafka sieciowa RACK 19' x 400mm	280,00	1 szt.	280,00
Listwa na kable	5,00	125 m	625,00
			37153,92



Podsumowanie



Dziękujemy za uwagę