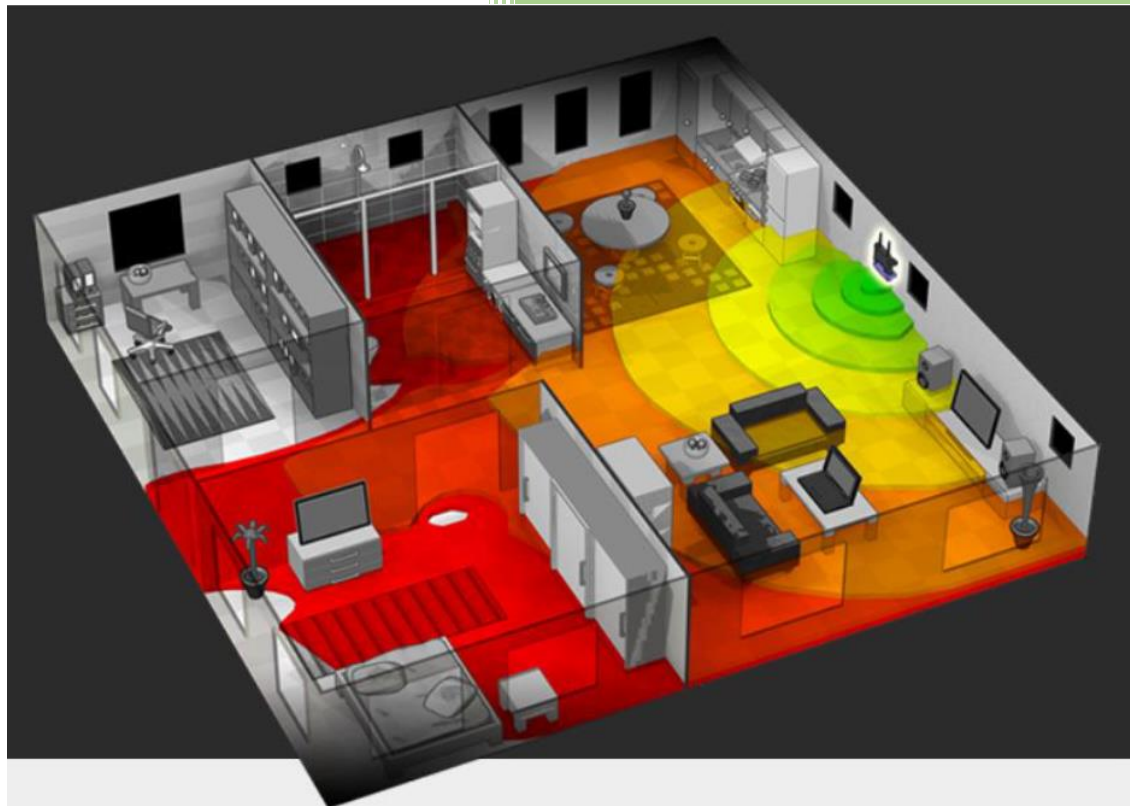


2021

# BEŽIČNE RAČUNALNE MREŽE - PROJEKT



Antonio Janach

Algebra

4/26/2021

## Sadržaj

Zadatak 1.....	2
1. Uvod.....	2
2. Analiza spektra: 2,4 Ghz i 5 Ghz.....	3
3. Heat map, Analiza pokrivenosti prostora signalom: .....	5
4. Prijedlog poboljšanja pokrivenosti i kvalitete signala vašeg cjelokupnog prostora .....	7
5. Zaključak .....	8
Zadatak 2.....	9
1. Uvod.....	9
2. Analiza prostora .....	9
3. EIRP .....	9
4. RSSI.....	9
5. MCS index .....	9
6. Antene.....	9
7. Razmještaj i karakterisitke AP-ova u prostoru.....	9
8. Zaključak .....	9
Zadatak 3.....	9

## Zadatak 1.

### 1. Uvod

U ovom projektnom zadatku obrađene su teme spektar signala bežičnih računalnih mreža, analiza pokrivenosti signalom, proučavanje odnosa AP-ova u slučaju smetnji kroz signale drugih mreža i rad na poboljšanju radi optimalne iskoristivosti lokalne mreže. Za potrebe rješavanja ovog zadatka korisnim prijenosno računalo koje ima ugrađen Wi-Fi adapter imena "Intel(R) Dual Band Wireless-AC 7265". Alati koji su korišteni za rješavanje ovog zadatka su: Room Sketcher koji je korišten za izradu tlocrta kuće, Netstat, Ekahau Heat maps. Za odabir optimalnog rješenja potrebno je provesti analizu spektra 2.4GHz. Provest ću analizu spektra od 2.4GHz jer router koji koristim ne podržava 5GHz spektar. Ime routera koji koristim od Optima Telekom davatelja usluga je „Innbox V45 Home Gateway AnnexB“

## 2. Analiza spektra: 2,4 Ghz i 5 Ghz

Spektar 2.4GHz je definirao ITU-R(Radio telekomunikacijski sektor ITU-a) radio frekvencijski spektar od 2400 do 2500MHz na svjetskoj razini kao industrijski, medicinski i znanstveni spektar. Što bi značilo da bilo koji IMS uređaj ima mogućnost emitirati signal u ovom frekvencijskom rasponu bez potrebe za nekom licencom. Naravno, uz uvjet da su uređaji u skladu s lokalnim regulativama koje definiraju razinu snage i tip signala koji neki od uređaja emitira. Kao na primjer efektivna izotopska snaga značenja za Europu iznosi 20dBm. Analizom frekvencijskog spektra podrazumijeva analizu oba frekvencijska spektra te identifikaciju smetnji kao i izradu plana implementacije frekvencijskih kanala na osnovu dobivenih rezultata analize. Bitno je napomenuti da kod analize frekvencijskog spektra izvor smetnji nisu samo druge WLAN mreže koje se nalaze u blizini, već smetnje mogu uzrokovati i uređaji koji za rad koriste frekvencije iz RF spektra u kojem radi WLAN. Primjer takvih smetnji mogu biti:

- Bežični telefoni
- Bežične kamere
- Satelitski tanjuri
- Uređaji koji za komunikaciju koriste bluetooth
- Neki modeli LCD monitora

Prije izrade implementacijskog plana potrebno je identificirati sve moguće izvore smetnji koje mogu utjecati na kvalitetu WLAN signala i zbog toga je provedba analize frekvencijskog spektra bitna. Rezultat analize frekvencijskog spektra u prostoru odabire se kanali na kojima će WLAN raditi, a ovisno o jačini smetnje odlučuje se koji RF spektar će biti bolje optimiziran i namijenjen za rad u produkciji.

Alat koji je korišten za analizu frekvencijskog spektra je NetSpot.

Moj SSID je „inbox“ sa signalom emitiranim u 2.4GHz spektru. Prosječna jačina mreže je -31dBm s bandwidthom od 20Mhz. Što rezultira jako dobrom kvaliteti signala jer se prijenosno računalo nalazi jedan metar od router-a. Kvaliteta signala se ocjenjuje prema vrijednostima koje su prikazane u tablici:

Tablica 1: kvaliteta jačine signala prikazana kroz tablicu

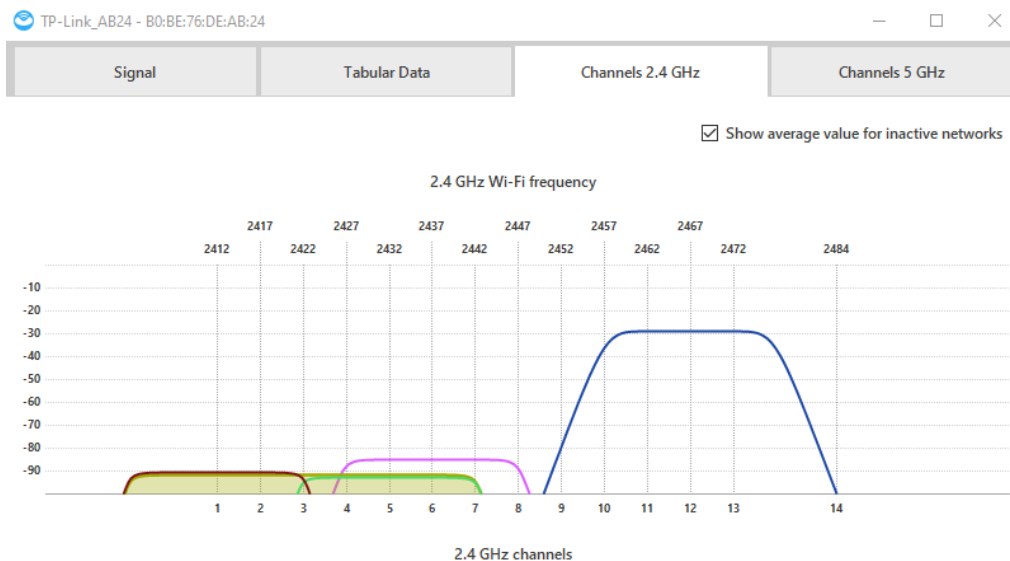
Jačina signala	TL; DR	
-30 dBm	Odlično	Maksimalno dostižna snaga signala. Klijent može biti udaljen samo nekoliko metara od AP-a da to postigne. Nije tipično ili poželjno u stvarnom svijetu.
-67 dBm	Vrlo dobro	Minimalna jačina signala za aplikacije koje zahtijevaju vrlo pouzdanu, pravodobnu isporuku podatkovnih paketa.
-70 dBm	Dobro	Minimalna jačina signala za pouzdanu isporuku paketa.
-80 dBm	Nije dobro	Minimalna jačina signala za osnovno povezivanje. Dostava paketa može biti nepouzdana.
-90 dBm	Neupotrebljiv	Bilo koja funkcionalnost je ne izvediva.

NetSpot - Discover

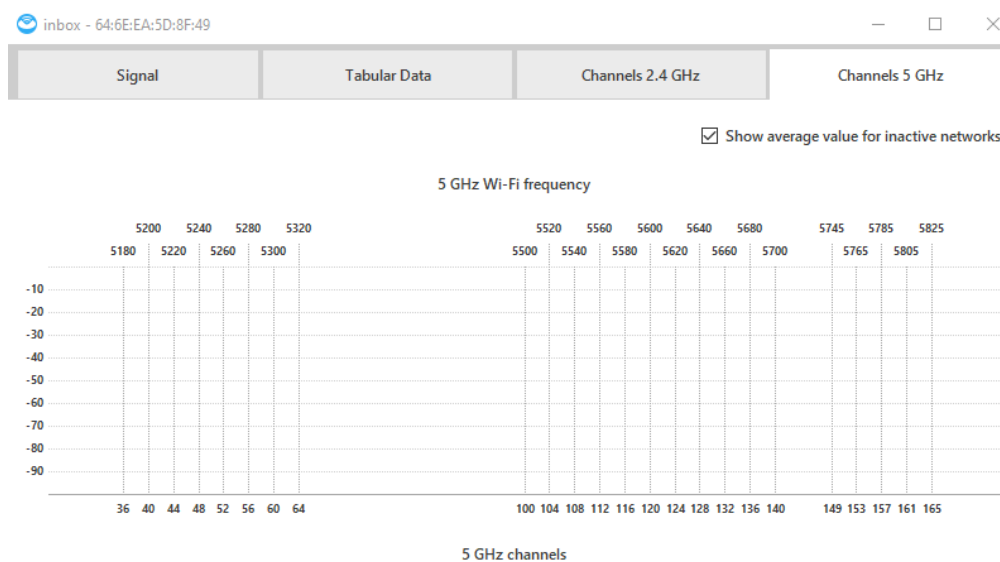
DISCOVER SURVEY

✓	SSID	BSSID	Alias	Graph	Signal	%	Min.	Max.	Average	Level	Band	Channel	Width	Vendor	Security	Mode	Last seen
✓	Lara	D8:29:18:76:9D:24			-83	15	-95	-81	-86		2.4	6	20	HUAWEI	WPA2 Personal	n	3 s ago
✓	TP-Link_AB24	B0:BE:76:DE:AB:24			-89	8	-93	-87	-91		2.4	1 + 1	40	TP-LINK	WPA2 Personal	n	3 s ago
✓	inbox	64:6E:EA:5D:8F:49			-28	79	-35	-28	-31		2.4	12	20	Iskratel	WPA2 Personal	n	3 s ago
✓	Pro-Ping_Kristijan	4C:F5:5B:56:D3:18			-94	2	-96	-91	-93		2.4	5	20	HUAWEI	WPA2 Personal	n	3 s ago
✓	Pro-Ping	3C:15:FB:69:51:E8			-92	5	-95	-89	-91		2.4	1	20	HUAWEI	WPA2 Personal	n	3 s ago
✓	Audi43259	00:1C:D7:25:4C:0A			-	-	-96	-90	-90		2.4	1	20	Harman/Beck...	WPA2 Personal	9	59 s ago

Slika 1: prikaz "inbox" SSID-a



Slika 2: prikaz 2.4GHz spektra "inbox" SSID-a na grafu označen plavom bojom



Slika 3: prikaz 5GHz spektra, router nema mogućnost koristiti 5GHz spektar

Antonio Janach

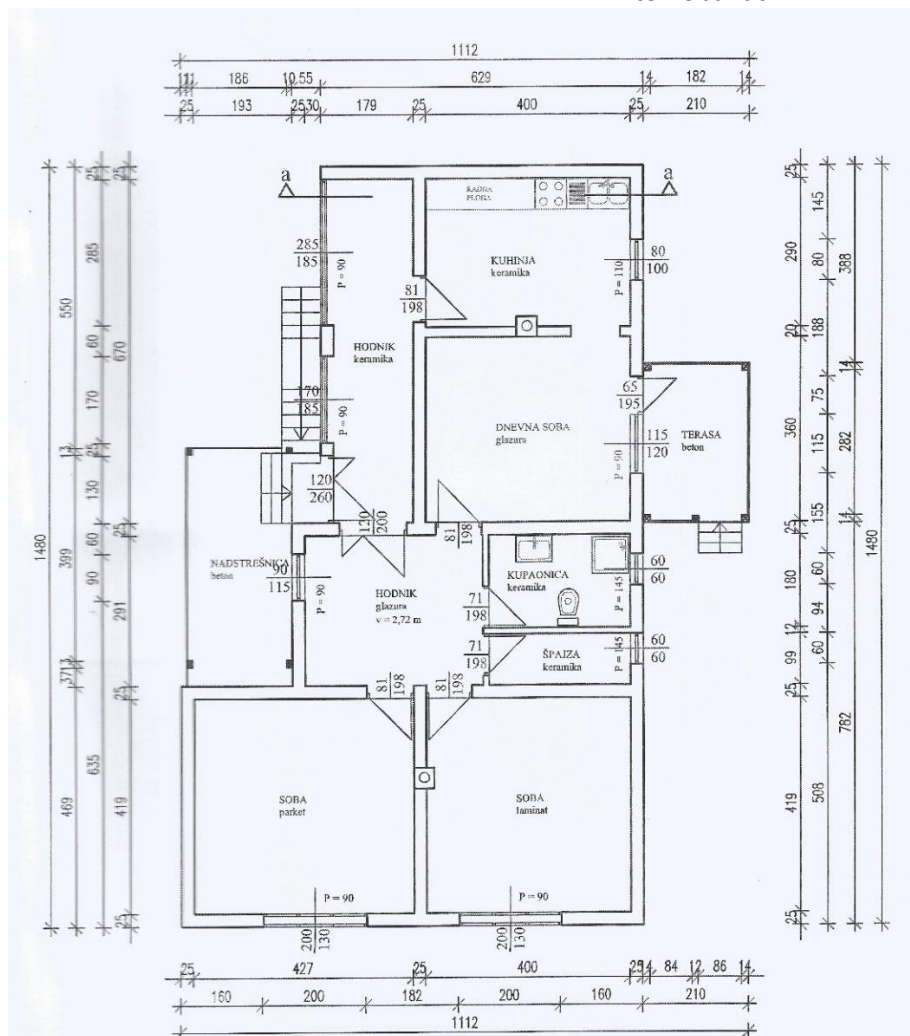
Kao što je vidljivo s grafa koji prikazuje slika 2 SSID "inbox" radi na kanalu 12 i niti jedna druga mreža ne okupira isti kanal pod brojem 12. Što bi značilo da je mreža zdrava jer je SNR vrijednost veća od 20dBm.

### 3. Heat map, Analiza pokrivenosti prostora signalom:

Nakon provedbe analize frekvencijskog spektra i prikupljanja svih potrebnih informacija o RF okruženju unutar prostora i nakon što su identificirane sve prepreke i površine koje mogu utjecati na kvalitetu signala u prostoru.

Koristeći Heat mapu mogu se dobiti informacije o pokrivenosti signala prostora u kojem boravimo. Heat mapa nije ništa drugo nego rasprostiranje signala prikazano grafički.

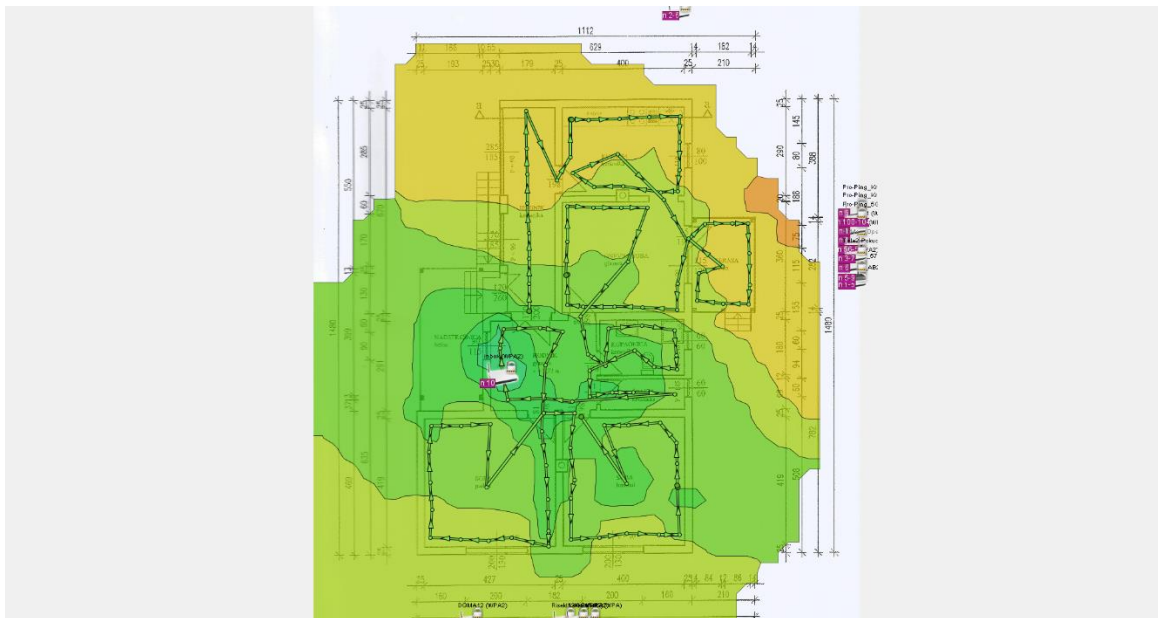
Za provođenje analize pokrivenosti prostora signalom korišten je alat Ekahau HeatMapper. Za rad s alatom potreban je tlocrt prostora u kojem će se vršiti survey. Survey se izvodi tako da osoba koja ga provodi polagano hoda po prostoru pritom označavajući svoju poziciju na tlocrtu svakih jedan metar. Prilikom svakog označavanja pozicije alat zapiše kolika je jačina signala na tom mjestu. Kada je survey gotov, alat generira mapu pokrivenosti prostora signalom (tzv. Heat map) na temelju izmjerenih rezultata. Kad se aplikacija Ekahau HeatMapper pokrene nudi nam opciju dodavanja slike tlocrta. U aplikaciju sam stavio tlocrt kuće koji sadrži 127.37m<sup>2</sup>. Kao što je zadano u zadatku tlocrt ima jasno prikazane kote te je vidljiva stolarija (vrata i prozori) i oznaku prostorija.



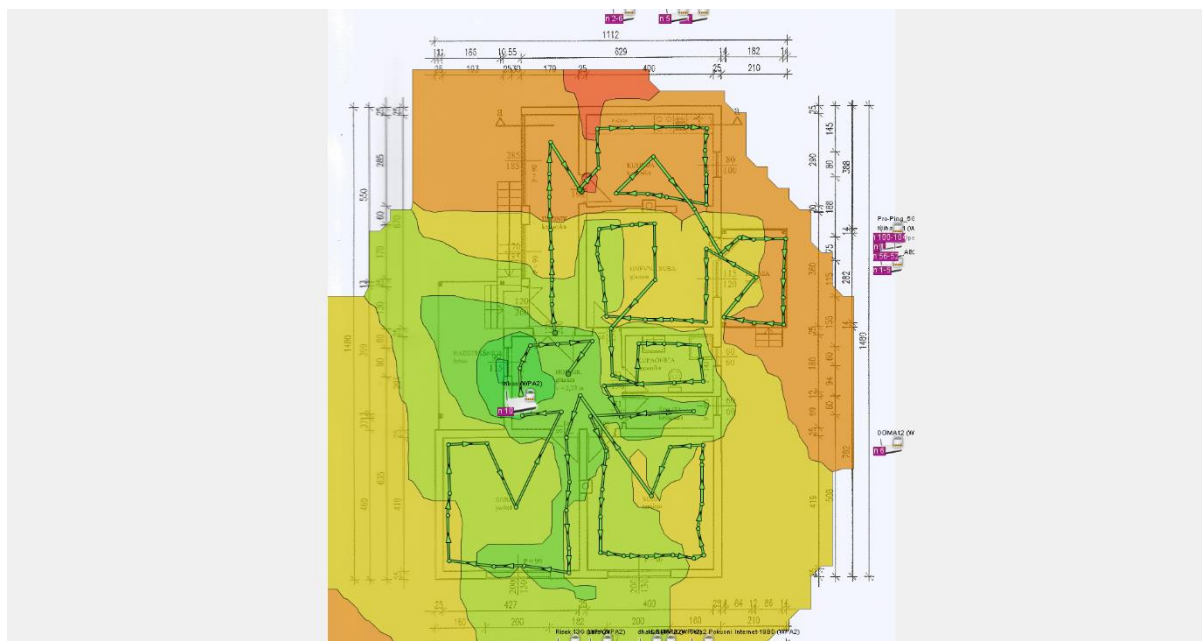
Slika 4: prikaz tlocrta kuće

Prvo mjerenje rađeno je s maksimalnom snagom AP-a. Mjerenje je provođeno svakih jedan metar. Krenuo sam s mjerenjem iz hodnika kroz svaku prostoriju pa prema sobama.

Antonio Janach



Slika 5: Heat mapa maksimalna snaga AP-a (100% Transmit Power)



Slika 6: Heat mapa minimalna snaga AP-a (20% Transmit Power)

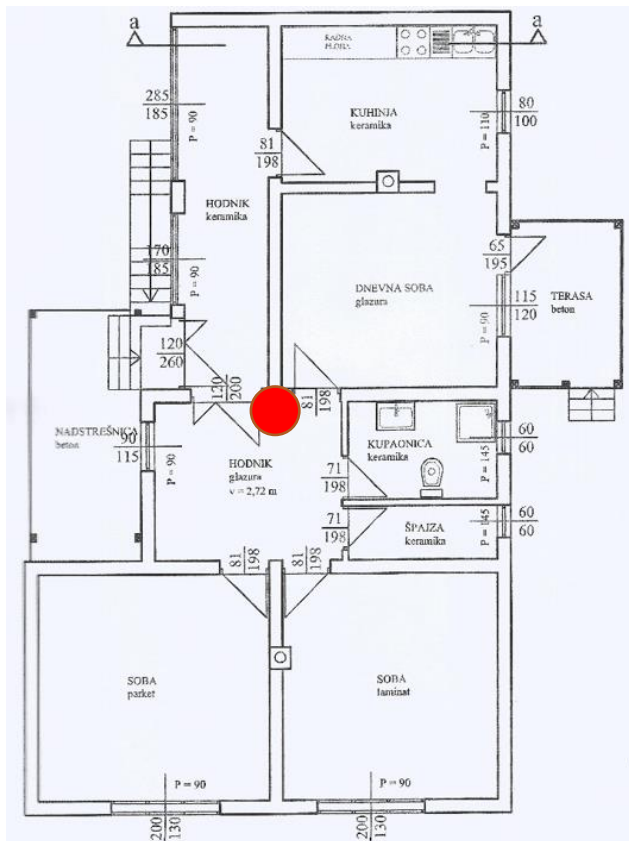
Na temelju dva mjerenja koja su provedena vidi se da je alat postavio ikonu AP-a tamo gdje je bio najjači signal. Za alat mogu reći da je vrlo precizan. Na prvom mjerenju gdje je *transmit power* postavljen na 100%, pokrivenost AP-a je u najudaljenijim prostorijama sasvim solidna. No kad je na drugom mjerenju postavljen *transmit power* na 20% vidi se da je pokrivenost na dijelovima gdje je kuhinja i terasa jako loša.



Antonio Janach

#### 4. Prijedlog poboljšanja pokrivenosti i kvalitete signala vašeg cjelokupnog prostora

Prema rezultatima koji su dobiveni iz mjerenja kvalitete signala koristeći alat *Ekahau HeatMapper* mogu zaključiti da bi trebalo pomaknuti router u desni gornji kut prostorije „hodnik“ kako bi se ravnomjerno rasporedilo širenje signala.



Slika 7: crvena točka prikazuje predloženu promjenu pozicije AP-a

Sljedeći prijedlog poboljšanja može biti nabavka novo AP-a koji će uključivati 5GHz, pa se onda može raditi bonding na 40MHz i time poboljšati performanse mreže. Zatim, bitno je napomenuti da se usprkos mogućnostima provider-ovog 3 u 1 uređaja ne smijemo ograničavati, već najbolje rješenje bilo bi kupiti punokrvni AP i isključiti WiFi na provider-ovom uređaju i koristiti ga isključivo kao usmjernik.

Što se tiče uređaja kojeg moje kućanstvo koristi, kanal ovog AP-a ne bi mijenjao jer ni jedna druga mreža u blizini ne koristi ovaj kanal pod brojem 12. Također spektar frekvencije ne mogu mijenjati jer AP ne podržava rad koristeći 5GHz. Zatim AP već po zadanim postavkama radi na maksimalnom snazi tako da su nad uređajem gotovo sve značajke za kvalitetu i pokrivenost signala uključene.

## 5. Zaključak

Analiza pokrivenosti prostora signalom i jačine ometajućih signala predstavljaju ključan korak pri implementaciji WLAN mreže. Bez provedbe analize WLAN mreža vrlo vjerojatno neće raditi optimalno, a uređaji i korisnici koji intenzivno koriste WLAN u svom radu neće biti zadovoljni. Pravilnom konfiguracijom WLAN mreže, odabirom kanala na kojima ima najmanje smetnji, optimizacijom izlazne snage i pravilnim pozicioniranjem AP-ova povećavaju se performanse mreže, brzina podataka i mrežna propusnost. Također, smanjuje se broj odbačenih mrežnih paketa, problema s prijenosom podataka, pucanja mrežne konekcije i ostalih problema u WLAN mreži. Provedbom analize olakšava se posao mrežnim administratorima tako što se otklanja potreba za naknadnom analizom problema u WLAN mreži zato što su već svi potencijalni problemi analizirani prije implementacije mrežnih WLAN uređaja.

## Zadatak 2.

### 1. Uvod

Prema zahtjevima koji se nalaze u projektu cilj je osmisлити projektno rješenje implementacije bežičnih pristupnih za tvrtku BRM d.o.o. koja je otvorila svoj novi ured u Zagrebu. Ured se prostire na 780m<sup>2</sup>. Ured je konstruiran od različitih materijala koji mogu utjecati na kvalitetu signala u prostoru te je potrebno ponuditi optimalno rješenje za tvrtku BRM d.o.o. uz ispunjavanje nekih od zahtjeva koji se traže:

1. Pristupne točke moraju podržavati obje frekvencije (2,4 GHz i 5 GHz)
2. Kvaliteta signala mora biti dovoljno dobra u svim prostorijama tako da mogu koristiti sve aplikacije na mobilnim uređajima (laptopi, mobiteli, tableti), a najvažniji su im kolaboracijski alati (zoom, skype, adobe connect,...).
3. Također im je važno da veza na kolaboracijskim alatima ne puca dok se kreću po uredima
4. SSID će se zvati po nazivu tvrtke "BRM"
5. I naravno, očekuju optimalno rješenje jer je budžet ograničen, sa što manje troškova realizirati projekt prema traženim parametrima (čitaj što manje AP-ova).

Kako bi se u zadanom prostoru ispuniti svi zahtjevi tvrtke BRM d.o.o. dodane su i tehničke specifikacije koje su nužne za izradu optimalnog rješenja koristeći simulator, a tehničke specifikacije su:

Tablica 2: tehničke specifikacije potrebne za izradu optimalnog rješenja

AP	Dual (2,4 i 5GHz), 3x3:3, mogućnost dodavanja eksternih antenna, dozvoliti samo 802.11 n i 802.11 ac standard
EIRP	Pogledaj u propise HAKOM-a: <a href="http://www.hakom.hr/UserDocImages/op%C4%87e%20dozvole%20prosinac%202009.g/Opca_dozvola_16.pdf">http://www.hakom.hr/UserDocImages/op%C4%87e%20dozvole%20prosinac%202009.g/Opca_dozvola_16.pdf</a>
NET LOSS	Za 2,4 GHz ne smije niti na jednom mjestu biti veći od 83 db Za 5 GHz ne smije niti na jednom mjestu biti veći od 94 db
MCS index	Za 2,4 GHz na najslabijoj točki signala data rate (propusnost) mora biti veći od 200 Mbit/s. Za 5 GHz na najslabijoj točki signala data rate mora biti veći od 160 Mbit/s

Pošto je u zahtjevu navedeno da se radi o poslovnom uredu, neke od karakteristika poslovnih ureda su velika gustoća uređaja, čemu pogoduje sve veća upotreba prijenosnih računala, pametnih telefona, tableta i sl. Obično se najviše koriste aplikacije koje pristup mreži koriste standardni prijenos podataka (e-mail, prijenos datoteka, pristup bazama podataka, pregledavanje internet stranice, udaljen pristup računalima i sl.). Zato je kod dizajna WLAN mreže u poslovnih uredima najvažnije identificirati koji su najvažniji servisi/aplikacije koje će se koristiti. Također posebnu pažnju je potrebno obratiti na područja koja nije lako pokriti signalom kao što su predvorja, auditoriji i velike sobe za sastanke.

Pretpostavka zašto se je tvrtka BRM d.o.o. odlučila na WLAN rješenje, a ne LAN jest to da WLAN mreže predstavljaju sve popularnije rješenje za prijenos podatkovnog i glasovnog prometa. Zatim nadzor, kontrolu AP-ova i odvajanje pristupa za interne korisnike i goste, kao i pristup aplikacijama i podacima u i izvan ureda.

## 2. Analiza prostora

Informacije o arhitekturi ureda koje su vrlo bitne za provedbu optimalnog rješenja su materijali od kojih su načinjeni unutrašnji zidovi u uredu te razmještaj unutrašnjih prozora (bitna informacija je radi li se o jednostrukom ili dvostrukom staklu), postoje li u uredu veće metalne površine ili predmeti od kojih bi se signal mogao nepredvidivo odbijati. Sve te informacije pomažu u pravilnoj procjeni i analizi prostora u kojem će se implementirati ili optimizirati WLAN.

Različiti materijali drugačije djeluju na signal, npr. Signal mnogo lakše prodire kroz zid načinjen od gipsanih ploča nego kroz zid od cigle ili armiranog betona. Također, dvostruko staklo uzrokuje veće gubitke za signal nego jednostruko što također treba uzeti u obzir prilikom analize i implementacije WLAN mreže. U sljedećoj tablici se nalaze gubici uzrokovani prodiranjem signala kroz određene materijale:

Tablica 3: gubitak snage signala prolaskom kroz različite materijale

Materijal	Gubitak
Gipsana ploča	3 dB
Uredski prozor	3 dB
Porobeton	4 dB
Metalna vrata	6 dB
Staklena stijena (s metalnim okvirom)	6 dB
Metalna vrata u zidu od cigle	12 dB

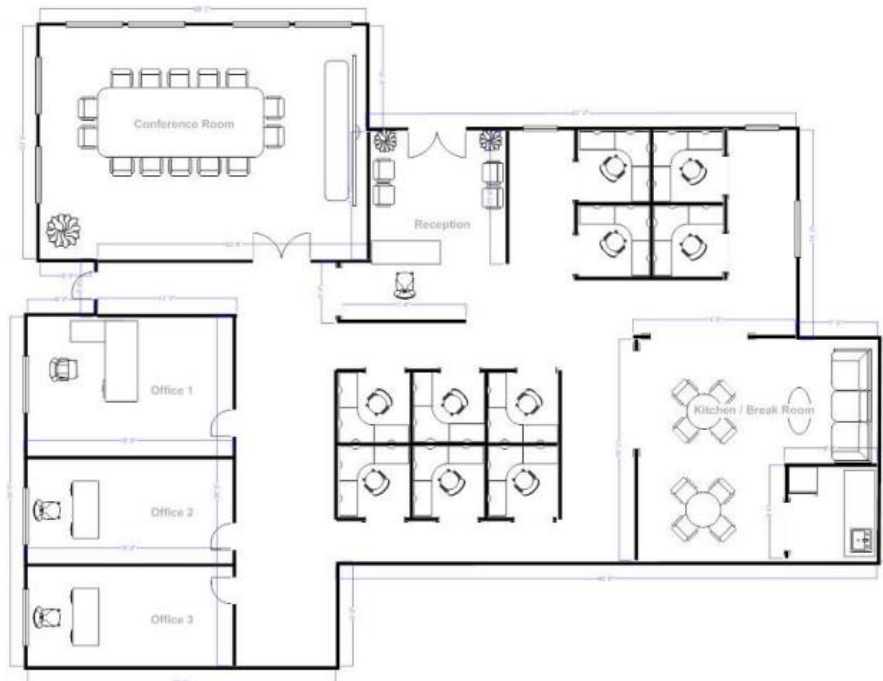
Prilikom analize gubitaka kroz različite materijala potrebno je obratiti pažnju na činjenicu da je gubitak od 3 dB zapravo smanjenje snage signala za 50%, a gubitak od 10 dB je zapravo smanjenje snage signala za 1000%.

Analizom prostora koji su dani u opisu projekta potrebno je uzeti u obzir opseg i limitacije prostora u kojem se implementira rješenje. Staklene površine, armirani beton i gipsana ploča neke su od ključnih čimbenika koje je potrebno uzeti u obzir kod izrade dizajna WLAN mreže. Navedeni čimbenici imaju utjecaj na mrežu i signal koji se odašilje. WLAN mrežu je potrebno projektirati za prostor koji obuhvaća 780m<sup>2</sup>. Prostor se sastoji od recepcije, konferencijske sobe, par ureda, sobe za odmor/kuhinje i odjeljka za zaposlenike. Prostor je konstruiran od nosivih zidova Armirane-betonske konstrukcije debljine 25cm. Pregradni zidovi se sastoje od gipsanih ploča debljine 15cm. Dio s odjeljcima za zaposlenike sadrže pregradu debljine 6cm. Ulazna vrata su metalna ko i vrata od konferencijske sobe. Soba za odmor koja ujedno ima svrhu kuhinje je ograđena staklenom stijenom debljine 15cm. Kako bi se kreirano najbolje rješenje potrebno je znati koliko otprilike koji materijal oslabljuje dBm signal:

- Gipsana ploča: 8-16 dBm
- Staklene površine: 4 dBm
- Metalna vrata: 4 dBm
- Armirani beton: 10-19 dBm (ovisno o gustoći postavljenog metala u betonu)

Detaljnije o utjecaju materijala na signal može se pogledati ovdje:

<https://www.signalbooster.com/blogs/news/how-much-which-building-materials-block-cellular-wifi-signals>.



Slika 8: tlocrt ureda

Ovime završava poglavlje analize prostora gdje je zaključeno da treba uzeti u obzir građevinske materijale i stolariju koja se nalazi u prostoru zbog utjecaja na kvalitetu signala. U sljedećem poglavlju bit će objašnjeno što je EIRP i kako se računa.

### 3. EIRP

EIRP (Effective Isotropic Radiated Power) - efektivna izotropno zračena snaga je jedinica kojom se mjeri jačina izračenog polja, tipično iz radio antene. U RF sustavima EIRP je vrijednost snage koju bi trebala zračiti izotropna antena da bi signal na prijemnoj anteni bio iste razine kao i s antenom koja se koristi. EIRP vrijednost uzima u obzir gubitke u kablovima, konektorima, kao i gain antene. Dobitak se izražava u dBi (decibel prema izotropnoj anteni).

#### Za spektar 2.4 GHz

ITU-R (radiotelekomunikacijski sektor ITU-a) definira radio frekvencijski spektar u rasponu od 2400 do 2500MHz na svjetskoj razini kao industrijski, medicinski i znanstveni (IMS) spektar. To znači da bilo koji IMS uređaj ima mogućnost emitiranja signala u ovom frekvencijskom spektru bez potrebe za licencom, uz uvjet da su uređaji u skladu s lokalnim regulativama koje definiraju razinu snage i tip signala koji uređaj emitira. Efektivna izotropna snaga zračenja (*effective isotropic radiated power*, skraćeno EIRP) predstavlja zbroj izlazne snage uređaja i dobitaka antene kojem su oduzeti gubici u kablovima. ETSI definira maksimalni EIRP za Europu te on iznosi 20 dBm.

#### Za spektar 5 GHz

U ovome spektru pravila su kompleksnija nego u spektru 2.4 GHz zato što je spektar podijeljen na četiri podspektra, a to su:

- UNII-1
- UNII-2
- UNII-2 prošireni
- UNII-3

U Europi ETSI definira maksimalni EIRP koji za navedena četiri podspektra iznosi:

Naziv podspektra	Iznos (dBm)
UNII-1	23
UNII-2	23
UNII-2 prošireni	30
UNII-3	36

Sva tri podspektra su slobodna za korištenje za implementacije unutar zatvorenih prostora, dok je jedino UNII-2 prošireni i UNII-3 dopušten za implementacije na otvorenom prostoru.

Antonio Janach

Bitno je spomenuti vrste antena koje se danas koriste za bežično povezivanje te je odabir između njih ovisan o želji dosega signala:

1. Omnidirekionalna antena
2. Ravna antena
3. Usmjerna (Yagi) antena

Slika 9: vrste antena



(Izvor: [http://sigurnost.zemris.fer.hr/ns/wireless/2004\\_maric/fizicko.htm](http://sigurnost.zemris.fer.hr/ns/wireless/2004_maric/fizicko.htm), 28.4.2021.)

Za rješavanje ovog zadatka koristit ću 5dbi omnidirekcionalnu antenu. Omnidirekcionalne antene šire značenje u svim smjerovima, bežični signal primaju i šalju podjednako u svim pravcima i dobitak takve antene u određenom smjeru je manji u odnosu na usmjernu antenu tako da se uglavnom koristi za topologiju point-to-multipoint. Sukladno tome takva antena će se koristiti za izradu optimalnog rješenja tvrtke BRM d.o.o. zato što treba pokriti cijeli ured s WiFi signalom.

U projektu je zadano da AP-ovi moraju moći podržavati 2.4 GHz i 5 GHz spektar, zatim treba je potrebno dopustiti korištenje dva standarda, a to su 802.11n i 802.11ac. Zatim treba paziti na kanale da se ne preklapaju, stoga sve AP-ove treba konfigurirati na različitim kanalima. Također projekt zahtjeva da ne dolazi do pucanja veze tijekom prebacivanja s pojedinačnih AP-ova.

Zakonski limit za 802.11n i 802.11ac maksimalno dopušta 10mW/MHz i ne smiju se proći sljedeće vrijednosti:

Tablica 4: prikaz zakonskog limita za 2.4G i 5G spektar

Spektar	Vrijednost
2.4 GHz	10mW * 20MHz = 200mW
5 GHz	10mW * 40MHz = 400mW

Formula za izračun EIRP-a:

$$EIRP = P - L + G$$

U ovoj formuli P označava izlaznu snagu AP-a izraženu u dBm, L označava gubitak signala u kabelu izreženo u dB i G označava doneseni signal koji antena amplificira (označava se u dBi).

Kako bi se izračunao EIRP potrebne su sljedeće varijable:

- Koristit će se 5dbi omnidirekionalna antena
- Snaga koja će se koristiti je 63mW

Potrebne formule za izračun EIRP:

- Pretvorba mW u dBm:

$$P(\text{dBm}) = 10 \log \frac{P(\text{mW})}{1\text{mW}}$$

- EIRP:

$$EIRP = P - L + G$$

- Pretvorba dBm u mW:

$$P = 10^{\frac{EIRP}{10}}$$

Postupak računa:

- Prvo je potrebno pretvoriti mW u dBm koristeći sljedeću formulu:

$$P = 10 \log \frac{63 * 10^{-3}}{1 * 10^{-3}} = 17.9934 \text{ dBm}$$

- Izračunati EIRP koristeći sljedeću formulu:

$$EIRP = P - L + G = 17.9934 - 0 + 5 = 22.9934 \text{ dBm}$$

- Zatim pretvoriti dBm u mW kako bi se uvjerali da ne prekoračujemo zakonski limit 10mW/MHz:

$$P = 10^{\frac{EIRP}{10}} = 10^{\frac{22.9934}{10}} = 199.2234 \text{ mW}$$

Jačina signala na samoj anteni je 199.2234mW, što je na granici s maksimalno dopuštenim zakonskim limitom od 200mW. Detaljan izračun nalazi se u prilogu „Izračun EIRP“ s poslanim dokumentom.



#### 4. RSSI

RSSI(indikator jačine primljenog signala) je relativna snaga primljenog signala u bežičnom okruženju te je pokazatelj razine snage koju prijemni radio prima nakon antene i mogućeg gubitka u kabelima.

Vrijednost je korisna za utvrđivanje da li je signal dobar za dobru bežičnu mrežu. Bitno je napomenuti da su dBm i RSSI različite mjerne jedinice koje obje predstavljaju razinu snage u mW.

RSSI je izraz koji se koristi za mjerenje relativne kvalitete primljenog signala na klijentskim uređajima, ali nema apsolutnu vrijednost. Standard IEEE određuje da RSSI može biti na ljestvici od 0 do 255 ovisno o proizvođaču.

Kad pogledamo u specifikacije projekta gubitak koji je dozvoljen za spektar signala 2.4GHz iznosi 83dB, a za 5GHz spektar gubitak koji je dozvoljen iznosi 94dB.

Za izračun RSSI potrebna je vrijednost EIRP koji je izračunat u prošlom zadatku.

Potrebne formule:

$$RSSI = Pt(EIRP) - Pl(PathLoss)$$

U ovoj formuli Pt označava snagu prijensa signala, Pl označava gubitak puta.

Postupak računa:

- Za 2.4GHz spektar:

$$RSSI = EIRP - PathLoss = 22.9934 - 83 = \sim - 60dB$$

- Za 5GHz spektar:

$$RSSI = EIRP - PathLoss = 22.9934 - 94 = \sim - 71dB$$

## 5. MCS indeks

Vrijednost indeksa sheme modulacija i kodiranja (MCS) koristi se za određivanje vjerojatne brzine prijenosa podataka WiFi veze. MCS vrijednost u osnovi sažima broj prostornih tokova, vrstu modulacije i brzinu kodiranja koja je moguća pri povezivanju bežične pristupne točke. U stvarnosti, stvarni MCS ovisi će o varijablama poput dizajna hardvera i lokalnih smetnji. Ako se bežična ili WiFi veza ne može održati, tj. Na vezi postoji previše CRC pogrešaka, vrijednost MCS-a može se smanjiti, što će smanjiti stopu pogrešaka.

MCS faktor određuje koliko se podatkovnih bitova može prenijeti po signalu nosiocu. Uzima u obzir dvije stvari. Prva je modulacijska shema kodiranja koja određuje koliko se bitova može prenijeti po simbolu fazno amplitudnih modulacijskih tehnika. Što je veća vrijednost, veća je spektralna učinkovitost, što bi značilo da se povećava kapacitet prijenosa, ali i vjerojatnost pogreške uzrokovane šumom. Druga stvar je broj redundantnih bitova u ukupnom broju bitova po simbolu koji služe u svrhu detekcije grešaka. Označava se k/n gdje je k broj korisnih podatkovnih bitova, n ukupna duljina simbola u bitovima, a n-k broj redundantnih bitova.

U projektu MCS indeks potreban je za dodatnu konfiguraciju AP-a. Kad se pogledaju zahtjevi koji su navedeni u tehničkim postavkama projekta moraju se zadovoljiti stavke za 2.4GHz spektr, a to je da u najslabije pokrivenom dijelu signal ne smije biti manji od 200Mbit/s, a za 5GHz, u najslabije pokrivenom dijelu ne smije biti manji od 160Mbit/s.

Tablica 5: tablicom su prikazana vrijednosti MCS faktora

VHT MCS	Modulation	Coding	20MHz				40MHz				80MHz				160MHz			
			Data Rate		Min.	RSSI	Data Rate		Min.	RSSI	Data Rate		Min.	RSSI	Data Rate		Min.	RSSI
			800ns	400ns	SNR		800ns	400ns	SNR		800ns	400ns	SNR		800ns	400ns	SNR	
1 Spatial Stream																		
0	BPSK	1/2	6.5	7.2	2	-82	13.5	15	5	-79	29.3	32.5	8	-76	58.5	65	11	-73
1	QPSK	1/2	13	14.4	5	-79	27	30	8	-76	58.5	65	11	-73	117	130	14	-70
2	QPSK	3/4	19.5	21.7	9	-77	40.5	45	12	-74	87.8	97.5	15	-71	175.5	195	18	-68
3	16-QAM	1/2	26	28.9	11	-74	54	60	14	-71	117	130	17	-68	234	260	20	-65
4	16-QAM	3/4	39	43.3	15	-70	81	90	18	-67	175.5	195	21	-64	351	390	24	-61
5	64-QAM	2/3	52	57.8	18	-66	108	120	21	-63	234	260	24	-60	468	520	27	-57
6	64-QAM	3/4	58.5	65	20	-65	121.5	135	23	-62	263.3	292.5	26	-59	526.5	585	29	-56
7	64-QAM	5/6	65	72.2	25	-64	135	150	28	-61	292.5	325	31	-58	585	650	34	-55
8	256-QAM	3/4	78	86.7	29	-59	162	180	32	-56	351	390	35	-53	702	780	38	-50
9	256-QAM	5/6			31	-57	180	200	34	-54	390	433.3	37	-51	780	866.7	40	-48
2 Spatial Streams																		
0	BPSK	1/2	13	14.4	2	-82	27	30	5	-79	58.5	65	8	-76	117	130	11	-73
1	QPSK	1/2	26	28.9	5	-79	54	60	8	-76	117	130	11	-73	234	260	14	-70
2	QPSK	3/4	39	43.3	9	-77	81	90	12	-74	175.5	195	15	-71	351	390	18	-68
3	16-QAM	1/2	52	57.8	11	-74	108	120	14	-71	234	260	17	-68	468	520	20	-65
4	16-QAM	3/4	78	86.7	15	-70	162	180	18	-67	351	390	21	-64	702	780	24	-61
5	64-QAM	2/3	104	115.6	18	-66	216	240	21	-63	468	520	24	-60	936	1040	27	-57
6	64-QAM	3/4	117	130.3	20	-65	243	270	23	-62	526.5	585	26	-59	1053	1170	29	-56
7	64-QAM	5/6	130	144.4	25	-64	270	300	28	-61	585	650	31	-58	1170	1300	34	-55
8	256-QAM	3/4	156	173.3	29	-59	324	360	32	-56	702	780	35	-53	1404	1560	38	-50
9	256-QAM	5/6			31	-57	360	400	34	-54	780	866.7	37	-51	1560	1733.3	40	-48
3 Spatial Streams																		
0	BPSK	1/2	19.5	21.7	2	-82	40.5	45	5	-79	87.8	97.5	8	-76	175.5	195	11	-73
1	QPSK	1/2	39	43.3	5	-79	81	90	8	-76	175.5	195	11	-73	351	390	14	-70
2	QPSK	3/4	58.5	65	9	-77	121.5	135	12	-74	263.3	292.5	15	-71	526.5	585	18	-68
3	16-QAM	1/2	78	86.7	11	-74	162	180	14	-71	351	390	17	-68	702	780	20	-65
4	16-QAM	3/4	117	130	15	-70	243	270	18	-67	526.5	585	21	-64	1053	1170	24	-61
5	64-QAM	2/3	156	173.3	18	-66	324	360	21	-63	702	780	24	-60	1404	1560	27	-57
6	64-QAM	3/4	175.5	195	20	-65	364.5	405	23	-62			26	-59	1579.5	1755	29	-56
7	64-QAM	5/6	195	216.7	25	-64	405	450	28	-61	877.5	975	31	-58	1755	1950	34	-55
8	256-QAM	3/4	234	260	29	-59	486	540	32	-56	1053	1170	35	-53	2106	2340	38	-50
9	256-QAM	5/6	260	288.9	31	-57	540	600	34	-54	1170	1300	37	-51			40	-48

Slika 10: (izvor: <http://bit.ly/2G0DlCd>, 3.5.2021.)

S crvenim je u tablici naznačen data rate od 216.7Mbit/s s radom na 400ns *Guard Interval*. Također će biti potrebno koristiti tri *spatial steama* kako bi se ispunili tehnički zahtjevi zadani za 2.4GHz.

Tablica 6: tablicom su prikazana vrijednosti MCS faktora

VHT MCS	Modulation	Coding	20MHz				40MHz				80MHz				160MHz			
			Data Rate		Min.	RSSI	Data Rate		Min.	RSSI	Data Rate		Min.	RSSI	Data Rate		Min.	RSSI
			800ns	400ns	SNR		800ns	400ns	SNR		800ns	400ns	SNR		800ns	400ns	SNR	
1 Spatial Stream																		
0	BPSK	1/2	6.5	7.2	2	-82	13.5	15	5	-79	29.3	32.5	8	-76	58.5	65	11	-73
1	QPSK	1/2	13	14.4	5	-79	27	30	8	-76	58.5	65	11	-73	117	130	14	-70
2	QPSK	3/4	19.5	21.7	9	-77	40.5	45	12	-74	87.8	97.5	15	-71	175.5	195	18	-68
3	16-QAM	1/2	26	28.9	11	-74	54	60	14	-71	117	130	17	-68	234	260	20	-65
4	16-QAM	3/4	39	43.3	15	-70	81	90	18	-67	175.5	195	21	-64	351	390	24	-61
5	64-QAM	2/3	52	57.8	18	-66	108	120	21	-63	234	260	24	-60	468	520	27	-57
6	64-QAM	3/4	58.5	65	20	-65	121.5	135	23	-62	263.3	292.5	26	-59	526.5	585	29	-56
7	64-QAM	5/6	65	72.2	25	-64	135	150	28	-61	292.5	325	31	-58	585	650	34	-55
8	256-QAM	3/4	78	86.7	29	-59	162	180	32	-56	351	390	35	-53	702	780	38	-50
9	256-QAM	5/6			31	-57	180	200	34	-54	390	433.3	37	-51	780	866.7	40	-48
2 Spatial Streams																		
0	BPSK	1/2	13	14.4	2	-82	27	30	5	-79	58.5	65	8	-76	117	130	11	-73
1	QPSK	1/2	26	28.9	5	-79	54	60	8	-76	117	130	11	-73	234	260	14	-70
2	QPSK	3/4	39	43.3	9	-77	81	90	12	-74	175.5	195	15	-71	351	390	18	-68
3	16-QAM	1/2	52	57.8	11	-74	108	120	14	-71	234	260	17	-68	468	520	20	-65
4	16-QAM	3/4	78	86.7	15	-70	162	180	18	-67	351	390	21	-64	702	780	24	-61
5	64-QAM	2/3	104	115.6	18	-66	216	240	21	-63	468	520	24	-60	936	1040	27	-57
6	64-QAM	3/4	117	130.3	20	-65	243	270	23	-62	526.5	585	26	-59	1053	1170	29	-56
7	64-QAM	5/6	130	144.4	25	-64	270	300	28	-61	585	650	31	-58	1170	1300	34	-55
8	256-QAM	3/4	156	173.3	29	-59	324	360	32	-56	702	780	35	-53	1404	1560	38	-50
9	256-QAM	5/6			31	-57	360	400	34	-54	780	866.7	37	-51	1560	1733.3	40	-48
3 Spatial Streams																		
0	BPSK	1/2	19.5	21.7	2	-82	40.5	45	5	-79	87.8	97.5	8	-76	175.5	195	11	-73
1	QPSK	1/2	39	43.3	5	-79	81	90	8	-76	175.5	195	11	-73	351	390	14	-70
2	QPSK	3/4	58.5	65	9	-77	121.5	135	12	-74	263.3	292.5	15	-71	526.5	585	18	-68
3	16-QAM	1/2	78	86.7	11	-74	162	180	14	-71	351	390	17	-68	702	780	20	-65
4	16-QAM	3/4	117	130	15	-70	243	270	18	-67	526.5	585	21	-64	1053	1170	24	-61
5	64-QAM	2/3	156	173.3	18	-66	324	360	21	-63	702	780	24	-60	1404	1560	27	-57
6	64-QAM	3/4	175.5	195	20	-65	364.5	405	23	-62			26	-59	1579.5	1755	29	-56
7	64-QAM	5/6	195	216.7	25	-64	405	450	28	-61	877.5	975	31	-58	1755	1950	34	-55
8	256-QAM	3/4	234	260	29	-59	486	540	32	-56	1053	1170	35	-53	2106	2340	38	-50
9	256-QAM	5/6	260	288.9	31	-57	540	600	34	-54	1170	1300	37	-51			40	-48

 Slika 11: (izvor: <http://bit.ly/2G0DIcD>, 3.5.2021.)

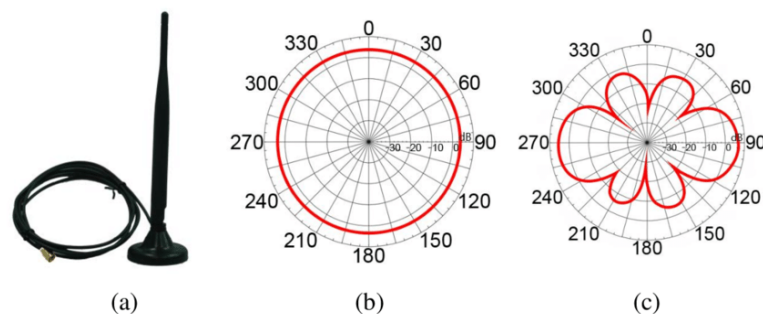
Što se tiče 5GHz spektra propusnost veću od 160Mbit/s dozvoljava standard 802.11ac s 2 *spatial stream*-a.

Temeljem odabranih standarda za 2.4GHz i 5GHz spektar AP ovi moraju dozvoljavati 802.11n i 802.11ac standarde.

## 6. Antene

Antena je uređaj koji pretvara visoko frekventne elektromagnetske signale s linije prijenosa šireći RF valove i obrnuto. Svaka antena trebala bi pokrivati tri područja, a to su osiguranje pojačanja, usmjerenje i polarizaciju. Kada govorimo o pojačanju misli se na iznos povećanja energije koju antena dodaje RF signalu, pod usmjerenjem misli se na oblik odašiljanja vala i prekrivanje prostora signalom dok je polarizacija orijentacija elektroničkog polja vala iz antene. Ove tri osobine vrlo su bitne i mogu dovesti do velikih razlika u karakteristikama antena. Odgovarajući izbor antene također može utjecati na sigurnost bežičnog LAN-a na tako da je povećata. Isto tako dobro postavljena antena i dobro izabrana ima mogućnost umanjiti curenje signala van radnog prostora i otežati presretanje signala. Sve bežične antene spadaju u tri osnovne kategorije: omnidirekcijske, semi-direkcijske i direkcijske. Omnidirekcijske antene su najčešće, jednostavne za dizajniranje i dio su standardne opreme na većini pristupnih točaka. Ove antene zrače oko svoje osi podjednako u svim pravcima osim uzduž same žice, a one čiji je dohvat velik nude više vodoravnih područja koje pokrivaju dok je okomito područje pokrivanja smanjeno. Zbog navedenog najbolje su za upotrebu za velika područja pokrivanja oko središnje točke. Kod vanjske upotrebe preporučuje se njihovo smještanje na vrh građevine, a pogodne su za sajmove i skladišta gdje je potrebno pokrivanje od jednog do drugoga kraja. Za razliku od omnidirekcijskih antena ove antene puno više usmjeravaju energiju od predajnika u jednome određenome smjeru. Semi-direkcijske antene idealne su za kratke i srednje udaljenosti koje treba premostiti kao npr. uredi u dvije zgrade razdvojene ulicom. Najčešći tipovi ovih antena korištenih u bežičnim mrežama su *Patch*, *Panel* i *Yagi* antene. Treći tip antena odnosno direkcijske antene imaju najdužu zraku signala i najveći dohvat od svih vrsta antena zbog čega su idealne za duge udaljenosti. Njima se može bežično povezati dvije zgrade udaljene kilometrima bez prepreka u zračnoj liniji pri čemu treba paziti da budu precizno usmjerene jedna prema drugoj zbog uske zrake koja se odašilje.

Za rješavanje ovog zadatka koristit ću 5dbi omnidirekcionalnu antenu. Omnidirekcionalne antene šire značenje u svim smjerovima, bežični signal primaju i šalju podjednako u svim pravcima i dobitak takve antene u određenom smjeru je manji u odnosu na usmjernu antenu tako da se uglavnom koristi za topologiju point-to-multipoint. Sukladno tome takva antena će se koristiti za izradu optimalnog rješenja tvrtke BRM d.o.o. zato što treba pokriti ured s WiFi signalom.



Slika 12: prikaz širenja zraka omnidirekcionalne antene

## 7. Razmještaj i karakteristike AP-ova u prostoru

Kao projektno rješenje koje sam odlučio implementirati kako bi zadovoljio uvjete projektnog zadatka koristio sam 5 AP uređaja. Uređaji su razmješteni po prostoru tako da se pokuša pokriti cijeli ured s WLAN signalom. Spektrom od 2.4GHz uspio sam pokriti cijeli ured sa signalom koji ne prelazi gubitak od -60dB, te ovime zadovoljavam uvjet minimalnog gubitka signala za navedeni spektar. Zatim, spektrom od 5GHz pokriveni su najvažniji dijelovi ureda kao što su: *Conference Room, Office 1, Office 2, Office 3, Reception, Kitchen/break room*, kao i ured pored recepcije. Jedini ured koji nije u potpunosti pokriven sa signalom od 5GHz spektra je središnji ured i gubitak signala na nekim mjestima prelazi više od -71dB što ne zadovoljava uvjetima koji su navedeni u zahtjevima. No, središnji ured koji nije u potpunosti pokriven 5GHz signalom mislim da zapravo zadovoljava svim uvjetima da zaposlenik može neometano raditi zato što na dijelovima gdje zaposlenik ima postavljen radni stol signal ne prelazi gubitak od -71dB.

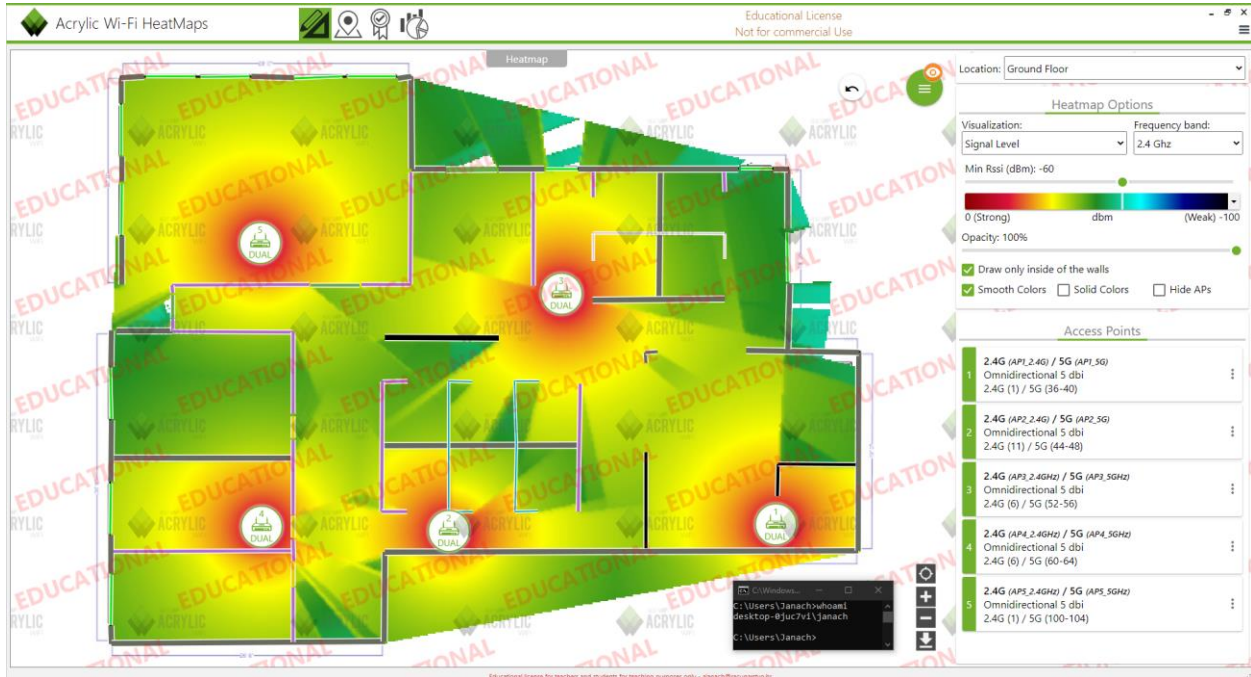
Postavke koje sam koristio na AP uređajima:

Tablica 7: tablica prikazuje postavke koje su primijenjene na pojedinom AP uređaju

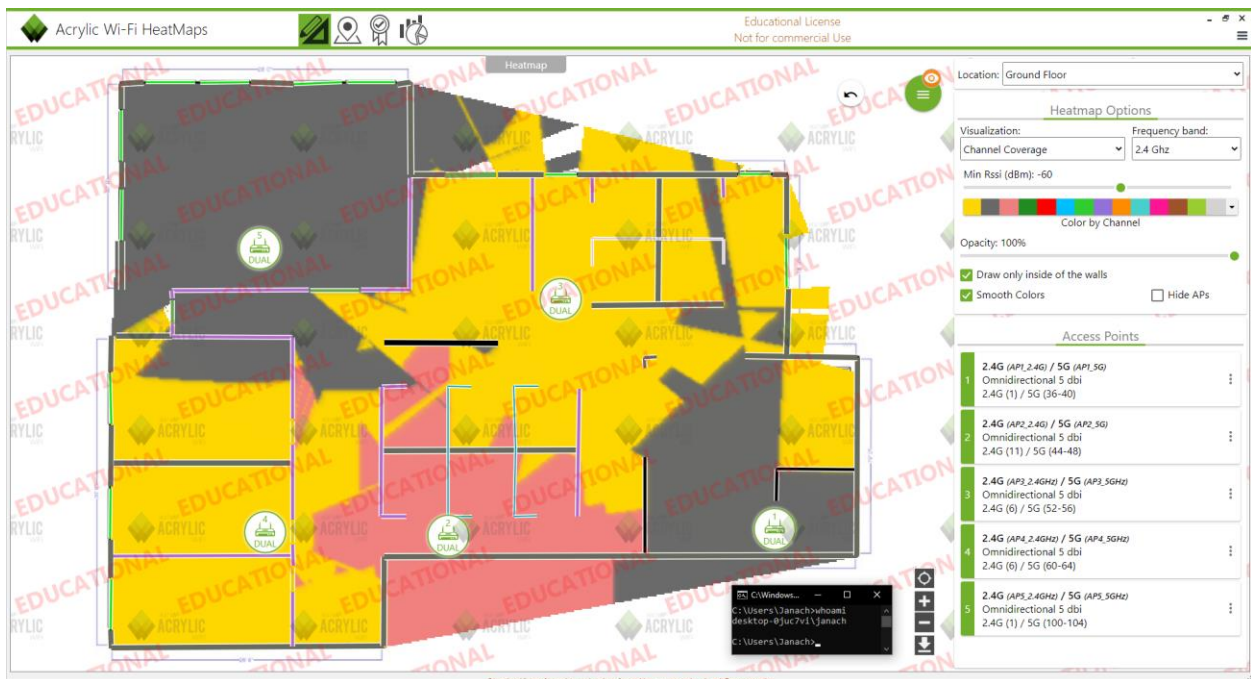
Vrsta antene: Omnidirectional 5dbi							
2.4GHz spektar i Bandwidth od 20MHz				5GHz spektar i Bandwidth od 40MHz			
SSID	Power (mW)	Standard (802.11)	Channel	SSID	Power (mw)	Standard (802.11)	Channel
AP1_2.4G	63	N	1	AP1_5G	63	N i ac	36-40
AP2_2.4G	63	N	11	AP2_5G	63	N i ac	44-48
AP3_2.4G	63	N	6	AP3_5G	63	N i ac	52-56
AP4_2.4G	63	N	6	AP4_5G	63	N i ac	60-64
AP5_2.4G	63	N	1	AP5_5G	63	N i ac	100-104

AP uređaji na istom kanalu koji su unutar dometa jedni drugima čine jednu emitiranu domenu, sličnu Ethernet čvorištu. Svi uređaji mogu čuti međusobne prijenose i ako bilo koja dva uređaja emitiraju na istome kanalu, njihovi signali će se sudariti i postati iskrivljeni što će rezultirati oštećenjem podataka ili potpunim gubitkom frame-a. Zato što se tiče 2.4GHz spektra kanali su postavljeni tako da se koriste kanali koji se ne preklapaju. U Europskoj uniji dozvoljeno je korištenje 13 kanala gdje možemo odabrati opciju korištenja kanala 1,6 i 11 i 1, 5, 9 i 13. Prvi slučaj je najbolja praksa za korištenje. Drugi slučaj je također dobra praksa za korištenje, no jedino ako nemamo susjednih AP-ova (ako imamo susjednih AP-ova u blizini mogu se događati ozbiljne smetnje). Zbog toga sam odabrao korištenje 1, 6 i 11 kanala na AP-ovima.

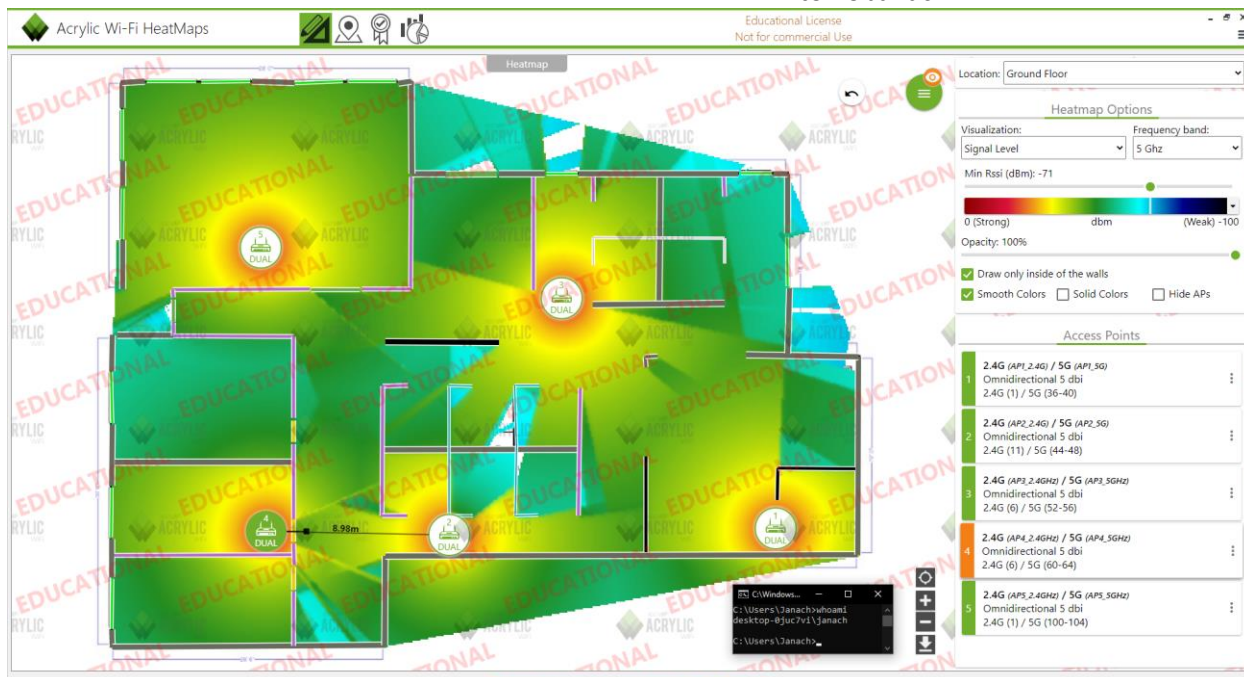




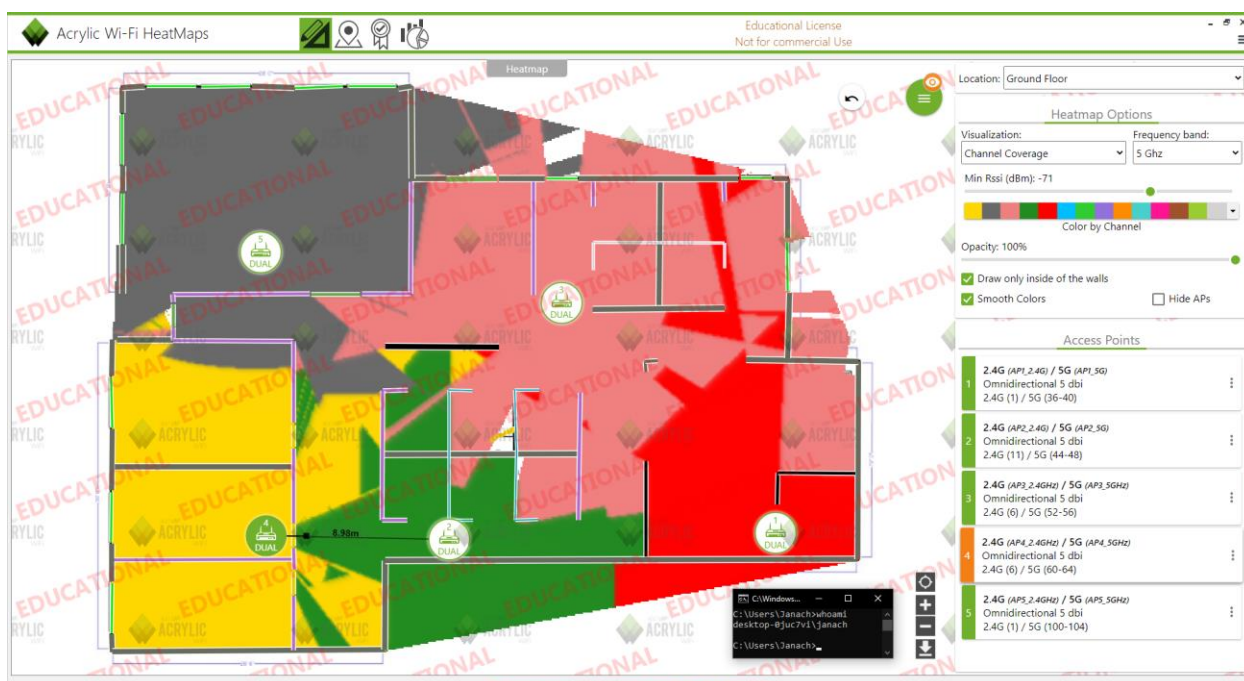
Slika 13: prikaz heat mape 2.4GHz spektra



Slika 14: prikaz heat mape 2.4GHz gdje se kanali gotovo nigdje ne preklapaju



Slika 15: prikaz heat mape 5GHz spektra



Slika 16: prikaz heat mape 5GHz gdje se kanali nigdje ne preklapaju

Ovim završava praktični dio ovog zadatka. Za izradu ovog zadatka korišten je alat „Acrylic Wi-Fi HeatMaps“. U sljedećem zadatku izradit ću laticu antene u 2D i 3D obliku. Vrsta antene za koju ću izraditi laticu je Omnidirekcionalna antena 5dbi.

## 8. Zaključak

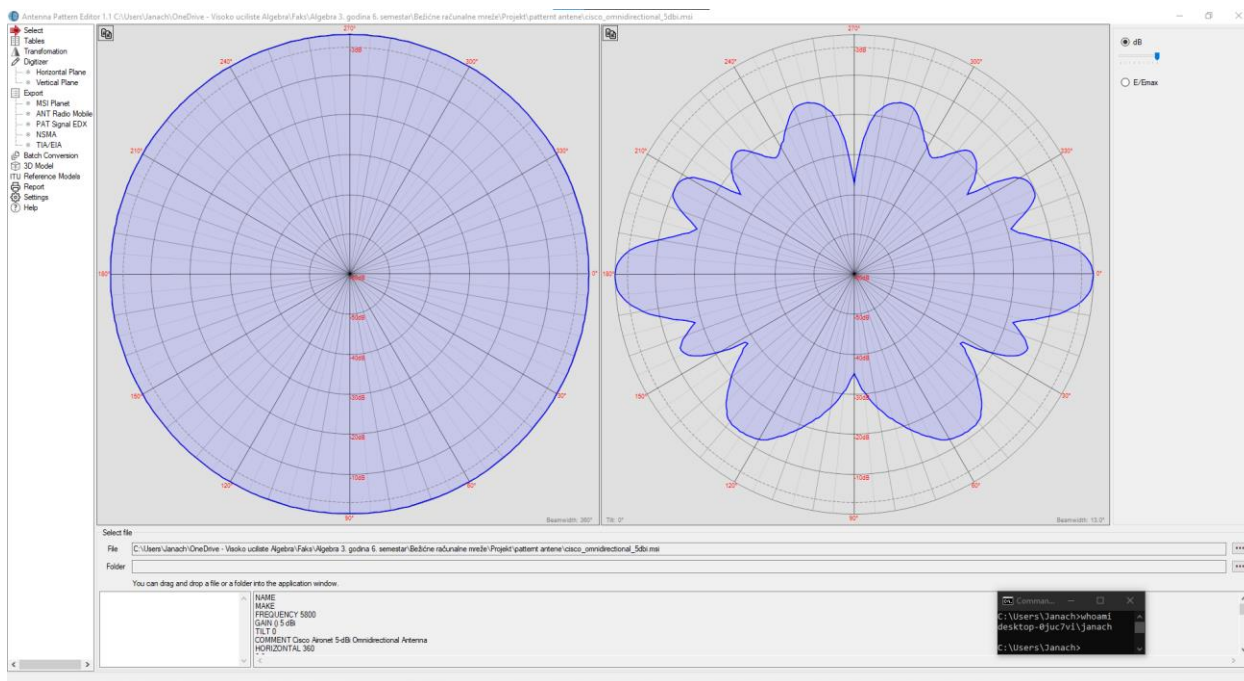
Cilj projektiranja bežične mreže za ured tvrtke naziva BRM d.o.o. je stvaranje računalnog sustava koji omogućuje dijeljenje podataka, mrežnih resursa i Internet pristupa te sigurnosti podataka i povećanje performansi. Ovim zadatkom smo uvidjeli koje sve izazove i rezultate nosi plansko planiranje bežične mreže i s čime se sve možemo susresti prilikom dizajna i implementacije. Izazovi s kojima sam se susreo su: korištenje 2.4GHz i 5GHz spektra na utjecaj određenih materijala na distorziju, dostupnost i kvalitetu signala, metodologija izrade i zadovoljavanje standarda koji su navedeni u specifikacijama zadatka. Za sada po svim standardima i zadanim specifikacijama mreža funkcionira besprijekorno, međutim pravi test za mrežu donijet će njezino korištenje koje može izazvati neke nove probleme na koje moramo biti spremni da ih se na vrijeme riješi.

Praktični dio ovog projekta napravio je presjek svega onoga što je u teoriji bežičnih mreža rečeno. Pokazalo se kako je izgradnja bežične mreže zapravo poprilično kompleksan proces jer je vrlo teško „predvidjeti“ sve poteškoće s kojima bi se korisnici eventualno mogli susresti prilikom stvarnog rada. Zbog toga je definirana metodologija razvoja i testiranja bežičnih računalnih mreža ne bi li krajnji učinak, odnosno korištenje bežične mreže bio ne samo jeftin, već i u potpunosti funkcionalan.

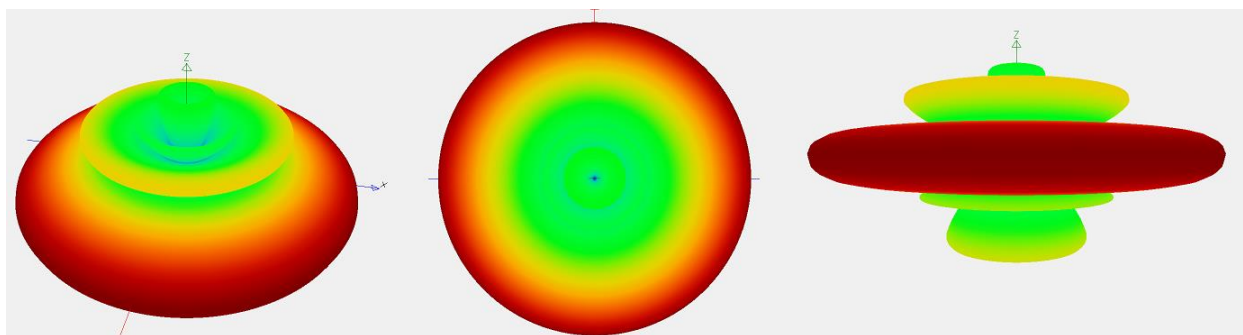


### Zadatak 3.

Kao što je u zadatku navedeno potrebno je izraditi laticu (eng. pattern) 2D i 3D antene koja se je koristila u prethodnom zadatku. Vrsta antene koja se je koristila u prethodnom zadatku je omnidirekionalna antena 5dbi. Kao što je bilo prethodno objašnjeno omnidirekionalne antene šire značenje u svim smjerovima, bežični signal primaju i šalju podjednako u svim pravcima. Tako da omnidirekionalna antena širi svoj signal po horizontalnoj osi. Kad razmislimo, ako omnidirekionalna antena širi svoj signal po horizontalnoj osi, što bi se dogodilo kad bi antenu pomaknuli po vertikalnoj osi. Tada bi signal slabio sve dok ne bi došao na samu nulu i tada omnidirekionalna antena ne bi površinski pokrivala prostor sa signalom. Za izradu latice antene koristio sam alat imena „Antenna Pattern Editor“.



Slika 17: prikaz 2D latice antene



Slika 18: prikaz 3D latice antene iz različitih kuteva

Kao što se vidi iz slike 17 i slike 18, latica antene u 2D i 3D obliku jasno prikazuje da se signal širi po horizontalnoj osi te je na ovaj način utvrđeno da omnidirekionalne antene šire svoj signal u svim pravcima.