



Středoškolská technika 2011

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na
ČVUT**

Návrh bezdrátového připojení počítačové sítě k internetu v pásmu frekvencí 2,4 GHz s použitím antény vlastní konstrukce

Jan Tvrdek

Vyšší odborná škola a Střední škola slaboproudé elektrotechniky

Novovysočanská 48/280

190 00 Praha 9



Abstrakt

Tato práce se zabývá přenosem dat za pomoci technologie využívající Wifi sítě na frekvenci 2,4 GHz.

V první (teoretické) části jsou popsány obecné informace o Wifi sítích, které pracují na pásmu 2,4 GHz a stručný popis jednotlivých částí, bez kterých se Wifi síť neobejde a také důležité elementy pro co nejlepší signál antény.

Ve druhé (praktické) části je postup výroby vlastní antény. Parametry a analýza funkčnosti spojení se sítí a ukázka prostředků, které sloužily k vyhotovení antény.

V závěru hodnotíme vše co si v práci řekneme a ukážeme a také si ověříme, zda je teorie velmi podobná praxi a nebo zda se od ní velice liší.

Obsah

1.	Teoretická část	2
1.	Základní údaje o Wifi sítích.....	2
1.1	Standardy Wifi	2
1.1.1	Komponenty Wifi	2
1.2	Charakteristika pásma 2,4 GHz	5
1.2.1	Přenosové kanály	5
1.3	Útlum	5
1.3.1	Útlum trasy	5
1.3.2	Útlum kabelu	6
1.4	Fresnelova zóna	6
1.5	Rozdělení a druhy antén.....	7
1.5.1	Rozdělení na základě vyzařovacích vlastností	7
1.5.2	Rozdělení podle zisku antény	9
1.6	Anténa Biquad a Quadro-Quad.....	10
1.6.1	Rozdíl mezi Biquad a Quadro-Quad	10
1.6.2	Vyzařovací diagram antén	11
2.	Praktická část	12
2.1	Návrh antény	12
2.2	Výroba antény	12
2.3	Měření spojení s vyrobenou anténou	18
3.	Závěr	25
3.1	Shrnutí.....	25
3.2	Odkazy na stránky s použitými informacemi	25

1. Teoretická část

1. Základní údaje o Wifi sítích

1.1 Standardy Wifi

Wifi je v informatice označení pro několik standardů IEEE 802.11 pro bezdrátovou komunikaci v počítačových sítích. Jak je uvedeno, jedná se o několik standardů, které jsou rozděleny následovně:

Standard	Rok vydání	Pásmo [GHz]	Maximální rychlost [Mbit/s]	Fyzická vrstva
IEEE 802.11	1997	2,4	2	DSSS a FHSS
IEEE 802.11a	1999	5	54	OFDM
IEEE 802.11b	1999	2,4	11	DSSS
IEEE 802.11g	2003	2,4	54	OFDM
IEEE 802.11n	2009	2,4 nebo 5	600	MIMO
IEEE 802.11y	2008	3,7	54	
IEEE 802.11ac	2011	2,4 a zároveň 5	1000	

Obr. č. 1

1.1.1 Komponenty Wifi

Přesto, že se Wifi síť obejde bez připojení počítače UTP kabelem k modemu, je důležité mít k připojení určité komponenty, bez kterých se bohužel neobejdeme.

- 1) Access point – je pevně připojen k Modemu a vysílá Wifi signál. S jeho pomocí se klienti připojují k síti.



Obr. č. 2

- 2) Pigtail – je to koaxiální kabel, který má však možnost propojit Wifi adaptér (kartu) s anténou díky tomu, že má na jedné straně N male/female konektor pro anténu a na druhé straně R-SMA male konektor.



Obr. č. 3

- 3) Anténa – je nedílnou součástí a díky ní se člověk může na určitou vzdálenost podle jejího zisku připojit, protože vyzařuje a přijímá rádiové signály od Access pointu.



Obr. č. 4

- 4) N- konektor – tento typ konektoru se používá hlavně pro venkovní potřeby, kde spojuje koaxiální kabel a anténu, protože se s ním dá snadno manipulovat.



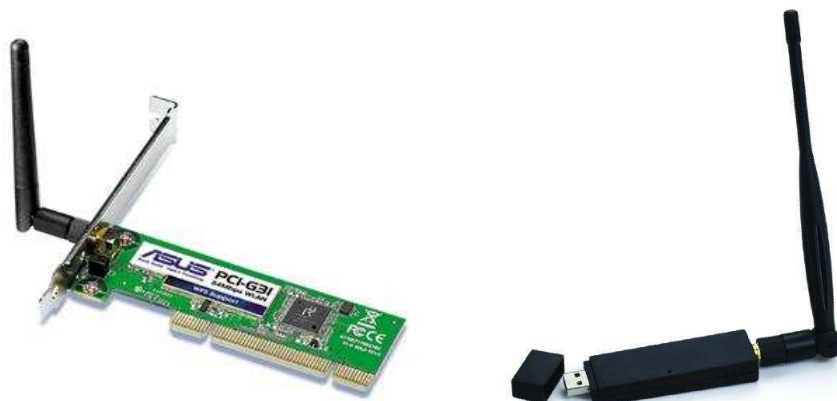
Obr. č. 5

- 5) R-SMA konektor – tyto konektory se na rozdíl od N-konektorů používají pro vnitřní potřeby. Díky jejich malým rozměrům jsou užívány na Wifi kartách, adaptérech a routerech.



Obr. č. 6

- 6) PCI karty a USB adaptéry – slouží pro připojení PC k Access pointu. PCI karty jsou dělány jako externí Hardware do stolních PC nebo Notebooků a jsou často vyrobeny s externí anténou. Naproti tomu USB adaptéry jsou dělány jako interní a slouží hlavně pro použití do Notebooků, kde není možnost je rozebrat a dát tam PCI kartu.



$$\text{útlum} = 32.4 + 20 \times \log \text{frekvence (MHz)} + 20 \times \log \text{vzdálenost (km)}$$

Vybrané vzdálenosti pro útlum trasy v pásmu 2,4 GHz:

Vzdálenost [m]	50	100	200	300	500	600	1000	1500	2000	3000	4000
Útlum [dB]	-74	-80	-86	-90	-94	-96	-100	-103	-106	-109	-112

Obr. č. 10

Je nutno říci, že v praxi to bude však s útlumem horší než ukazují tyto hodnoty.

V nejlepším případě stejné, pokud mezi oběma anténami je přímá optická viditelnost, a to nejen v přímce, ale musí být volná i tzv. Fresnelova zóna (viz. obr. č. 12).

Jestliže úroveň signálu na vstupu přijímače klesne pod určitou hodnotu, nebude již možnost k dosažení maximální přenosné rychlosti (např. 10Mbit/s), ale jen rychlostí nižších (např. 6Mbit/s). Při určité úrovni signálu je pak již rychlost nulová.

1.3.2 Útlum kabelu

Koaxiální kabel má vždy pouze útlum, takže k výpočtům nám přispívá pouze zápornými dB. Útlum kabelu je přímo úměrný jeho délce, takže si ho klidně můžeme pro každý typ kabelu vyjádřit „tabulkově“ v dB/m a tuto tabulkovou hodnotu pak v každém jednotlivém konkrétním případě vynásobit délkou kabelu.

Jednotlivé používané typy kabelu jsou na tom v kmitočtovém pásmu 2,4GHz s "měrným útlumem" takto:

Typ kabelu	OEM RLA-10	Cavel RG-213	Belden H155	Times LMR-195	OEM LX-195	OEM RG-58
Vzdálenost [m]	1	1	1	1	1	1
Útlum [dB]	0,22	0,37	0,5	0,5	0,65	0,99

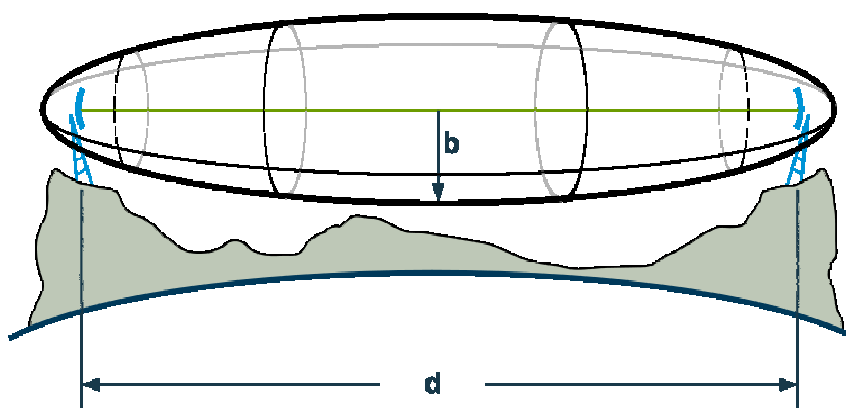
Obr. č. 11

Kabely jsou zde seřazeny zprava doleva od nejlepšího k nejhoršímu, což je také ve většině případů od nejdražšího k nejlevnějšímu.

1.4 Fresnelova zóna

Fresnelova zóna je určitý prostor spojnice (přímky) mezi vysílací a přijímací anténou ve tvaru elipsoidy (viz. obr. č. 12) kde „b“ je průměr nejširšího místa a „d“ je vzdálenost mezi anténami. Nesmíme ale zapomenout, že se jedná o trojrozměrný elipsoid.

V prostoru uvnitř této zóny by se neměla vyskytovat žádná překážka a to ani taková, která by byť nepatrně zasahovala do zóny, ať už je to střecha domu, strom, vedení, auto atd. Tím by se snížila maximální přenosová rychlost.



Obr. č. 12

Průměr Fresnelovy zóny v jejím nejširším místě (což je v polovině celkové délky trasy) lze vypočítat pomocí kalkulatoru. Pro příklad uvádím následující tabulku, která je sestavena pro různé celkové délky trasy mezi anténami:

Vydálenost [km]	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1	1,2	1,5	2	2,6	3	4
Průměr [m]	1,8	2,5	3,1	4	4,7	5,6	6,2	6,9	8	9,1	9,8	11,3

obr. č. 13

Protože je to elipsoid, je již počáteční nárůst poměrně strmý.

Narušená Fresnelova zóna většinou nemá za následek příliš podstatné snížení úrovně signálu, ale snižuje se kvalita přenášeného datového toku díky odrazům, které vzniknou od překážek narušujících zónu a díky nim může nastat ztrátovost paketů nebo nižší dosažitelná rychlost.

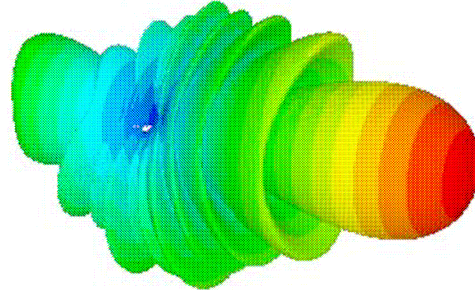
1.5 Rozdělení a druhy antén

1.5.1 Rozdělení na základě vyzařovacích vlastností

Antény na základě vyzařovacích schopností dělíme na 3 typy a to směrové, všesměrové a sektorové.

1) Směrové antény

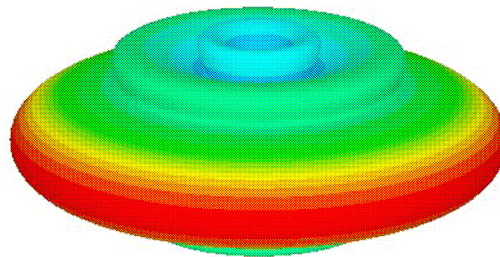
- Hodí se na delší spojení, protože jejich vysílaný výkon je soustředěn do úzkého prostorového úhlu a tím se dostane i do větších vzdáleností. To ale pouze v případě, že ve směru úhlu není žádná překážka.



Obr. č. 14

2) Všesměrové

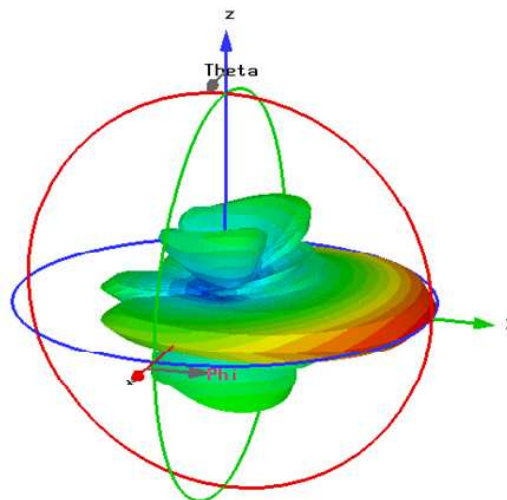
- Vykřívají celý prostor 360° v horizontální rovině. Ve vertikální rovině může být šířka svazku užší a proto je její použití dobré do míst, kde není potřeba dosažení velké vzdálenosti, ale je potřeba mít střední rozsah v celém prostoru kolem sebe.



Obr. č. 15

3) Sektorové

- Vykřívají prostor mezi 90° až 180° v horizontální rovině a ve vertikální rovině se jejich šířka svazku zužuje a podobá se více směrovému vyzařování.



Obr. č. 16

1.5.2 Rozdělení podle zisku antény

- 1) Málo ziskové - zisk menší než 8 dBi (individuální zářiče jako je půlvlnný monopól nebo smyčka)



Obr. č. 17

- 2) Středně ziskové - zisk je mezi 8 dBi až 18 dBi (anténa Yagi, Biquad, Quadro-quad, šroubovicové antény, trychtýřovité antény)



Obr. č. 18

- 3) Vysoce ziskové – zisk větší než 18 dBi (parabolické antény)



Obr. č. 19

1.6 Anténa Biquad a Quadro-Quad

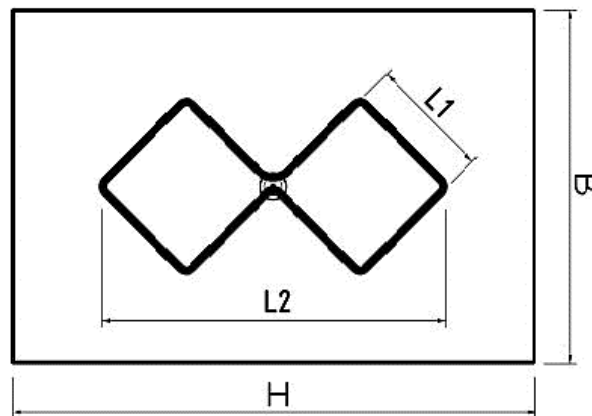
1.6.1 Rozdíl mezi Biquad a Quadro-Quad

Anténa Biquad je složena ze dvou quad antén (smyčkami). Stejně jako Quadro-quad je vhodná zejména jako stavební prvek pro horizontálně polarizované sektorové antény. Jako samostatná „směrová“ anténa se (stejně jako obyčejný Biquad nebo plechovka) hodí pouze na krátkou vzdálenost. Zejména v horizontální polarizaci má dosti široký svazek vyzařování.

Jediné vizuální rozdíly mezi Biquadem a Quadro-quadem je složení, přičemž Quad má na každé straně pouze jednu anténu (viz obr. č. 20). Na obr. č. 21 vidíme, že Quadro-quad disponuje na každé straně dvěma quad anténami.

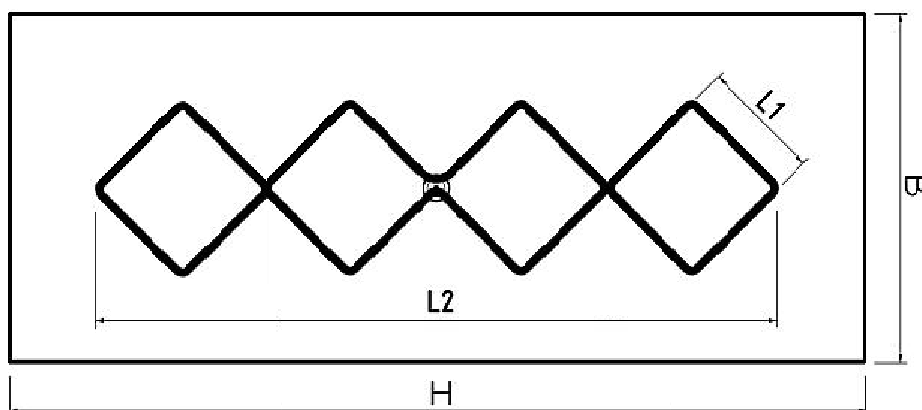
Biquad anténa má zisk kolem 10 dBi a Quadro-quad 13 dBi takže rozdíl ve výkonu těchto antén je 3 dBi.

Quad:



Obr. č. 20

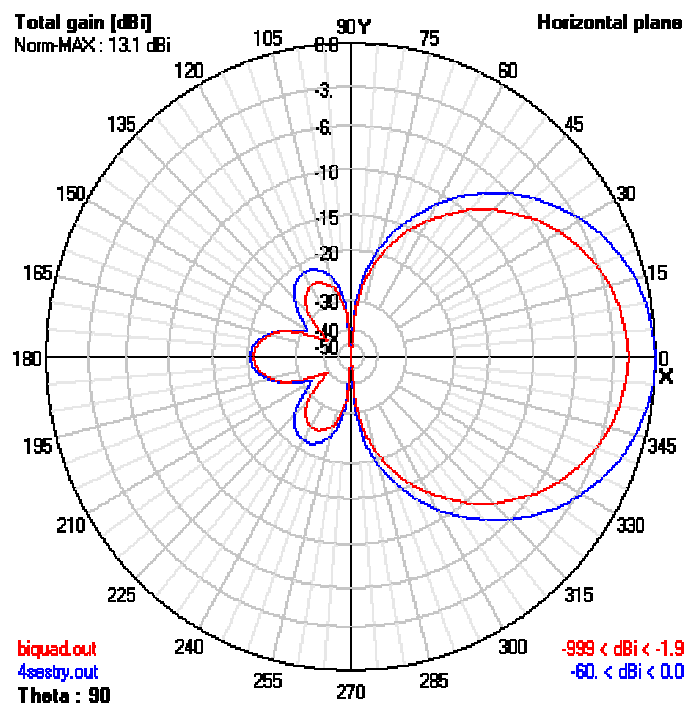
Quadro-quad:



Obr. č. 21

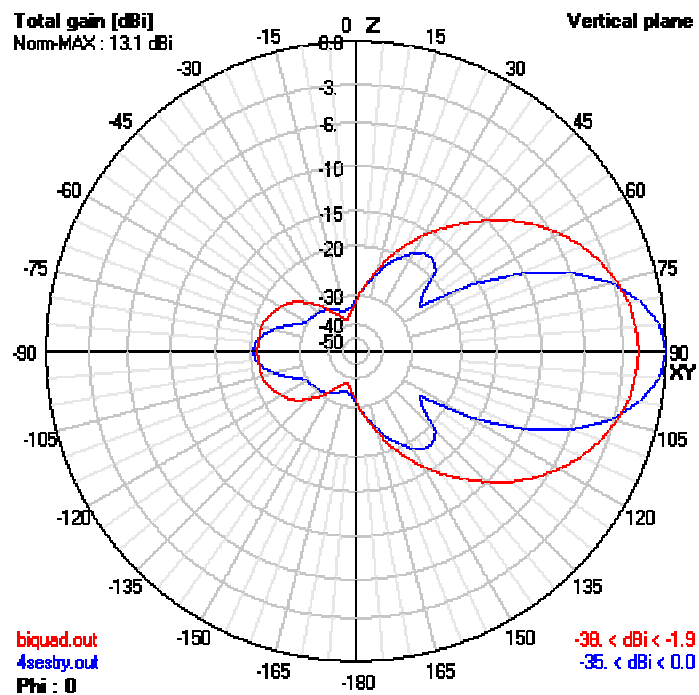
1.6.2 Vyzařovací diagram antén

Horizontální poloha antény tj. smyčky jsou nad sebou:



Obr. č. 22

Vertikální poloha antény tj. smyčky jsou vedle sebe:

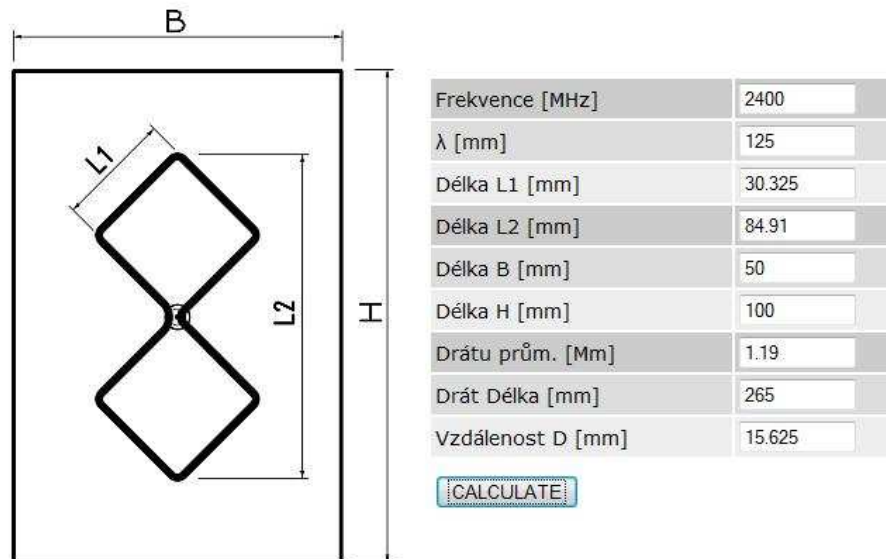


Obr. č. 23

2. Praktická část

2.1 Návrh antény

Samotný návrh antény byl poněkud složitý, protože jsme nenašli žádný kalkulátor pro vytvoření Quadro-quad antény. Našli jsme pouze kalkulátor pro vytvoření Quad antény a tak jsme tedy použili tento kalkulátor alespoň pro představu velikosti Quadro-quad antény a vzdálenosti D.



Poznámka: D je vzdálenost od dipólu k reflektoru.

Obr. č. 24

2.2 Výroba antény

Samotná výroba antény začala u vypočtení vlnové délky vzorcem:

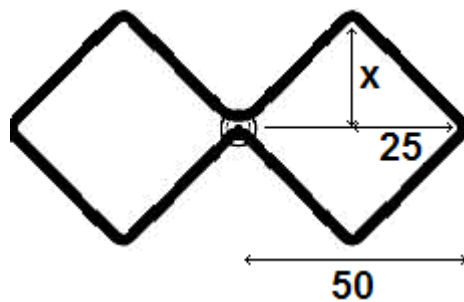
$$\lambda = \frac{c}{f}$$

c - rychlost šíření vlnění v prostředí [m/s]

f - frekvence [Hz]

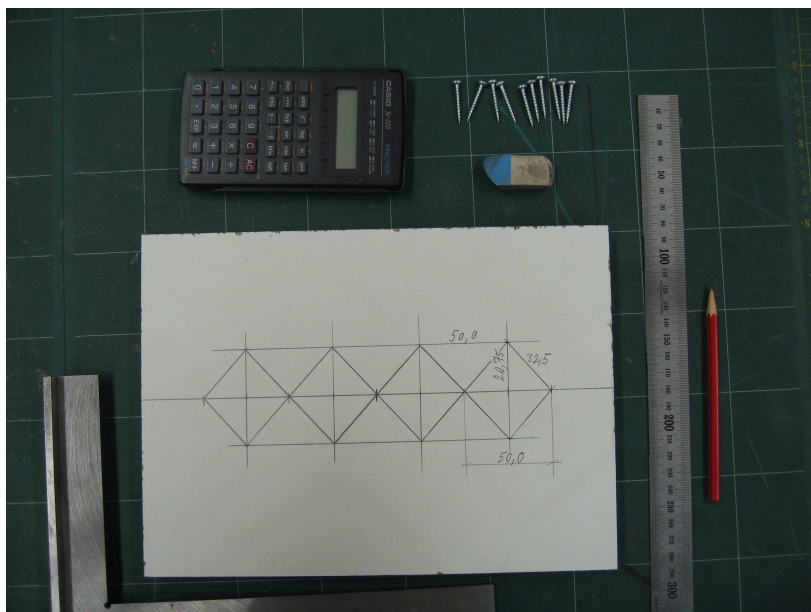
Jedna dvojice smyček má délku dvou vln ($300 / 2440$ MHz) x 2 a jednotlivé čtverce jsou o straně $\lambda / 4 = (300 / 2400\text{MHz}) / 4 = 3,125$ cm. Protože jsme se však dočetli, že roztažení smyček do kosočtverců zlepšuje zisk, roztáhli jsme je tedy o jednu lambda do vzdálenosti 3,25 cm.

Po vypočtení lambdy bylo dále zapotřebí vypočítat vzdálenost x což je v našem případě poloměr horního vrcholu kosočtverce a dolního kosočtverce.



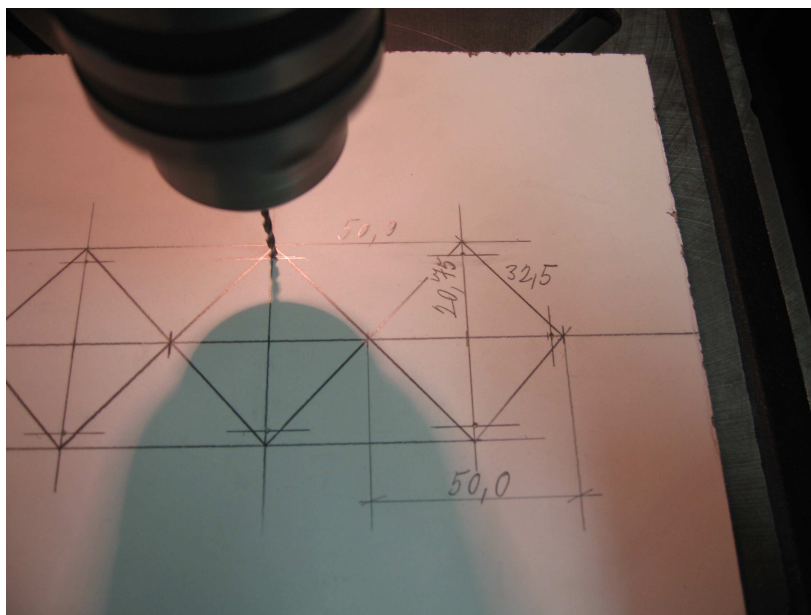
Obr. č. 25 K výpočtu vzdálenosti x

Když už jsme měli všechny potřebné hodnoty naměřené, mohli jsem se pustit do samotné výroby antény, kterou jsme započali narýsováním antény v měřítku 1:1.



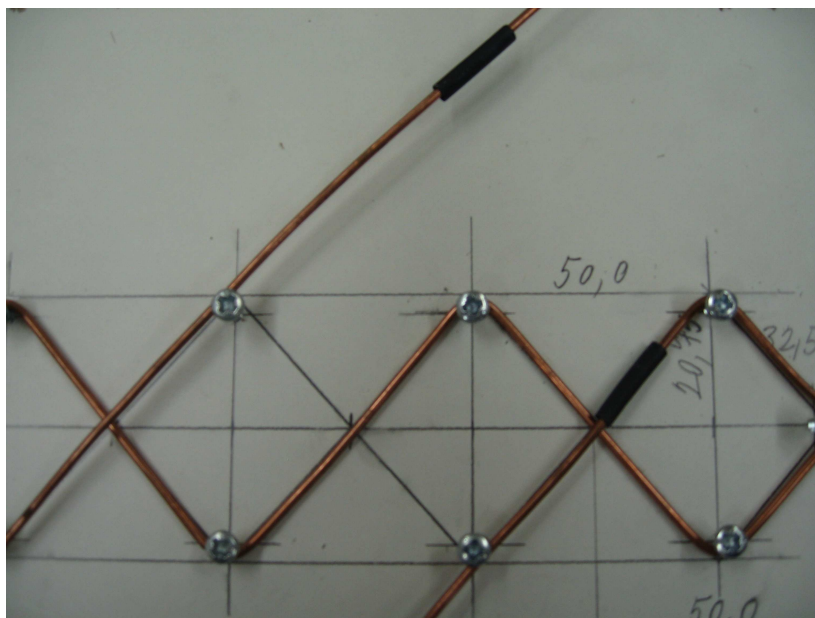
Obr. č. 26

Následně jsme do nákresu vyznačili body 3 mm daleko od ohybu drátku, kde jsme si vyvrtali otvory na šroubky.



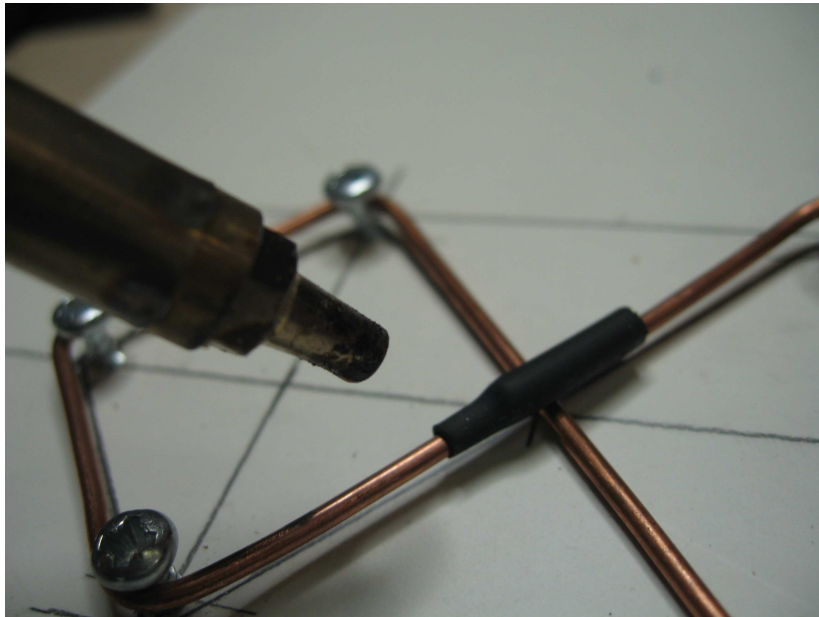
Obr. č. 27

Do vyvrtaných děr jsme našroubovali šroubky o průměru 2 mm. Po našroubování všech šroubků jsme si vzali Cu drát průměru 2 mm a začali ohýbat podél našroubovaných šroubků.



Obr. č. 28

Po ohnutí drátku jsme ještě navlékli teplem smrštiteľnou bužírku o průměru 3 mm na drátek a na místě překrývání drátku jsme jí teplem smrštili, aby nedocházelo ke spojení smyček.



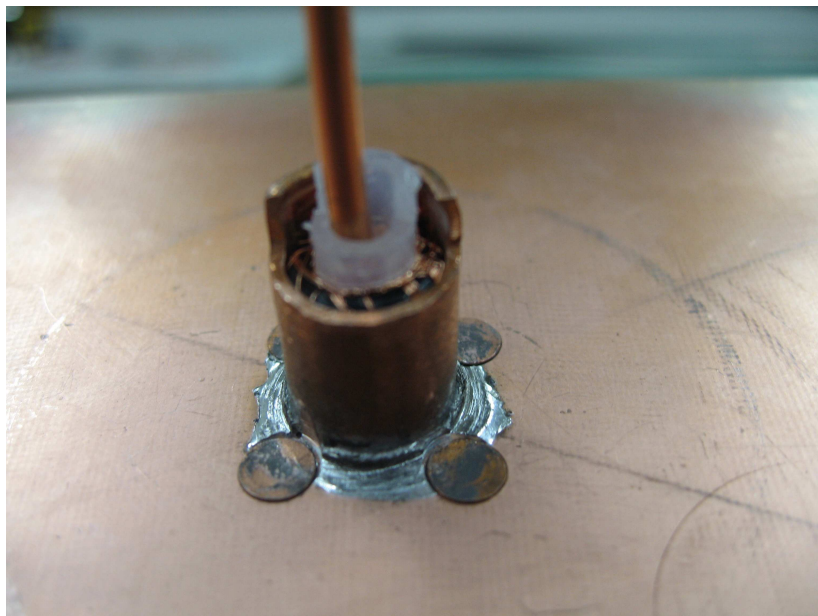
Obr. č. 29

Po dodělání smyček jsme přešli na výrobu reflektoru, který jsme vyrobili z oboustranného kuprexitu o délkách 100x220 mm. Ve středu jsme vyvrtali otvor na N-konektor a na Cu trubičku. Poté jsme si vzali Cu trubičku o průměru 12 mm a výšce 19 mm a z její horní části jsme odřízli 4 mm, abychom později mohli ke středu trubičky připájet již ohnutý Cu drát. Poté jsme si vzali již oříznutou Cu trubičku a připájeli ji ke středu reflektoru, kde máme vyvrtaný otvor. Po připájení jsme si vedle trubičky vyvrtali 4 otvory pro přinýtování N-konektoru, na který jsme mezitím připájeli Cu drátek.



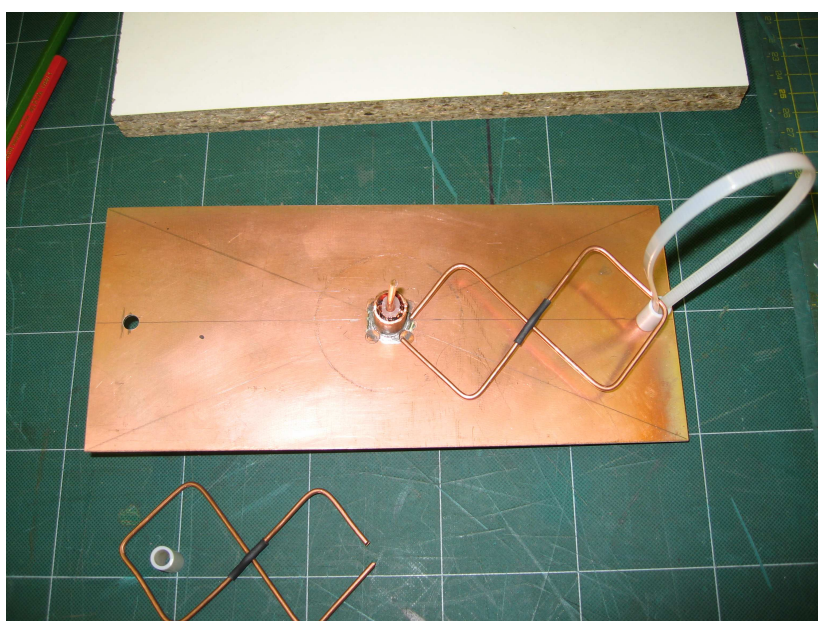
Obr. č. 30

Jakmile jsme připájeli trubičku, tak jsme do jejího středu dali stíněný koaxiální kabel, který má impedanci 50 Ohmů. Živý konec, který jde z N-konekturu je uprostřed spojen s jedním koncem dvojitého dipólu, opletení je přehrnuto přes izolaci a tím, že je „nacpáno“ v Cu trubičce je vlastně s ní spojeno a tvoří druhý pól, také je k té trubce připájen druhý konec dvojitého dipólu.



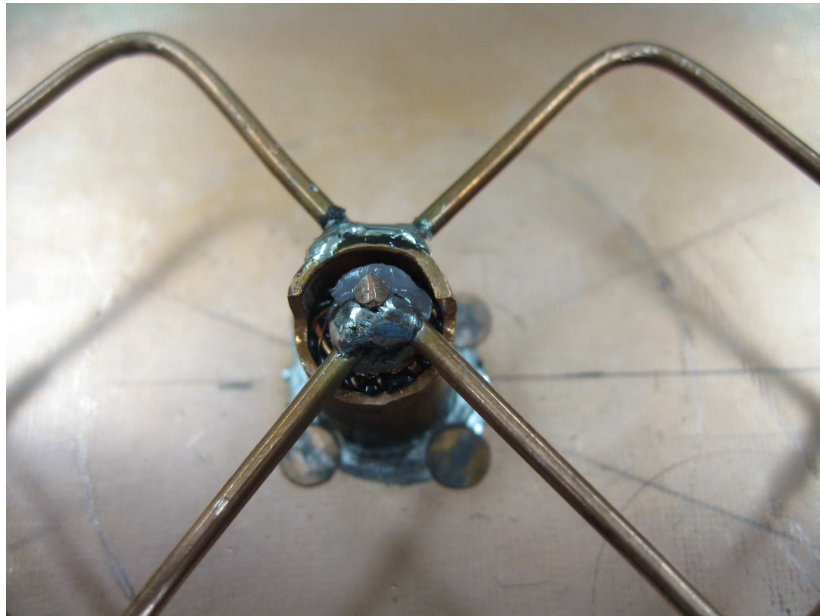
Obr. č. 31

Poté jsme si vyvrtali 10 mm od stran ve střední rovině 5 mm otvory na krajní plastové trubičky, které nám budou držet zhotovené smyčky na krajích, aby nedocházelo k jejich ohybu ke straně reflektoru. Když už byli díry vyvrtané, vzali jsme si zohýbané smyčky a v části kde, je N-konektor je rozpůlili přesně, jak jsme je potřebovali pro následné připájení. Po rozpůlení jsme si vzali plastovou trubičku, stahovací pásku a jednu dvojici smyček a připevnili je do krajní vyvrtané díry. To samé jsme provedli i na druhé straně.



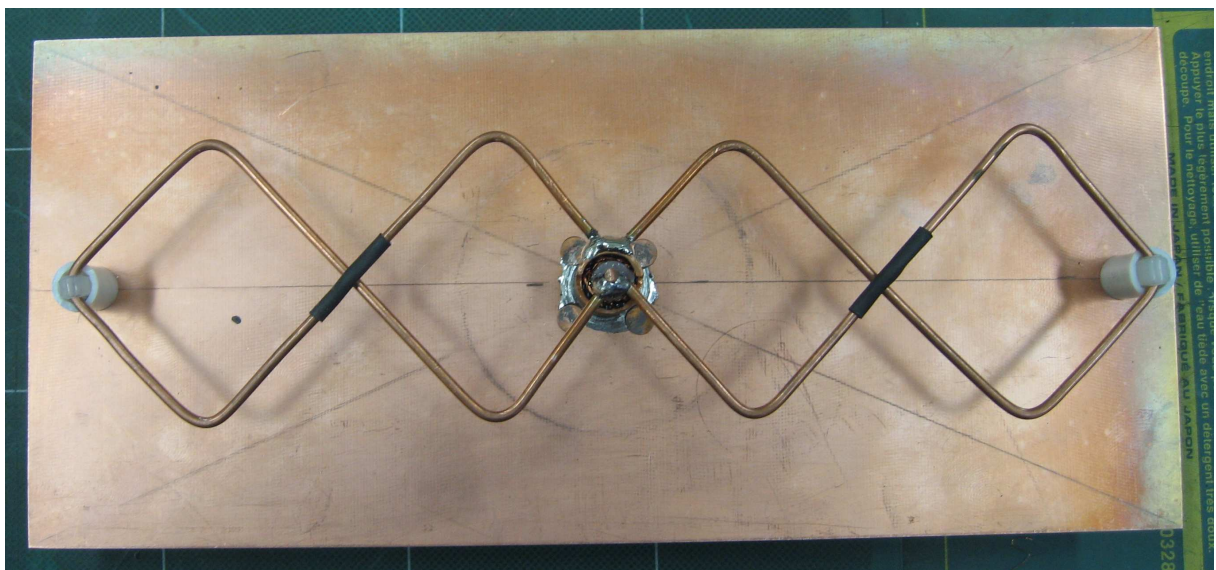
Obr. č. 32

Když jsme měli obě dvojice smyček pevně přichyceny na krajích, pustili jsme se do pájení horních částí smyček k Cu trubičce a dolní části smyček k živé části z N-konektoru.



Obr. č. 33

Po připájení smyček už jsme měli kompletní Quadro-quad anténu na frekvenci 2,4 GHz a mohli jsme s ní začít přijímat signál.



Obr. č. 34

Použitý materiál na výrobu antény:

Cu drát průměru 2 mm, kuprextit oboustranný, Cu trubka průměru 20 mm, teflonová trubička průměru 8,6 mm, N-konektor, cínová pájka trubičková, Cu nýtky průměr 3 mm/ délka 10 mm, 2 ks plastové trubičky průměr 9 mm/ délka 15 cm, plastová stahovací páska, teplem smrštitelná bužírka průměr 3,00 mm.

2.3 Měření spojení s vyrobenou anténou

Ještě před měřením spojení je zapotřebí k vyrobené anténě dokoupit pigtail a USB Wifi adaptér, které koupíme v kterémkoliv obchodě zabývající se Wifi technikou.

Nejdříve je nutné si teoreticky ověřit, zda vyzařovacím výkonem ať už na přijímací straně nebo na Access Pointu nebudeme přesahovat povolené limity stanovené ČTÚ (Českým telekomunikačním úřadem), který je na 100 mW a to se rovná hodnotě 20 dBm jak jsme zmiňovali dříve.

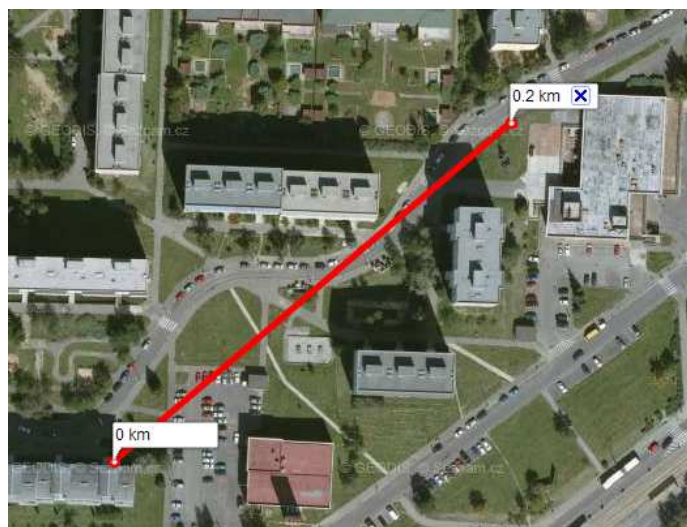
Sepíšeme si tedy tabulku se součástkami a jejich ziskem či ztrátou dB, které si najdeme v manuálu nebo na internetových stránkách výrobce.

Access Point		Přijímací strana	
Součástky	zisk/útlum [dB]	Součástky	zisk/útlum [dB]
D-link Dir-630	16	Well WCU150N	13
anténa	5	anténa	13
pigtail	0	pigtail	-3,7
konektory	-2	konektory	-4
vyzařený výkon	19	vyzařený výkon	18,3

Obr. č. 35

Vidíme, že vyzařené výkony nepřesahují povolených 20 dB a tudíž není potřeba snížit vyzařené výkony ať už softwarem Access Pointu nebo adaptéru tak ani výměnou antény, nebo delším kabelem.

Měření proběhne ve vzdálenosti 200 metrů od Access Pointu s co nejvolnější Fresnelovou zónou a uvidíme, zda se teoretická hodnota přenosu bude rovnat té opravdové.

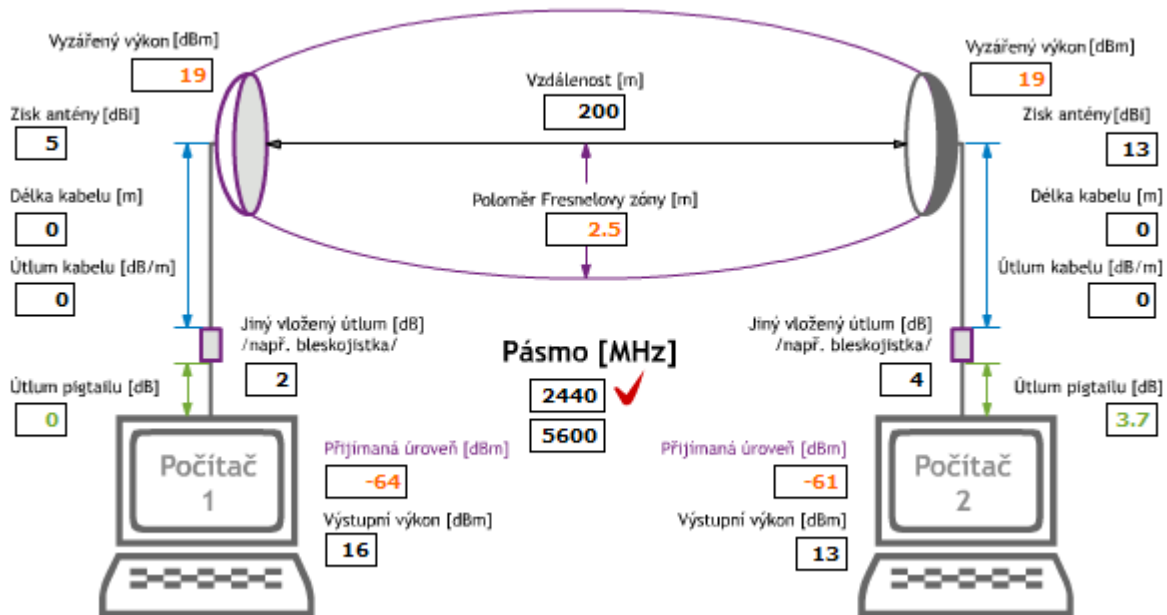


Obr. č. 36

Pro teoretické změření budeme muset od vyzářeného výkonu odečíst záporné dB, které si vezmeme z obrázku č. 7 což je pro 200 m -86 dB. Tím zjistíme, zda je vůbec možné spojení na tuto vzdálenost, protože platí pravidlo: úroveň signálu z výstupu vysílací strany může poklesnout jenom na takovou úroveň, aby byla úroveň signálu na vstupu přijímače vyšší, než je jeho citlivost.

Access Point		Přijímací strana	
Součástky	zisk/útlum [dB]	Součástky	zisk/útlum [dB]
D-link Dir-630	16	Well WCU150N	13
anténa	5	anténa	13
pigtail	0	pigtail	-3,7
konektory	-2	konektory	-4
vyzářený výkon	19	vyzářený výkon	18,3
útlum prostředí	-86	útlum prostředí	-86
Quadro-quad	13	anténa na AP	5
pigtail	-3,7	konektory	-2
konektory	-4	pigtail	0
výsledné dB	-61,7	výsledné dB	-64,7

Obr. č. 37



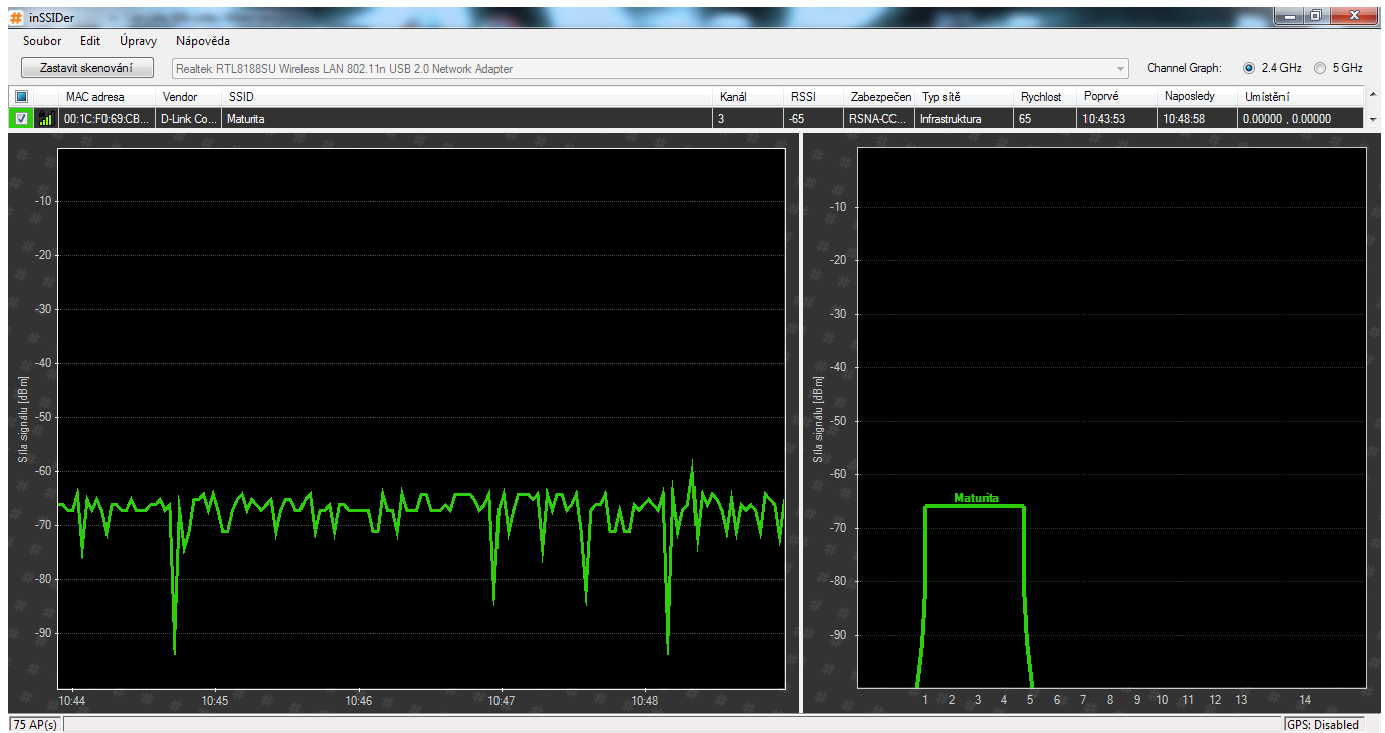
Obr. č. 38

Vidíme, že výsledné dB jsou na hodnotách -61,7 až -64,7. Podíváme se tedy do tabulky s citlivostí (viz obr. č. 41), kde si zjistíme, jakou přenosovou rychlost bychom teoreticky mohli dosáhnout.

Pro měření síly signálu použijeme program inSSIDer, který nám ukáže, kolik je opravdová hodnota decibel na vzdálenost 200 m v co nejvolnější Fresnelově zóně.

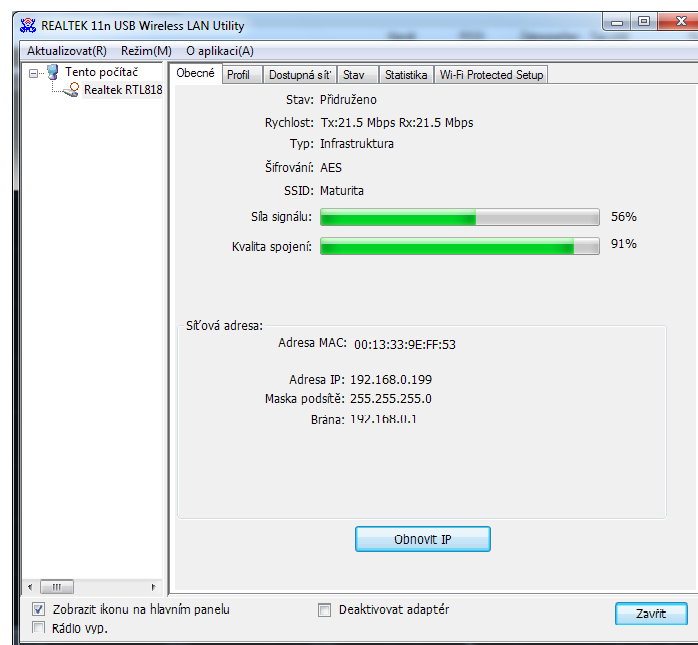
Poprvé uděláme měření s horizontální polarizací, tj. smyčky máme nad sebou, a jak nám ukazuje vyzařovací charakteristika na obr. č. 20, tak v této poloze se anténa chová tak, že vyzařuje ve větším úhlu.

Přijímaný signál s horizontální polarizací:



Obr. č. 39

Rychlost, kterou přijímáme s horizontální polarizací:



Obr. č. 40

Jak vidíme tak naše teorie se velmi podobá té opravdové a můžeme říci, že se úroveň signálu pohybuje v dosti podobné hodnotě. Rychlost přenosu je na 21,5 Mbps.

Teoretickou rychlost si člověk může zjistit podle citlivosti přístroje, kterou většinou výrobce udává v manuálu. Nám se bohužel nikde tabulku citlivostí nepodařilo nalézt a tak orientujeme pouze podle tabulky, kterou jsme našli na internetu.

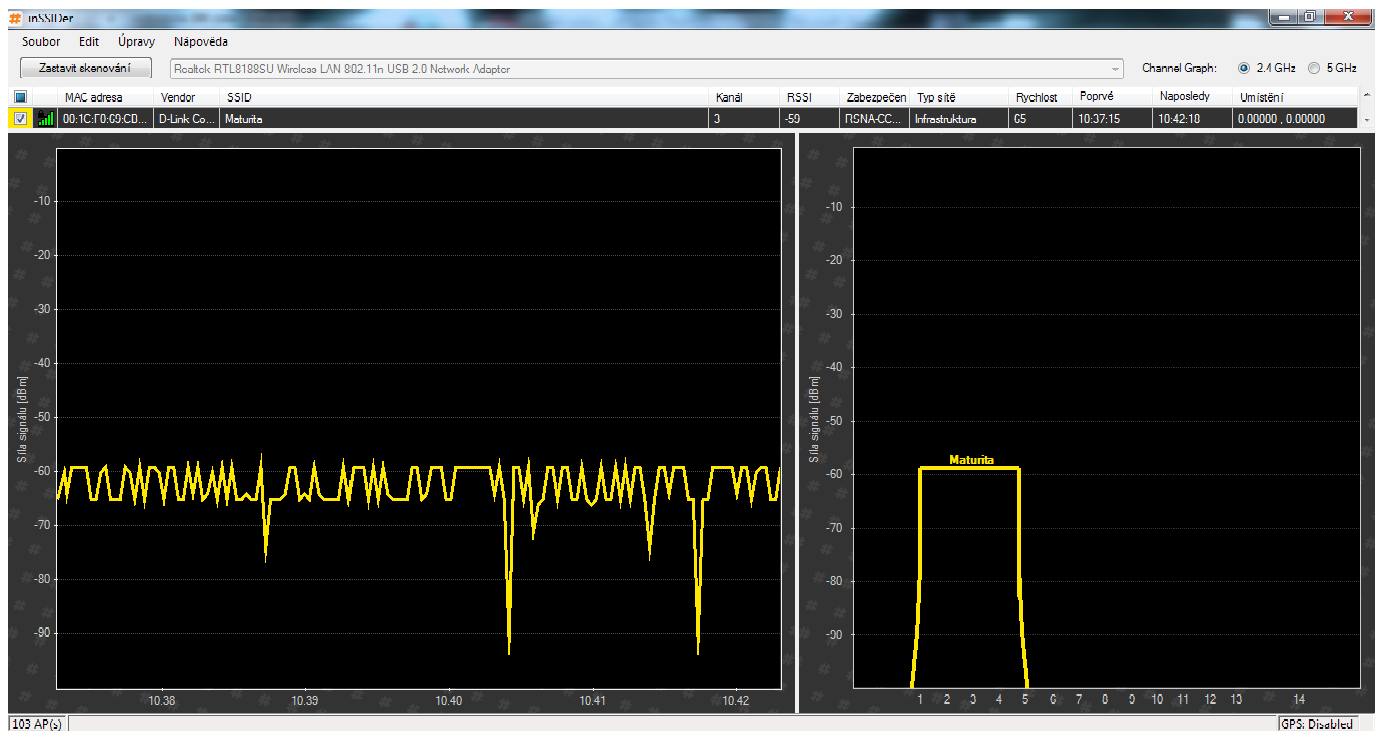
Citlivost	Rychlost
-92 dBm	1 Mbps
-89 dBm	2 Mbps
-88 dBm	5,5 Mbps
-85 dBm	11 Mbps

Obr. č. 41

Z tabulky bohužel nevidíme citlivost na našich -64 dBm, ale můžeme odhadnout, že rychlost přenosu se opravdu i podle tabulky rovná 21,5 Mbps.

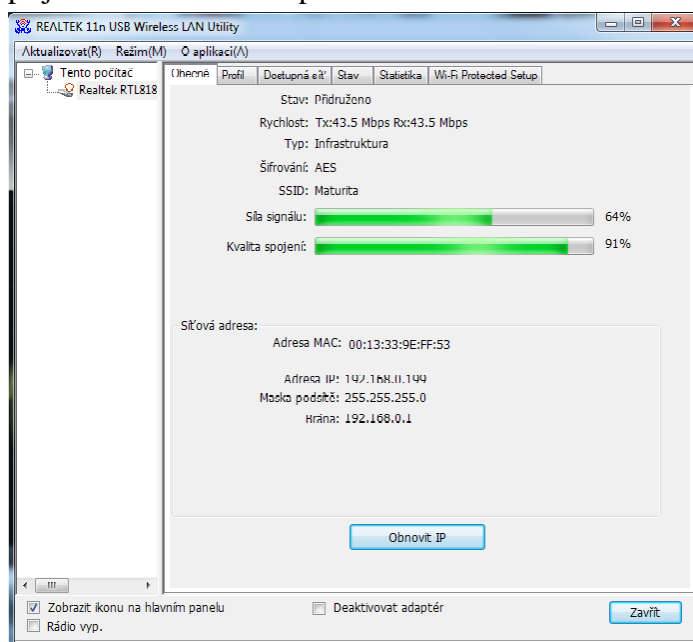
Dále provedeme měření na stejném místě jako u předešlého ale tentokrát s vertikální polarizací, tj. anténu budeme mít tak, že smyčky budou vedle sebe a podle obr. č. 21 se v této poloze anténa chová více směrově.

Přijímaný signál s vertikální polarizací:



Obr. č. 42

Rychlost, kterou přijímáme s vertikální polarizací:



Obr. č. 43

Jak vidíme tak ve směrové poloze antény se nám síla signálu pohybuje mezi -60 dB a -65 dB takže i zde nám téměř vyšel náš teoretický výpočet úrovně signálu a dokonce je i lepší než u horizontální pozice. Rychlost přenosu signálu je zde až 43,5 Mbps což je dvojnásobek horizontální polohy antény.

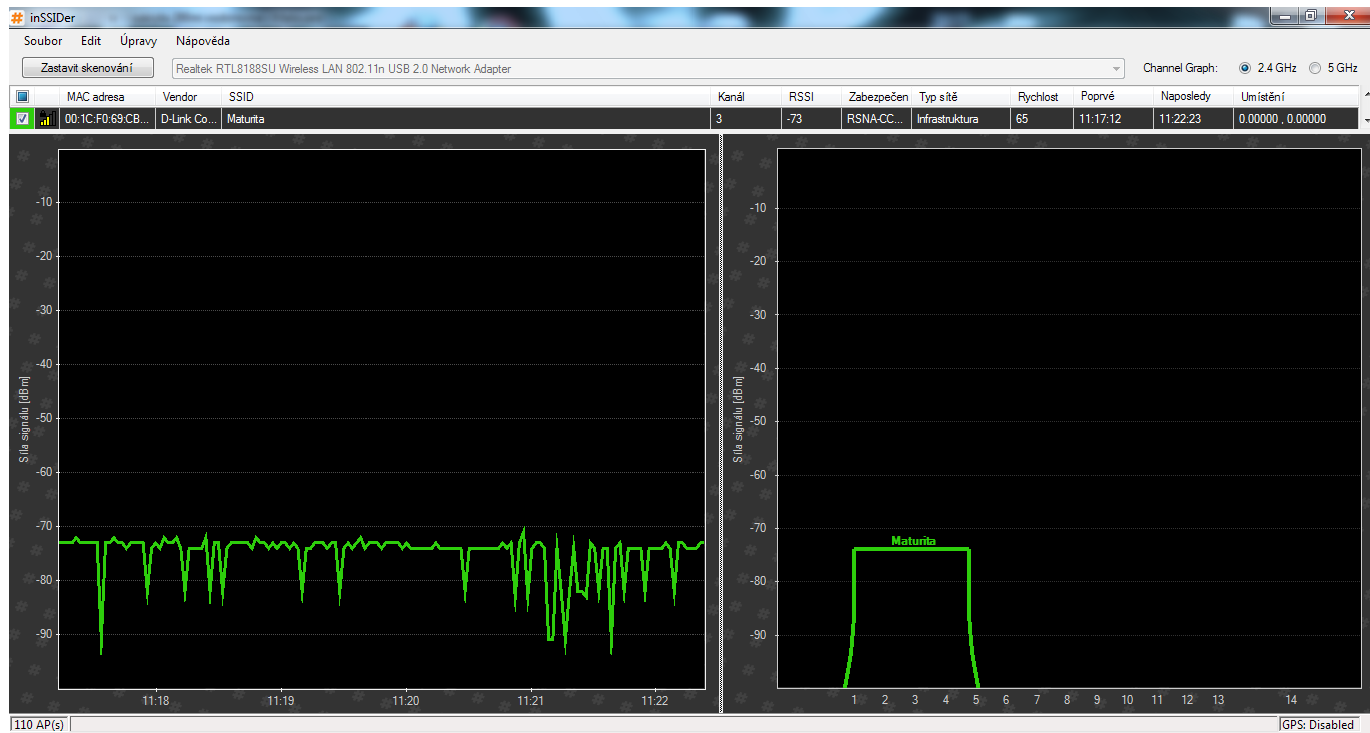
Poslední měření provedeme také ve vzdálenosti 200 m od Access pointu, ale tentokrát to bude s velmi špatnou Fresnelovou zónou, protože se pokusíme o spojení, které povede plně přes panelový dům.



Obr. č. 44

Na tomto bodě provedeme opět měření jak ve vertikální tak i v horizontální poloze antény.

Horizontální poloha:



Obr. č. 45

Vertikální poloha:

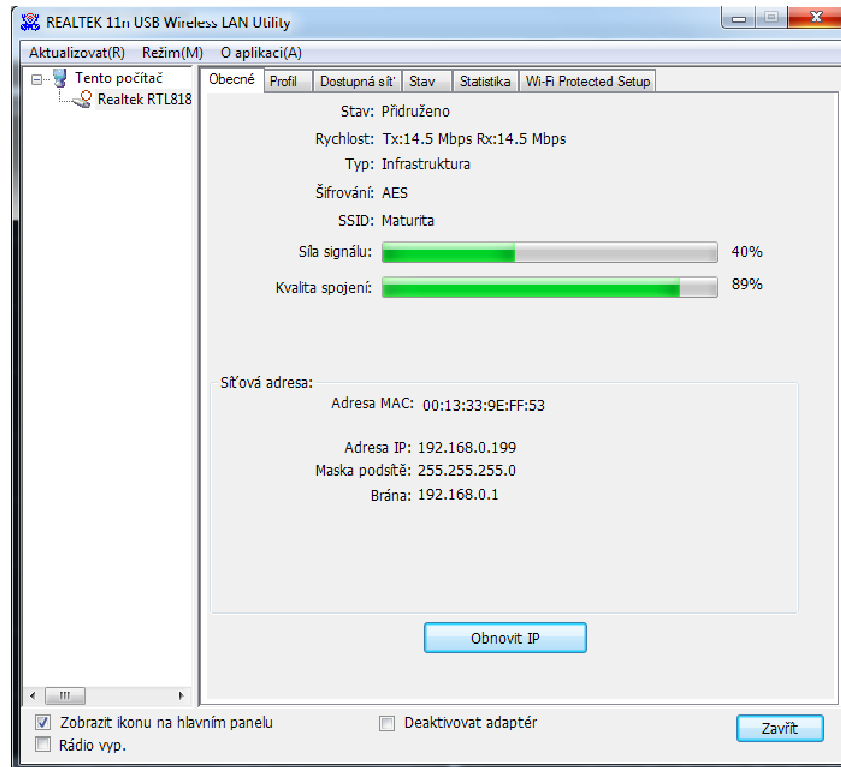


Obr. č. 46

Jak vidíme, tak s horizontální polohou má anténa se zakrytou Fresnelovou zónou úbytek asi 10 dB a s vertikální polohou jsme dokonce z části měření dostali až na samotných – 100 dB a tak jsme tedy přijímali opravdu velké minimum.

U vertikální jsme už ani neměřili přenosovou rychlost, protože její rychlost by byla velmi často nulová.

U horizontální jsme si změřili i rychlost pro upřesnění a vidíme, že rychlost se pohybuje na 14,5 Mbps což je vůči volné Fresnelově zóně u horizontální polohy pokles o 7 Mbps.



Obr. č. 47

3. Závěr

3.1 Shrnutí

V práci jsme si řekli základní informace o síti 2,4 GHz. Řekli jsme si také co je potřeba k vytvoření Wifi sítě a všechny části jsme si ukázali a popsali. Dále jsme si řekli, co všechno musíme vědět o prostředí, ve kterém budeme chtít síť udělat. Popsali a ukázali jsme si vytvoření své vlastní antény.

Propočítali jsme si různé útlumy a vyzářené výkony, které jsou stanoveny Českým telekomunikačním úřadem a na závěr jsme si všechnu teorii, kterou jsme si řekli nebo spočítali, vyzkoušeli a ověřili v praxi a zjistili jsme, že všechna teorie je pravdivá a velmi se podobá praxi.

V praxi jsme dodrželi povolené limity s rezervou 1 a 1,7dB. Zjistili jsme, že Wifi spojení na 200 m je mnohem jednodušší než připojení které by vedlo po UTP kabelech jak už co se týče náročnosti na kabel tak i na samotnou práci. Výhodou našeho řešení s anténou Quadro-quad je taková, že plně stačí na připojení kratší vzdálenosti. Nevýhodou tohoto řešení je nevhodnost na velké vzdálenosti, na které se hodí spíše anténa Yagi a také nevýhoda pokud potřebujeme mít pokryto více než 60° na které se hodí spíše všesměrové antény.

3.2 Odkazy na stránky s použitými informacemi

http://jenda9net.chytrak.cz/pasmo_24.php

http://www.changpuak.ch/electronics/bi_quad_antenna_designer.php

http://ok2jpk.nagano.cz/?Nejen_o_WIFI:%DAtlumy_koaxi%E1ln%EDch_kabel%F9

http://pctuning.tyden.cz/hardware/site-a-internet/11138-wi-fi_site-vse_co_jste_kdy_chteli_vedet_12?start=3

<http://strizkov.wz.cz/4sestry/>

<http://www.ropacek.cz/wifi/dosah.html>

http://charon.hkfree.org/~morse/Wi-Fi/anteny_pro_wifi1.pdf

http://www.elmag.org/doku.php/k317:simulace_elmag_poli:biquad

<http://www.jm-it.cz/pdf/wifi.pdf>

<http://www.bezdratovepripojeni.cz/cs/cz/clanky/utlum-prostredi>