

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra telekomunikační techniky

Antény pro mobilní komunikaci  
Antennas for Mobile Communications

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra telekomunikační techniky

## Zadání bakalářské práce

Student: **Lukáš Matušek**

Studijní program: B2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor: 2612R059 Mobilní technologie

Téma: **Antény pro mobilní komunikaci**  
**Antennas for Mobile Communications**

Zásady pro vypracování:

Cílem této práce je sestavit přehled antén používaných v mobilních sítích všech generací a vytvořit multimediální výukový program, který názorným způsobem vysvětlí jejich základní parametry a využití.

1. Vytvoření přehledu antén používaných v mobilních sítích.
2. Popis základních parametrů, vlastností a využití uvedených antén.
3. Vytvoření názorných animací vysvětlujících základní parametry a využití antén pro mobilní sítě.

Seznam doporučené odborné literatury:

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Roman Šebesta, Ph.D.**

Datum zadání: 18.11.2011

Datum odevzdání: 04.05.2012

prof. RNDr. Vladimír Vašínek, CSc.  
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

## Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně.  
Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Dne: 1.4.2012

*Lukáš Motušík*

## Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Romanu Šebestovi, Ph.D. za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této bakalářské práce.

## Abstrakt

Cílem této bakalářské práce na téma *Antény pro mobilní komunikaci* je vytvoření výukového programu pro podporu výuky na katedře telekomunikační techniky, který přispěje k pochopení dané problematiky. Výukový program je vytvořen v programu Adobe Flash profesionál a obsahuje animace názorně vysvětlující základní parametry, vlastnosti a využití jednotlivých antén v mobilních sítích. Textová část práce je detailnějším doplněním výukového programu. Obsahuje podrobnější popis parametrů, vlastností a přehled antén používaných v mobilních sítích. Přehled antén se dělí na: antény účastníka a antény sítě.

## Klíčová slova

Anténa, Adobe Flash, mobilní sítě, výukový program

## Abstract

Goal of this thesis is to create a computer program which should support the education at the Department of Telecommunications. The program is created using Adobe Flash Professional and it simply describes, using animations, general parameters, characteristics and use of antennas in mobile network . Written part of this thesis extends the basics described in the program and contains detailed overview of the problem. The written part is divided into 2 chapters: end-user antennas and network antennas.

## Key words

Antenna, Adobe Flash, mobile network, tutorial

## Seznam použitých symbolů, zkratek a termínů

AMR	Automatic Meter Reading	Automatizované měření
BTS	Base Transceiver Station	Základnová převodní stanice
D,S	Direktivita	Směrovost
G	Gain	Zisk
GIF	Graphics Interchange Format	
GSM	Global System for Mobile Communications	Globální systém pro mobilní komunikaci
HTML	HyperText Markup Language	
JPEG	Joint Photographic Experts Group	
M2M	Machine to Machine communication	Komunikace mezi zařízeními
MS	Mobile Station	Mobilní stanice
PNG	Portable Network Graphics	
SIM	Subscriber Identity Module	Účastnická identifikační karta
SMS	Short Message Service	Krátká textová zpráva
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System	

# Obsah

1 Úvod.....	1
2 Anténa.....	2
2.1 Přenosové prostředí .....	2
2.2 Přenosové médium.....	2
2.3 Princip reciprocity.....	3
3 Parametry a vlastnosti antén.....	4
3.1 Izotropický zářič.....	4
3.2 Směrový zářič.....	4
3.3 Šířka pásma.....	4
3.4 Polarizace.....	5
3.4.1 Polarizace vertikální.....	5
3.4.2 Polarizace horizontální.....	5
3.4.3 Polarizace +45° / -45°.....	6
3.5 Směrovost.....	6
3.6 Zisk .....	7
3.7 Náklon antény .....	8
3.7.1 Mechanický náklon.....	8
3.7.2 Elektrický downtilt.....	9
3.8 Diverzitní příjem.....	10
4 Přehled antén.....	12
4.1 Antény uživatele.....	12
4.1.1 Antény v mobilních telefonech.....	12
4.1.2 Malé externí antény.....	14
4.1.3 Magnetické antény.....	15
4.1.4 Nalepovací antény.....	15
4.1.5 Yagi anténa.....	16
4.1.6 Parabolická anténa.....	17
4.1.7 FlatWhip anténa.....	18
4.1.8 Vnitřní antény.....	18
4.2 Antény sítě.....	20
4.2.1 Všesměrové antény.....	20
4.2.2 Sektorové antény.....	20
4.2.3 Panelové antény.....	20
4.2.4 Jednopásmové antény.....	21
4.2.5 Vícepásmové antény.....	22
4.2.6 Méně používané sektorové antény.....	22
4.2.7 Vyzářovací kabely.....	24

<u>5 Adobe Flash CS5 Professional.....</u>	<u>25</u>
<u>5.1 Animace.....</u>	<u>25</u>
<u>5.2 Možnosti publikování.....</u>	<u>25</u>
<u>5.3 Vývojové prostředí.....</u>	<u>26</u>
<u>5.4 Tvorba animací.....</u>	<u>27</u>
<u>5.5 Action script 3.0.....</u>	<u>27</u>
<u>5.6 Výukový program.....</u>	<u>28</u>
<u>6 Závěr.....</u>	<u>30</u>
<u>7 Použitá literatura.....</u>	<u>31</u>
<u>8 Přílohy.....</u>	<u>1</u>



# 1 Úvod

Bakalářská práce pojednává o anténách, které se používají v mobilních systémech. Zabývá se základními parametry a vlastnostmi jednotlivých antén a jejich využitím. Dále má za úkol seznámit nás s jednotlivými druhy antén. Antény jsem rozdělil do dvou hlavních skupin. První skupinou jsou antény na straně uživatele. Druhou skupinu pak tvoří antény na straně sítě.

Praktickou částí je vytvoření výukového programu. Tento výukový program usnadní pochopení anténní problematiky při výuce budoucích studentů. Výukový program je vytvořen pomocí programu Adobe Flash. Program je rozdělen do pěti kapitol. Základní parametry, vlastnosti antén, antény v mobilních telefonech, všesměrové antény a sektorové antény. Ke snadnějšímu pochopení anténní problematiky přispívají animace. Animace jsou doplněny o textové pole, které popisuje co se odehrává v konkrétní animaci.

Samotné téma mě oslovilo ze dvou hlavních důvodů. Prvním byla možnost naučit se pracovat s programem Adobe Flash. Druhým důvodem bylo zaměření na anténní problematiku.

## 2 Anténa

Anténa je zařízení, které slouží k přijímání nebo k vysílání informací pomocí rádiových signálů. Vysílací anténa je zařízení, jehož úlohou je vyzářit přivedenou vysokofrekvenční energii z vysílače do okolního prostoru ve formě elektromagnetického vlnění.

Přijímací anténa má obrácenou funkci. Elektromagnetické vlnění z okolního prostoru převádí na vysokofrekvenční energii a ta je dále zpracovávána v elektrických obvodech přijímače. Jejich vzájemnou spoluprací se vytváří systém, který umožňuje bezdrátový přenos informací.

V praxi se oba typy antén sdružují do jediné antény, která slouží jak pro vysílání, tak i pro příjem signálu (princip reciprocity). Je to řešení vycházející z praktických poznatků i teorie, že dobrá vysílací anténa je zpravidla i dobrou přijímací anténou. Obráceně to však vždy není pravda. Je nutné si tuto zásadu uvědomit. V praktickém provozu se nezdálo setkáváme s používáním oddělených antén pro vysílání a příjem.

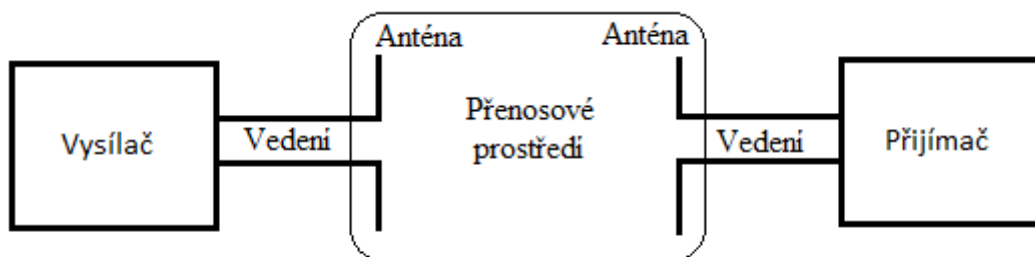
Anténa je jedna z částí vysokofrekvenčního vedení, která je upravená tak, aby co nejúčinněji vyzařovala energii do volného prostoru. Anténa je hraniční prvek pro přenos informací mezi dvěma místy. Mezi vysílačem a přijímačem se nachází přenosové prostředí a přenosové médium (viz. Obr. 2.1). [1]

### 2.1 Přenosové prostředí

Přenosové prostředí bývá zpravidla tvořeno vzduchem nebo vesmírným prostorem. Zřídka může přenosové médium tvořit půda, voda nebo jiné neobvyklé prostředí. Jevy, které ovlivňují šíření vln jsou: odraz, lom, ohyb, rozptyl.

### 2.2 Přenosové médium

Přenosové médium se nachází mezi anténou a vysílačem nebo mezi anténou a přijímačem. Přenosovým médiem rozumíme napájecí vedení, tzn. nejrůznější druhy vodičů a vlnovodů.



Obr. 2.1: Přenosová trasa mezi vysílací a přijímací anténou

### 2.3 Princip reciprocity

Princip reciprocity antény nám říká, že diagram záření přijímací antény je stejný s diagramem záření stejné antény pracující jako vysílací. Tato vlastnost platí pouze za předpokladu, že jsme při konstrukci antény nepoužili žádné nelineární prvky nebo jednosměrná zařízení. Takže z hlediska diagramů záření nevidíme mezi vysílací a přijímací anténou žádný rozdíl. [1]

## 3 Parametry a vlastnosti antén

Vlastností, kterými se dnes antény rozlišují je velmi mnoho. V této kapitole se zaměřuji na základní parametry a vlastnosti antén, pomocí kterých jsou antény nejčastěji vybírány. Jednotlivé vlastnosti a parametry jsem čerpal z katalogu. Popisuji zde vztahy mezi jednotlivými parametry.

### 3.1 Izotropický zářič

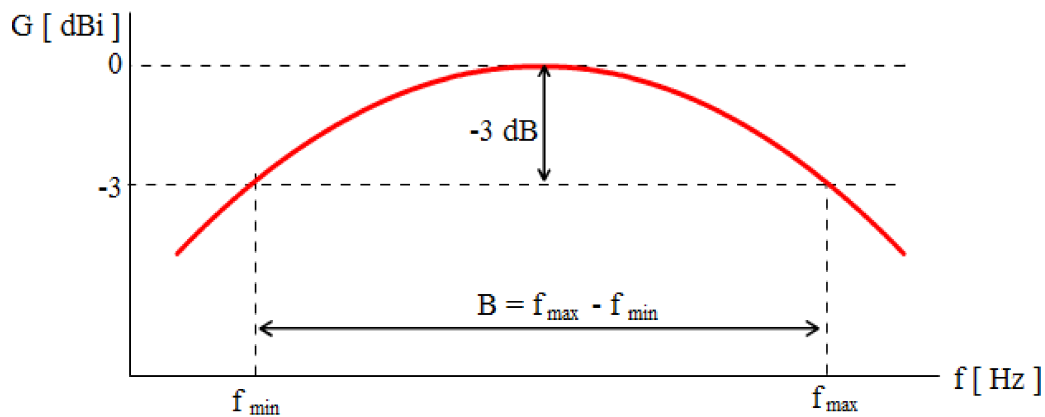
Izotropický zářič je ideální, bezztrátová všesměrová anténa, která vyzařuje elektromagnetické pole všemi směry v prostoru o stejné intenzitě. Jedná se o hypotetický pojem, neboli vzhledem k vlastnostem této antény, není možná její reálná konstrukce. Izotropický zářič je anténa, se kterou se setkáme při popisu vlastností jiných reálných antén. Při použití antény k popisu jiných vlastností ji nazýváme referenční anténou.

### 3.2 Směrový zářič

Směrový zářič je takový, který je schopen přijímat nebo vysílat elektromagnetické vlny s různou intenzitou v závislosti na směru. Antény, které mají v diagramu záření snadno viditelné maximum, nazýváme směrové antény. Opačný případ jsou antény, které mají vyzařovací diagram přibližně podobné kruhu v jedné rovině, ty nazýváme všesměrové antény nebo-li také omnidirectional antény. [1]

### 3.3 Šířka pásma

Šířka pásma (Bandwidth) je parametr, který budeme při výběru antény řešit jako jeden z prvních. Šířka pásma nám říká, v jak širokém frekvenčním pásmu je anténa schopna pracovat. Nejčastěji nám ukazuje rozmezí, ve kterém je anténa schopna pracovat bez ztráty svých vlastností, jako je třeba snížení zisku, změna směrovosti či polarizace. Jedná se o početní rozdíl horní a dolní frekvence v pásmu elektromagnetických vln (viz Obr. 3.1). [2]



Obr. 3.1: Šířka pásma

### 3.4 Polarizace

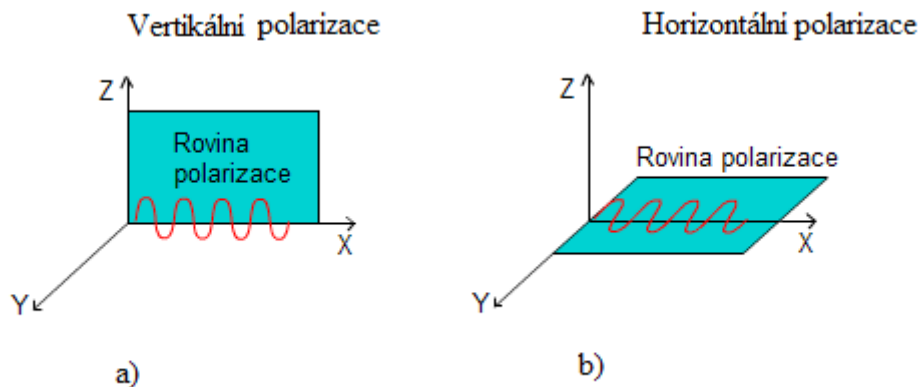
Podle polarizace (Polarization) vyzařované vlny jsou určovány polarizační vlastnosti. Naším cílem je zajistit to, aby se polarizace přijímací antény shodovala s polarizací přijímané vlny. Pokud tuto podmínku nesplníme, pak se jedná o polarizační nepřizpůsobení. Výsledkem jsou značné útlumy přijímaného signálu. V mobilních systémech se převážně používá vertikální polarizace, případně tzv. polarizace  $+45^\circ$  /  $-45^\circ$ .

#### 3.4.1 Polarizace vertikální

Pojem vertikální polarizace je použit v případě, že posuzujeme orientaci elektrické složky elektromagnetického pole právě tehdy, když je elektrická složka kolmá k zemskému povrchu. Vertikálně orientovaná anténa vytváří vertikálně polarizované vlny. Vertikálně polarizovaná vlna je kolmá k zemské ploše (viz Obr. 3.2a).

#### 3.4.2 Polarizace horizontální

Je-li elektrická složka elektromagnetického pole rovnoběžná se zemským povrchem, jedná se o horizontální polarizaci. Horizontálně orientovaná anténa vytváří horizontální vlny. Horizontálně polarizovaná vlna je rovnoběžná se zemní plochou (viz Obr. 3.2b).



Obr. 3.2: Druhy polarizací

### 3.4.3 Polarizace $+45^\circ$ / $-45^\circ$

Nejedná se o polarizaci samotné vlny, ale o schopnost antény přijímat jak horizontálně tak i vertikálně polarizované vlny. Důvodem je překřížení vertikálního a horizontálního dipólu při otočení o  $+45^\circ$  a  $-45^\circ$ . Také se jí říká polarizace „X“. Výsledný signál se elektricky upraví do požadované polarizace. Hlavní výhodou této polarizace je v tom, že místo jedné antény vertikální a jedné horizontální nám stačí pouze jedna anténa s polarizací X. [2]

## 3.5 Směrnost

Směrnost  $S$  (Directivity  $D$ ) je vlastnost, která nám říká, jakou má daná anténa schopnost vyzařovat nebo přijímat elektromagnetické vlny v požadovaném směru vůči referenční anténě.

Jako referenční anténa může být použit půlvlnný dipól nebo izotropický zářič.

Půlvlnný dipól může být vertikální nebo horizontální a od toho se odvíjí, v jakém směru má všesměrovou charakteristiku. Vertikální půlvlnný dipól má horizontální charakteristiku všesměrovou a vertikální charakteristika je velmi podobná symbolu  $\infty$ .

S vyzářovací charakteristikou se můžeme setkat ve třech podobách:

- **Polární graf** – jedná se o dva kruhové diagramy, jeden pro zobrazení vyzářování v horizontální rovině a druhý pro zobrazení vyzářování ve vertikální rovině.
- **Kartézský graf** - obsahuje totožné informace jako polární graf, ale jeho hodnoty jsou vyneseny do kartézské souřadnicové soustavy.

- **3D prostorový graf** - 3D graf vzniká sloučením vertikální a horizontální vyzařovací charakteristiky.

Podle tvaru, který má charakteristika v horizontální nebo vertikální rovině, se antény dále dělí na:

- **Všesměrové** (*omnidirectional*) – síla vyzařování elektromagnetického pole v jedné rovině je ve všech směrech stejná, není možné rozlišit hlavní a vedlejší laloky vyzařovací charakteristiky.
- **Směrové** (*directional*) – síla vyzařování je soustředěna do určitého směru. Podle síly signálu a úhlu vyzařování se z vyzařovací charakteristiky zjišťuje šířka hlavního laloku. Šířka hlavního laloku se měří při poklesu zisku o 3 dB, neboli také jinými slovy při poklesu na 50 % maximálního výkonu. [2] [3]

### 3.6 Zisk

Zisk antény  $G$  (*Antenna Gain*) zahrnuje směrovost a účinnost vyzařování antény. Jedná se o relativní hodnotu, která je vztažena k referenční anténě. Zisk je hodnota, která nám říká, kolikrát větší napětí dodá na své svorky anténa přijímací ve směru svého maximálního výkonu (hlavní lalok) v porovnání s referenční anténou. Hodnotu zisku zjistíme pomocí logaritmu poměru napětí nebo výkonů v zátěži získaných při měření zkoumanou anténou ( $E_1, P_1$ ) a referenční anténou ( $E_0, P_0$ ).

$$G = 20 \log \left( \frac{E_1}{E_0} \right) = 10 \log \left( \frac{P_1}{P_0} \right) \quad (1)$$

Zisk antény může být také dán součinem směrovosti antény a účinnosti vyzařování antény.

Zisk vůči izotropické anténě je dán vzorcem:

$$G_i = \eta S [dBi] \quad (2)$$

kde  $\eta$  je účinnost vyzařování antény ( $\eta < 1$ ) a  $S = S_i$  nebo  $S_d$  je směrovost vůči izotropické anténě případně půlvlnnému dipólu. Pro výsledek v decibelech musíme použít logaritmus.

$$G = 10 \log(\eta S) [dB] \quad (3)$$

Zisk je hodnota vztažena k referenční anténě. Jestli-že je referenční anténou izotropní zářič, pak se tedy jedná o absolutní zisk  $G_a$ . Pokud se za referenční anténou skrývá půlvlnný dipól,

tak mluvíme o relativním zisku  $G_r$ . Rozdíl zisků mezi těmito dvěma referenčními anténami je 2,15 dB. Pokud budeme považovat zisk referenční izotropické antény 0 dBi, tak zisk referenčního půlvlnného dipólu bude 2,15 dBi.

$$G_{[dBi]} = G_{[dBd]} + 2,15 \text{ dB} \quad (4)$$

Zkratka dBi udává decibelovou hodnotu zisku vztaženou k referenční izotropické anténě a zkratka dBd udává decibelovou hodnotu zisku vztaženou k půlvlnnému dipólu. [1]

### 3.7 Náklon antény

Náklon antény je v mobilních sítích velmi užívaný jev. Slouží ke sklonění signálu antény, tedy k odklonění osy hlavního laloku směrem dolů nebo nahoru od horizontální osy vertikální vyzařovací charakteristiky.

#### 3.7.1 Mechanický náklon

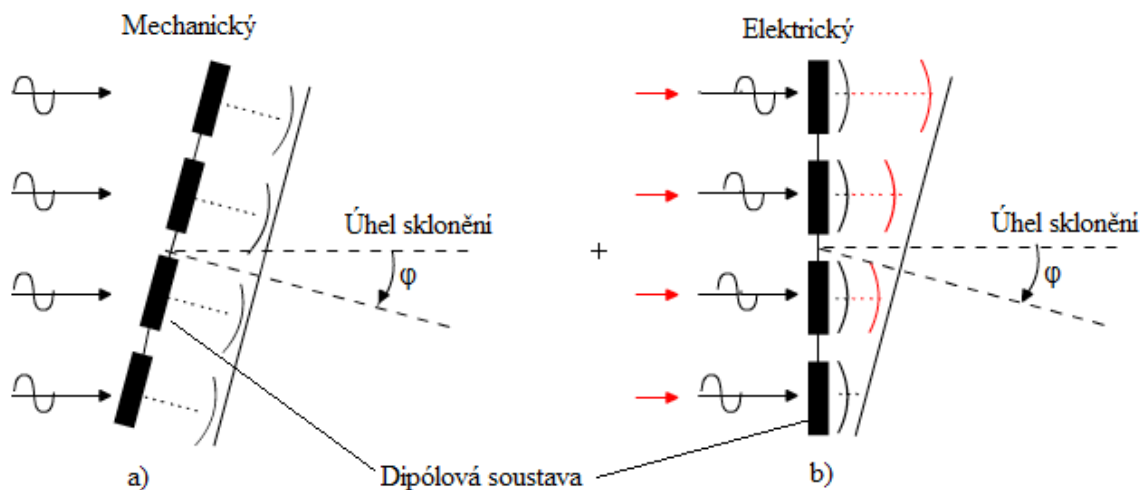
Mechanický náklon (*mechanical tilt*) je sklopení samotné antény směrem nahoru nebo dolů pomocí speciálního mechanického uchycení, které umí anténu sklopit do různých úhlů a zároveň zachovat stabilitu a odolnost proti povětrnostním podmínkám. Je třeba zdůraznit, že mechanický náklon je fixní. Po jeho nastavení na určitou hodnotu se hodnota nemění. Jediná možnost je mechanické přenastavení sklonu antény.

Mechanický náklon dělíme podle směru sklopení antény na:

- **Sklopení směrem dolů (Mechanical Downtilt)** - zvýšením downtiltu se hlavní směr šíření signálu skloní k zemi a tím se sníží dosah antény. To má velký význam při pokrývání dané lokality signálem. Odůvodnění to má hlavně při pokrývání mobilních buňkových sítí. Čím více je oblast osídlena, tím menší jsou jednotlivé buňky a tím více potřebujeme sklopit anténu, aby její vysílání nerušilo okolní buňky sítě (viz Obr. 3.3a).
- **Sklopení směrem nahoru (Mechanical Uptilt)** - zvýšením uptiltu se hlavní směr šíření signálu odkloní k nebi. Na první pohled se může zdát nesmyslné mířit anténu směrem vzhůru, nicméně i to má svůj význam. Používá se buď v případech, že anténa leží v dolině a my potřebujeme pokrýt vyvýšená místa (to není moc častý jev) a nebo pokud se počítá s budoucím zvyšováním počtu obyvatel v dané lokalitě. V tomto případě použijeme anténu s elektrickým downtiltem a ten se kompenzuje mechanickým uptiltem. Po zvýšení



počtu obyvatel v dané lokalitě se mechanický uptilt odstraní a osa signálu tak bude sklopena díky použití elektrického downtiltu. Tím se vyhneme vyměňování antén, což je nejen komplikované, ale také drahé.



Obr. 3.3: Downtilt

### 3.7.2 Elektrický downtilt

Elektrický náklon (Electrical Downtilt) je z pohledu šíření signálu funkčně shodný s mechanickým náklonem. Velice často je tato vlastnost již daná výrobcem od výroby a hodnota elektrického downtiltu má konstantní hodnotu. Dražší antény mají schopnost plynule volitelného nastavení elektrického downtiltu (viz. Obr. 3.3b).

Nejčastěji se tato hodnota pohybuje v rozmezí  $0^\circ - 15^\circ$ . Pro úplnost je třeba zmínit, že elektrický uptilt neexistuje.

Výhody elektrického náklonu:

- Snadná montáž - upevňuje se vždy ve svislé poloze, bez ohledu na sklon signálu.
- Různé úhly náklonů – výrobcem jsou již od výroby k dispozici různé hodnoty náklonu antény.
- Volitelné nastavení náklonu u dražších modelů z určitého rozsahu (viz Obr. 3.4).

Nevýhody elektrického náklonu:

- Nutnost objednání antény s určitým úhlem náklonu.
- Vysoká cena antén s možností nastavitelného náklonu.

- Snížený zisk antén, které mají možnost nastavitelného náklonu. [4] [5]



*Obr. 3.4: Ukázka nastavení elektrického náklonu*

### 3.8 Diverzitní příjem

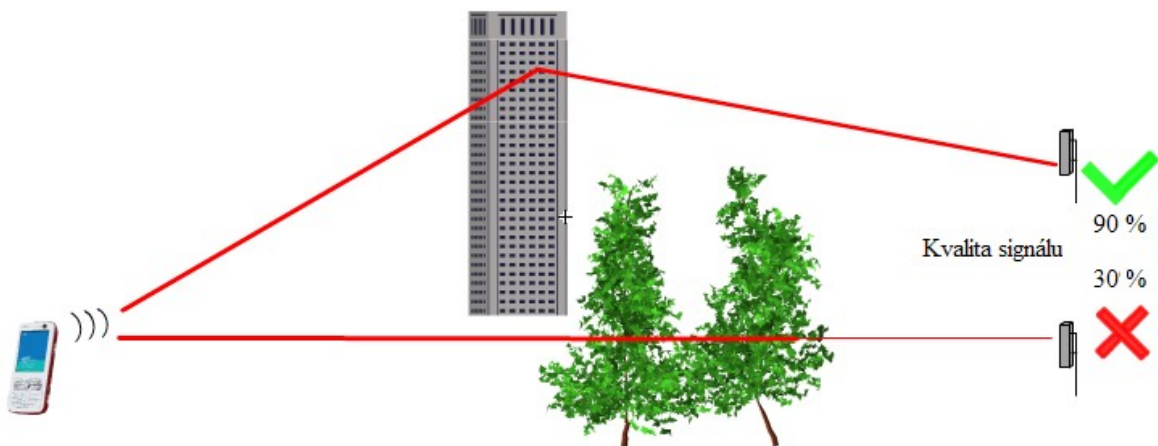
Technika diverzitního nebo-li výběrového příjmu se používá v případě, že chceme potlačit nebo zcela eliminovat rušivé jevy, které působí na signál během jeho šíření mezi mobilní stanicí MS (Mobile Station) a základnovou stanicí BTS (Base Transceiver Station). Tyto rušivé jevy nám způsobují změnu úrovně signálu v místě příjmu. Jev se označuje jako únik (fading).

Příčin může být několik. Tyto úniky mohou být zaviněny terénními překážkami, které se nacházejí mezi mobilní stanicí a základnou. Problém může být způsoben také samotným pohybem mobilní stanice vůči základně. Překážky způsobují mnohocestné šíření signálu, nebo-li odrazy. Toto je problém charakteristický pro oblasti s hustou zástavbou, kde dochází k mnoha odrazům od objektů jako jsou z převážné části domy. Při odrazech se navíc velice často stává, že se změní polarizace samotného přenášeného signálu. Kombinace těchto nežádoucích jevů je důvod, proč někdy stačí udělat 2-3 kroky a kvalita hovoru nám mnohonásobně vzroste. Praktická měření ukázala, že rozdíl signálu v rozmezí několika metrů, může dosahovat 20 dB – 30 dB.

Techniky diverzitního příjmu jsou pro systémy GSM, UMTS aplikovány pouze na přijímací straně základnových stanic. Důvodem je poměrně malý výkon antén v mobilních stanicích a velmi malá anténa, proto je signál vysílán z mobilní stanice mnohem slabší a tím pádem mnohem citlivější na rušení. Pro opačnou komunikaci, tedy základnové stanice s mobilní stanicí je signál dostatečně silný. Dalším důvodem je to, že zrealizovat diverzitní příjem na mobilní stanici by bylo velice obtížné.

Diverzitní příjem známe ve třech základních podobách:

- **Diverzitní systém s prostorovým výběrem** – Tento systém zahrnuje jednu anténu vysílací a více antén přijímacích. Nejčastěji se jedná o dvě antény. Tyto antény jsou od sebe vzdáleny několik vlnových délek. Výsledná reálná vzdálenost mezi dvěma anténami je v jednotkách metrů. Vlnová délka pro GSM 900 je cca 33 cm a pro GSM 1800 je to cca 17 cm. Každá z těchto přijímacích antén je připojena ke svému vlastnímu přijímacímu obvodu. Výsledný signál se získá buď sečtením těchto dvou a nebo se vybere ten kvalitnější. To je ten, který je nejméně rušený, případně nejméně deformovaný samotným přenosem. V dnešní době je jedna z antén vysílacích zároveň anténou přijímací. Spojit vysílací anténu s přijímací nám umožňuje duplexer.
- **Diverzitní systém s úhlovým výběrem** – Systém je funkčně shodný s prostorovým výběrem, ale používá směrové antény. Antény jsou natočeny do různých směrů. Diverzitní systém s úhlovým výběrem je typický pro buňkové sítě. Pro pokrytí 360° budeme tedy potřebovat šest antén s úhlem vyzařování 120°, neboli tři páry antén pootočených o 120° (viz Obr. 3.4).



Obr. 3.4: Diverzitní systém s úhlovým výběrem

- **Diverzitní systém s polarizačním výběrem** – Na začátku jsme si řekli, že odražením od překážek se mění polarizace signálu. Tato metoda využívá dvou přijímacích antén. Jedna je vertikálně polarizovaná a druhá horizontálně. Výsledkem je tedy schopnost zpracovat i signál, který je deformovaný odrazy od překážek. V případě, že použijeme anténu s vertikální polarizací zároveň jako vysílací anténu, což nám umožní duplexer, můžou být obě antény nainstalovány v jednom pouzdře. To nám ušetří jak místo na stožárech tak i čas při montáži. [4]

## 4 Přehled antén

V přehledu antén se podíváme na více či méně používané antény v mobilních sítích GSM 900, GSM 1800, UMTS. Antény jsem rozdělil do dvou hlavních kapitol. Ze strany uživatele a ze strany sítě.

### 4.1 Antény uživatele

Antény uživatele nejsou montovány samotnými provozovateli sítě. Tyto antény slouží ke zlepšení pokrytí v místech, kde je běžný signál velice slabý. Druhou možností jsou antény, které se montují za účelem další činnosti. Touto činností je volání z mobilního telefonu, nebo vzdálené měření.

#### 4.1.1 Antény v mobilních telefonech

Antény v mobilních telefonech procházejí stejným vývojem jako samotné mobilní telefony. Mezi hlavní požadavky kladené na tyto antény patří snižování rozměrů, zvyšování výkonu a maximální odolnost proti rušivým jevům.

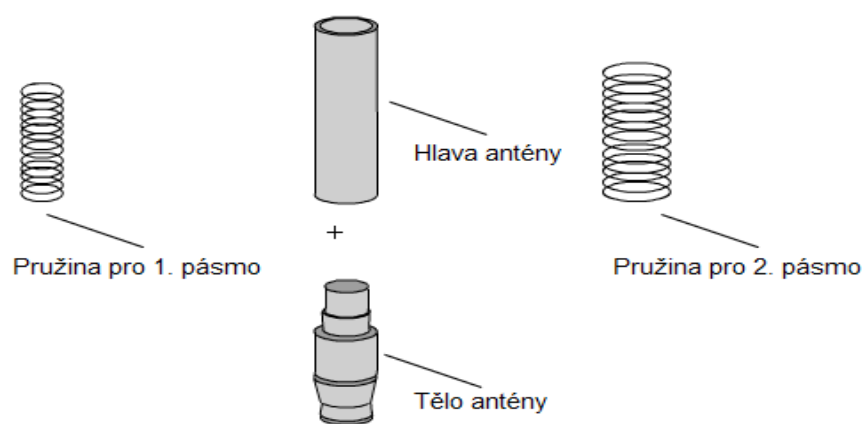
V této oblasti jsou hlavními zástupci:

- **Prutová anténa** – Jedná se o první anténu, která se objevila v mobilních telefonech a vysílačkách (viz Obr. 4.1). Doménou této antény je dosah. Jednoduše řečeno platilo, čím delší prut, (teleskopická část) tím větší dosah antény. Ani současné antény nemají takový dosah jako právě tyto prutové antény. Manipulace s takovou anténou byla dosti nepohodlná, často se antény ohýbaly nebo lámaly. Vývoj se tedy zaměřil na zmenšování antény. [6]



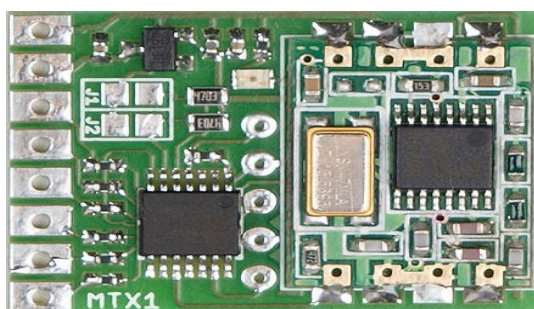
Obr. 4.1: Prutová anténa

- **Šroubovicová anténa** – Výsledkem zmenšování antén je právě anténa šroubovicová. Anténa je složena z těla antény, které je umístěno v samotném telefonu a z hlavy antény, která je mimo tělo samotného telefonu. Pod hlavou antény se nacházejí šroubovice (pružiny) (viz Obr. 4.2). Jejich množstvím, velikostí, sklonem a počtem závitů se anténa ladila na požadovanou pracovní frekvenci. Tyto antény byly o poznání menší než antény prutové. Nevýhodou této antény se stala odolnost vůči okolním jevům. Anténa byla velice náchylná na rušení okolními předměty. [1]



Obr. 4.2: Šroubovicová anténa

- **Plošná anténa** – Je to anténa, která je nejčastěji používána i ve vašem mobilním telefonu. Plošná anténa je vyváženým modelem mezi anténou prutovou a šroubovicovou. Má menší dosah, než anténa prutová a větší odolnost než anténa šroubovicová. Zároveň je to první anténa, které je kompletně schovaná v těle mobilního telefonu. Její název je odvozen od umístění antény na plošném spoji. Nejznámějším představitelem plošné antény je anténa ve tvaru obráceného písmene F (viz Obr. 4.3). [1] [7]



Obr. 4.3: Plošná anténa

### 4.1.2 Malé externí antény

Do této kategorie patří antény, které je možné odmontovat z přístrojů, na kterých jsou namontovány. Antény jsou velice často vybaveny kloubem pro montáž na boční stranu zařízení. Tyto antény mají velice malé rozměry, jsou to jednotky centimetrů. Nejčastější délky jsou v blízkém okolí deseti centimetrů.

Tyto antény jsou nejčastěji používány pro:

- **M2M komunikaci** (Machine to Machine) – Komunikace strojů se stroji. Jedná se o komunikaci, která se velice rychle rozvíjí. Očekává se, že v budoucnu těmito anténami budou komunikovat všechny domácí přístroje, automobily a další zařízení, což nám umožní jejich ovládní z různých míst mimo domov.
- **Telemetrii** – Technologie, která nám umožňuje měření a přenos dat na větší vzdálenosti. Příkladem využití je například přenášení naměřených informací v meteorologii v automatických meteorologických stanicích nebo pro sledování živočichů v přírodě.
- **Automated Meter Reading (AMR)** – Technologie, která už na hodně místech funguje. Tato technologie umožňuje bezdrátové odečtení hodnot například z elektroměrů. Odpadá tím tak být doma při odečtu elektřiny, plynu a vody. Nutností je ovšem elektroměr vybavený touto anténou a technologií.
- **Zabezpečovací systémy** - Tyto antény jsou nedílnou součástí zabezpečovacích systémů. Nejčastěji se vyskytují v nemovitostech jako jsou garáže, domy, chaty ale třeba i automobily. Jejich hlavní funkcí je upozornit majitele nejčastěji na nečekaný pohyb v jejich majetku. Tato situace je detekována pohybovými čidly, které jsou připojeny do komunikátoru GSM. Tento komunikátor je nastavený tak, že při obdržení signálu pošle SMS zprávu nejčastěji nám, ale může také kontaktovat přímo policii.

Výhodou je nenápadnost a účel systému. Anténa funguje v provozní teplotě -30 až +90°. Při odpojení od elektrické energie funguje celý systém na vlastní baterii. Anténa musí být umístěna v nezarušeném prostředí.

Nevýhodou je cena komunikátoru GSM do kterého je potřeba anténu namontovat. Nutnost koupení karty SIM do GSM komunikátoru a zároveň nabíjení kreditu na kartu SIM, protože komunikátor se chová funkčně jako běžný mobil. [8]

### 4.1.3 Magnetické antény

Antény, které jsou určeny pro uchycení pomocí magnetické podložky. Tyto antény byly nejčastěji používané v automobilovém průmyslu (viz Obr. 4.4). Stačilo anténu připevnit nejlépe na střechu automobilů. Koaxiální kabel se musí poté protáhnout okenním těsněním a můžeme ho připojit třeba k handsfree telefonu. Výhodou je rychlost a snadnost montáže, ochrana před zloději, protože se dá anténa vždy snadno odmontovat a použít na jiném místě. Další výhodou je širokopásmovost těchto antén. Jedna anténa je schopna pracovat s více pásmy najednou. Pracuje v pásmech GSM 900, GSM 1800, UMTS a některé umí také WiFi a bluetooth. Nevýhodou je při častém manipulování téměř nevyhnutelné poškrábání laku automobilu.

Druhou možností jak upevnit tuto anténu na střechu je odmontování magnetu. Následné vyvrtání otvoru do střechy, nejlepší je umístit ji do středu střechy. Střecha pak funguje jako protiváha a zároveň jako clona proti vyzářování signálu směrem do vozidla. Umístění antény na přední nebo zadní část střechy mírně zvýší ztráty. Montáž antény na kufr nebo kapotu se nedoporučuje. [9] [10]



Obr. 4.4: Magnetická anténa

### 4.1.4 Nalepovací antény

Nalepovací antény jsou určeny k nalepení. Nejčastěji se nalepují na sklo. Nalepovací antény jsou vyráběny ve dvou základních provedeních:

1. **Pro venkovní provedení** – Anténa se nalepuje na sklo z venkovní strany. Z vnitřní strany se přilepí protikus antény, ze kterého je již vyveden vodič pro připojení k telefonu. Vysokofrekvenční signál snadno přeskochí mezi anténou a jejím protikusem (viz Obr. 4.5). Pár milimetrů tlusté sklo není pro vysokofrekvenční signál problém.



Obr. 4.5: Venkovní nalepovací anténa

2. **Pro vnitřní provedení** - Tato anténa je vyrobena pro vnitřní použití a lepí se na sklo z vnitřní strany. Nejčastěji mají tyto antény různé obdélníkové tvary (viz Obr. 4.6). Tato anténa je však z pohledu mobilních sítí považována za zcela nefunkční a její vlastnosti jsou naprosto nedostačující. [9] [10]



Obr. 4.6: Vnitřní nalepovací anténa

#### 4.1.5 Yagi anténa

Yagi anténa je celým názvem anténa Yagi-Uda. Jedná se o anténní soustavu tvořenou zářičem, reflektorem, direktory a ráhlem. Ráhlo je pasivní nosný prvek, ke kterému jsou další prvky antény připojeny izolovaně (viz Obr. 4.7). Direktory jsou buzené pouze vzájemnou vazbou a jenom první prvek je připojen k napáječi. Úkolem reflektoru je soustředění elektromagnetické energie vyzařované zářičem směrem k direktorům. Dále reflektor zvyšuje zisk antény tím, že odráží vlny, které by jinak minuly zářič. Všechny hlavní parametry Yagi antény jsou odvozeny od základních rozměrů. Nejdůležitější rozměry jsou délky a průměry vodičů, počet prvků a jejich vzájemné vzdálenosti. Při navrhování Yagi antény je největším problémem určení právě těchto základních rozměrů a počtů prvků pro dosažení požadovaných elektrických vlastností v daném kmitočtovém pásmu. Největší vliv na hodnotu zisku má délka antény podél ráhla. Samozřejmě se nedá prodlužovat věčně. Od jisté délky už zvýšený zisk nevyváží komplikace plynoucí z jejího prodlužování.



Hlavní vlastnosti antény:

- Vysoká směrovost
- Minimální náchylnost na okolní rušení
- Odolná konstrukce

S vysokou směrovostí je spojena úzká vyzařovací charakteristika a ta nám říká, že se jedná o antény s vysokým ziskem. Nejčastěji se hodnoty zisku Yagi antén pohybují v rozmezí 12 dB – 20 dB. Anténa se nejčastěji používá pro komunikaci bod – bod. U malých externích antén jsem se zmínil o přenášení informací z malých automatizovaných meteorologických stanic. Protože však malá externí anténa nemá schopnost přenést informaci na větší vzdálenosti, je třeba k tomuto přenesení informací použít jinou anténu. Yagi anténa je k tomuto přenosu naprosto vhodná. Díky své úzké vyzařovací charakteristice a vysokému zisku je Yagi anténa schopna přenést informace na větší vzdálenosti. [1]



Obr. 4.7: Yagi anténa

#### 4.1.6 Parabolická anténa

Parabolická anténa je tvořena zářičem a parabolickým reflektorem. Zářič je nejčastěji dipól. Reflektorem může být plná parabola a nebo mřížová parabola (viz Obr. 4.8). Rozdíl mezi mřížovým a parabolickým reflektorem je velký. Mřížový reflektor má velké postranní a zpětně vyzařování a zdaleka nedosahuje kvalit plného reflektoru. Výhoda mřížového reflektoru je lepší odolnost proti povětrnostním podmínkám. Zářič ozařuje parabolickou plochu, která vlnění soustředí do úzkého paprsku. Jedná se tedy o vysoce směrovou anténu, která je konkurence schopná Yagi anténě. Tyto parabolické antény mohou dosahovat zisku i 30 dBi a vyzařovací úhel mají menší než 10°.



Obr. 4.8: Parabolická anténa s mřížovým reflektorem

#### 4.1.7 FlatWhip anténa

FlatWhip je malá anténa, která má tvar kopule (viz Obr. 4.9). Tato malá anténa pracuje v pásmu GSM 900, 1800, 1900 a UMTS. Je to robustní náhrada za delší prutové antény. Je vybavená integrovaným konektorem SMA pro přišroubování. Anténní těsnění, které se používá při montáži zajišťuje odolnost proti vodě v závislosti na rovnosti a hladkosti povrchu, ke kterému je anténa přimontovaná. Anténa je určena k montáži na kovové povrchy.

Anténa je určena na velmi podobné použití jako malé externí antény. To znamená, M2M komunikaci, telemetrii, alarmy a automatické měření. Její výhodou je možná aplikace ve velmi vlhkém prostředí. [6]



Obr. 4.9: FlatWhip anténa

#### 4.1.8 Vnitřní antény

Tyto antény se používají pro doplnění pokrytí signálu ve vnitřních prostorách, kde je signál nízký nebo žádný. Nejčastěji se jedná o budovy s tlustými zdmi, objekty v zarušené oblasti, sklady, podzemní parkoviště, případně hodně vysoké stavby. Tyto antény nedisponují velkým ziskem, protože ho nepotřebují. Hodnota zisku se pohybuje nejčastěji maximálně do 7 dBi.

Antény pro vnitřní použití jsem rozdělil do dvou základních skupin:

### 1. Všesměrové

Častěji používaný název pro všesměrovou anténu je omni anténa. Vyzařovací charakteristika je v jedné rovině všesměrová.

- **Stropní anténa** – Jak už název napovídá, jedná se o anténu, která je určena pro uchycení na strop. Anténa je velmi plochá. Záleží však na typu antény (viz Obr. 4.10). Všeobecně se však hodnota výšky antény pohybuje do maximálně deseti centimetrů, takže je velmi nenápadná a nepřekáží. Stropní antény používají vertikální polarizaci. Zisk stropních antén je u většiny modelů 2 dBi. Výhodou těchto antén je velký frekvenční rozsah. Jsou schopny pracovat s několika frekvenčními pásmy najednou. Pohodlně nám zajistí kvalitní signál pro GSM 900, GSM 1800 i UMTS. [11]



*Obr. 4.10: Stropní anténa*

### 2. Směrové

Vnitřní směrové antény se nejčastěji používají v dlouhých chodbách, tunelech, velkých halách, skladech a v místech, kde je zbytečné použití všesměrové antény.

- **Vnitřní směrová sektorová anténa** – Anténa je konstruovaná pro připevnění na zeď. Podobně jako stropní anténa je i tato vnitřní anténa velice plochá (viz Obr. 4.11). Výhodou antény je díky zvýšenému zisku větší dosah antény, než byl u stropní antény. Tyto vnitřní směrové antény už nemají takový frekvenční rozsah, jako mají stropní antény. Vyzařovací úhel vnitřních sektorových antén bývá nejčastěji 90°, můžeme se ovšem setkat i s jinými hodnotami. [11]



Obr. 4.11: Vnitřní sektorová anténa

## 4.2 Antény sítě

Antény na straně sítě se starají o funkčnost mobilních sítí. Každý operátor má svojí vlastní síť. Cílem těchto antén je pokrytí určité rozlohy. Procentuální pokrytí se mění podle toho, o jakou mobilní síť se jedná. Na samotné pokrytí se používají následující antény. [12]

### 4.2.1 Všesměrové antény

Všesměrové antény se nejčastěji používají při pokrývání rozsáhlejších oblastí s nižší hustotou uživatelů. Drtivá většina všesměrových antén jsou vertikálně polarizované antény. Důvodem je mnohem dražší a složitější výroba horizontálně polarizované antény. Proto je horizontálně polarizovaná anténa méně rozšířená. Všesměrové antény mají většinou válcovitý tvar. Důvodem je nutnost zachování všech parametrů ve všech směrech. Délky se pohybují až do velikosti 3,2 metru. Tato délka se odvíjí podle toho, s jakými vlnovými délkami anténa pracuje a jak velkou oblast anténa pokrývá.

### 4.2.2 Sektorové antény

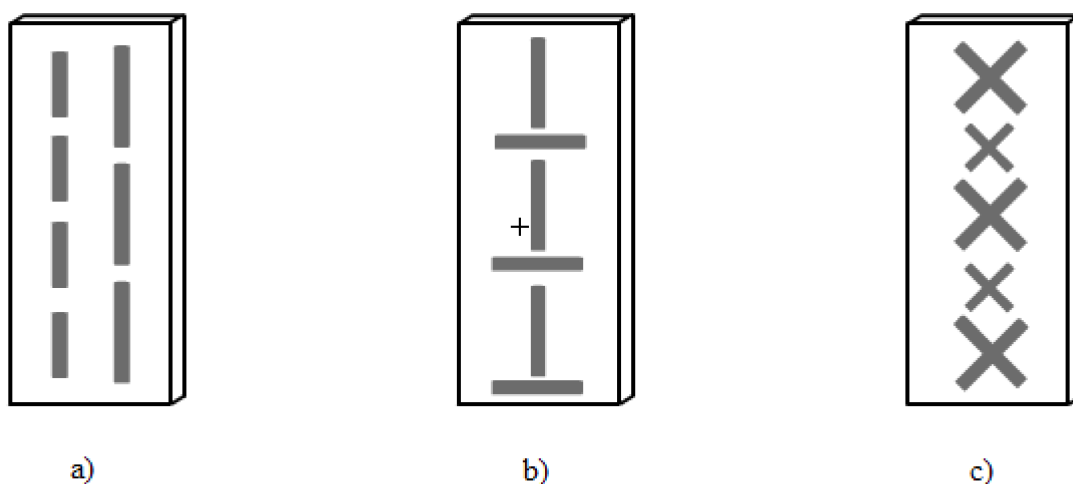
Sektorové antény jsou nejčastěji využívanými anténami v mobilních sítích. Jak už název napovídá, antény pokrývají určité sektory. Mobilní síť se řadí do kategorie buňkových sítí. A právě tyto buňky se rozdělují na jednotlivé sektory. Nejčastěji to bývají tři sektory, tedy rozdělení po  $120^\circ$ . Pravidlem to však není a rozdělení může být i po  $90^\circ$ . Existují i sektory, které mají velikost  $60^\circ$ , ovšem ty už tak časté nejsou. Právě podle velikosti sektorů, můžeme vybírat potřebnou anténu.

### 4.2.3 Panelové antény

Nejčastějším typem sektorových antén jsou panelové antény. Panelové antény jsou vytvořeny spojením jednotlivých dipólů do dipólových soustav. Tímto spojením dosahují antény menší

nebo větší směrovosti a nenulového zisku. Tato soustava dipólů se nachází před reflektorem a podle umístění se dělí na tři základní druhy:

- **Dipóly s vertikální polarizací** – Anténa je schopna pracovat pouze s vertikálně polarizovanými vlnami. Aby mohla anténa pracovat ve více frekvenčních pásmech, musí obsahovat různé délky dipólů. Tato anténa není schopna pracovat s horizontálně polarizovanými vlnami (viz Obr. 4.12a).
- **Kombinace dipólů** - Anténa disponuje dipóly ve vertikální poloze a zároveň dipóly v horizontální poloze. Výsledkem je schopnost antény pracovat jak s vertikálními tak s horizontálními vlnami (viz Obr. 4.12b).
- **Dipóly s polarizací „x“** - Moderní antény jsou většinou vybaveny polarizací x, neboli polarizací, kdy jsou dipóly zkřížené do tvaru x a jsou pootočený o  $\pm 45^\circ$ . Výhodou je schopnost antény pracovat s vertikálními i horizontálními vlnami. Antény s touto polarizací mají z důvodů úspornějšího uspořádání dipólů menší rozměry a snadněji se na ně aplikuje elektrický tilt (viz Obr. 4.12c). [4] [13]



Obr. 4.12: Kombinace dipólů panelových antén

#### 4.2.4 Jednopásmové antény

Jednopásmové antény pracují pouze v jednom frekvenčním pásmu. Tyto antény se používají v místech, kde není třeba mít anténu s více frekvenčními pásmy. Zpravidla to bývají neosídlené lokality. V těchto místech většinou stačí pouze GSM pro telefonování a už není třeba instalovat antény pro mobilní internet. Další variantou je možnost, že dříve vybudované sítě byly postavené pomocí

jednopásmových antén, a nevyplatí se všechny tyto antény obměňovat za antény vícepásmové. Díky vývoji nových antén a jejich zlepšujících se vlastností se může stát i to, že velikosti buněk jednotlivých systémů nejsou stejné a tak se pro každou mobilní síť použijí samostatné antény.

#### 4.2.5 Vícepásmové antény

Vícepásmové (multi-band) antény pracují ve více frekvenčních pásmech najednou. Podle počtu frekvenčních pásem ve kterých pracují se antény dělí na dual-band, triple-band a quad-band, tedy dvoupásmové, třípásmové a čtyřpásmové antény. Tyto vyspělé antény dokážou často pokrýt všechny mobilní sítě pomocí jedné antény. Velice často disponují nastavitelným elektrickým tiltem pro každé frekvenční pásmo zvlášť. Vícepásmové antény jsou také mnohem náročnější na napájení než antény, které pracují pouze s jedním pásmem.

#### 4.2.6 Méně používané sektorové antény

- **BiDir anténa** – Celý název je bidirectional anténa, tedy anténa, která je schopná vyzařovat dvěma směry najednou. Tato anténa je vhodná jak pro vnitřní tak i pro venkovní použití. Výhodou této antény je právě schopnost vyzařovat do dvou směrů. Nejedná se o dva libovolné směry. Vysílá rovnoběžně se zemským povrchem. Typickým místem pro použití těchto antén jsou železnice (viz Obr. 4.13). [11]



Obr. 4.13: BiDir anténa

- **LogPer anténa** - Celý název je logaritmicko-periodická anténa. Říká se jí i *rybí kost* a to z důvodu, že její konstrukce připomíná tvar rybí kosti. Je tvořena dvěma kovovými deskami s lichoběžníkovými zuby, které jsou uspořádány do tvaru V. Je to velice širokopásmová vertikální anténa, která má v celém přijímaném pásmu poměrně stálou hodnotu zisku (viz Obr. 4.14). [11]



Obr. 4.14: LogPer anténa

- **Dual-beam anténa** – Jedná se o anténu, která již disponuje polarizací  $\times$ , neboli  $\pm 45^\circ$ . Anténa má dva směry vyzařování podobně jako anténa BiDir. Každý tento směr vyzařování pokrývá úhel  $60^\circ$ . Výsledkem je, že jedna anténa při montáži pokrývá úhel  $120^\circ$ , což je ideální při pokrývání buňkových sítí. Anténa je konstruována k spojení tří antén dohromady a tím tak vytvoří anténní soustavu, která pokryje úhel  $360^\circ$ . Celá tato konstrukce tří antén váží 50 kg, takže její upevnění vyžaduje již jiné standardy než 10-ti kilogramová panelová anténa (viz Obr. 4.15). [11]



Obr. 4.15: Dual-beam anténa

- **Tri-sektor pipe anténa** – Tri-sektor pipe anténa je speciální typ antény, která v jednom těle již obsahuje tři směrové panelové antény. Tyto tři antény jsou pootočený o  $120^\circ$  a vyzařovací úhel jedné antény je taky  $120^\circ$ , ve výsledku tedy pokrývají  $360^\circ$ . Podle konfigurace může tato anténa pracovat v pásmu GSM 900/1800 a UMTS. Je schopná pracovat i ve všech třech pásmech najednou. Pro jiná pásma zatím nebyla konstrukčně vyřešena. Výhodou této antény je trojice panelových antén v jednom těle a méně nápadná

konstrukce. Anténu je možné upevnit na pouliční osvětlení, semaforey nebo vlajkové stožáry. Možnost nastavení elektrického tiltu je u každého panelu zvlášť, protože mechanické sklopení na jednu stranu by mělo velký vliv na dva další panely. Nevýhodou této antény je nemožnost ji přimontovat tradičně k tyči, jako tomu je u běžných panelových antén. Potřebuje speciální upevnění. Největší nevýhodou je však její cena (viz Obr. 4.16). [14] [15]



*Obr. 4.16: Tri-sektor pipe anténa*

#### **4.2.7 Vyzařovací kabely**

Velice zajímavou anténou, která popírá některá pravidla, které říkají co je a co není anténa je vyzařovací kabel. Jsou to nízkoútlumové koaxiální kabely s pěnovým dielektrikem. V těchto systémech slouží jako anténa samotný vyzařovací kabel. Signál se šíří pomocí otvorů v kabelu. Pomocí rozbočovačů, slučovačů a dalších doplňků je možné signál rozdělovat a slučovat. Použití vyzařovacích kabelů je nejběžnější v tunelech, dolech, ale třeba i v rozměrných stavbách jako jsou letiště. [16]



## 5 Adobe Flash CS5 Professional

Adobe Flash je komplexní prostředí pro tvorbu počítačových animací, prezentací a interaktivních webových stránek. Flash je široce rozšířená technologie, která je používána především v oblasti webových aplikací jako jsou schémata a banery. Hlavním důvodem je velice malá velikost výsledného souboru ve formátu .swf , který většinou nepřekročí 200 kB, což ocení hlavně uživatelé pomalejšího mobilního připojení k internetu. Adobe flash je multiplatformní. Funguje na platformě windows a Mac OS. V současné době pro velice rozšířený systém android zatím Adobe Flash naimplementován nebyl. Dále každá nová verze Adobe Flash obsahuje určitou formou verze předešlé. Převod souborů ze starších verzí je však často docela problematický.

### 5.1 Animace

Jedná se o velké množství za sebou naskládaných statických snímků, které budí při určité rychlosti přehrávání dojem plynulého filmu. Minimální množství snímků přehrávaných za vteřinu pro rozeznání plynulosti je individuální. Oko každého člověka má jinou citlivost. Hodnota přednastavena tvůrci Adobe Flash je 24 snímků za vteřinu.

### 5.2 Možnosti publikování

Adobe Flash nám umožňuje publikování výsledného souboru v několika různých formátech:

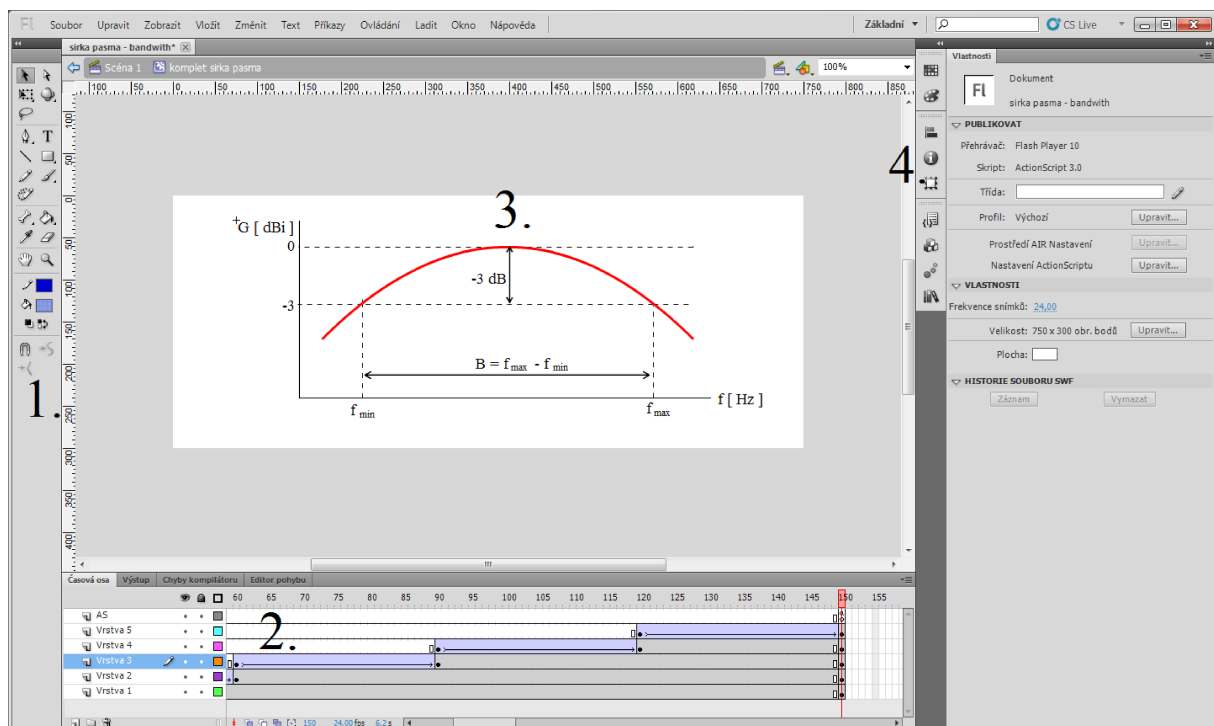
- Flash (.swf) – nejčastěji se vyskytující se formát na internetu. Jedná se o vektorovou grafiku, takže se při změně velikosti přizpůsobí a neztrácí svou kvalitu. Nevýhodou je nutnost mít nainstalovaný Adobe Flash Player, protože bez něj není možné soubor přehrát.
- HTML (.html) – výsledkem je html soubor, který obsahuje danou animaci.
- Obraz GIF (.gif) - statický obrázek nebo animace, který může využít pouze 256 barev pro každý snímek.
- Obraz JPEG (.jpg) – statický obrázek bez možnosti animace.

- Obraz PNG (.png) – statický obrázek bez možnosti animace. Má k dispozici mnohem větší škálu barev než .gif. Výhodou je alfa kanál, což je možnost nastavení průhlednosti jednotlivých pixelů.
- Projektor Windows (.exe) – výsledný soubor v sobě obsahuje přehrávač Adobe Flash Player. Lze jej tak přehrát i v zařízení, které nemá tento přehrávač nainstalován. Výsledkem je větší výsledný soubor. [17]

### 5.3 Vývojové prostředí

Pracovní prostředí nabízí velice rozsáhlou škálu funkcí a možností. Při prvním spuštění uvidí uživatel velice složitou pracovní plochu s rozsáhlými funkcemi (viz Obr. 5.1). Tyto funkce však běžný uživatel ve velké míře nevyužije. Celé vývojové prostředí se skládá z několika menších částí, které přispívají k jednodušší orientaci na ploše:

1. Levý panel nástrojů, který slouží ke kreslení podkladů.
2. Spodní panel, ve kterém se nachází časová osa a rozdělení objektu do vrstev.
3. Pracovní plocha, kde bílé pozadí ukazuje rozlišení našeho snímku.
4. Pravý panel, který slouží k nastavení parametrů vybraných objektů.



Obr. 5.1: Pracovní plocha Adobe Flash CS5 Professional

## 5.4 Tvorba animací

Při tvorbě animací je nutné mít na paměti jedno důležité pravidlo. Jakákoliv část obrázku, kterou chceme jakkoliv rozpohybovat musí být samostatný symbol. Symbol je prvek, který po jeho nakreslení můžeme použít ve více animacích, protože se automaticky ukládá do knihovny. Existují tři typy symbolů: grafika, tlačítko a filmový klip. Vytvoření animace je poměrně časově náročná práce. Hlavním důvodem je nakreslení všech vlastních pokladů, které později slouží k vytvoření samotných animací.

## 5.5 Action script 3.0

Jedná se o objektově orientovaný skriptovací jazyk, který je velice podobný současným jazykům. Vychází ze základů jazyka JavaScript. Action script se používá pro zlepšení interaktivity animací a ovládacích prvků jako jsou tlačítka, obrázkové odkazy a jiné. Dále se pomocí jazyka také komunikuje s externími zdroji. Nejčastěji se jedná o externí načítání videa, hudby nebo samotných animací ve formátu .swf.

Při použití tlačítek je nutné se odkazovat pomocí pozice snímku nebo podle jeho názvu.

```
btn_next1.addEventListener(MouseEvent.CLICK, fnext);
function fnext(event:MouseEvent):void{
    gotoAndStop(this.currentFrame+1);
}
```

Ukázka kódu, který při kliknutí na tlačítko `btn_next1` spustí funkci `fnext`, která se posune na další snímek. Tato metoda se používá při posouvání o předem známý počet snímků. Pokud se chceme posunout pouze o jeden snímek, můžeme nahradit kód:

```
gotoAndStop(this.currentFrame+1);
```

pouze pomocí:

```
nextFrame();
```

Další možností je odkazovat se přímo na název snímku.

```
gotoAndStop("hlavni menu");
```

Přechod snímků po kapitolách jsem vyřešil pomocí funkce `if a else if`.

```
btn_nextward.addEventListener(MouseEvent.CLICK, fnextward);
function fnextward(event:MouseEvent):void{

if (this.currentFrame>=2 && this.currentFrame<=11){
    gotoAndStop(12); }

    else if (this.currentFrame>=12 && this.currentFrame<=20){
        gotoAndStop(21); }
```

Tlačítko `btn_nextward` slouží pro posouvání po kapitolách. Funkčnost jsem ošetřil rozdělením časové osy na jednotlivé úseky, ke kterým patří úvodní snímek, na který se odkazují v závislosti a umístění na časové ose. [18]

## 5.6 Výukový program

Celý výukový program by měl studentům usnadnit pochopení dané problematiky. Program se skládá z hlavního obsahového okna, které je vyplněno samotnou animací. Další částí je textové okno, které obsahuje doplňující informace k aktuální animaci. Pohybování v programu je řešeno navigačními tlačítky, které nabízejí pohyb po jednotlivých snímcích nebo po celých kapitolách. Dále se na pracovní ploše nachází ještě tlačítko `Menu`, které slouží k návratu do hlavní nabídky a tlačítko

Slovník, které po kliknutí zobrazí seznam zkratk a cizích slov použitých v textových polích (viz Obr. 5.2). Vlastní výukový program je rozdělen do pěti kapitol. Kapitoly čítají dohromady 37 animací. Výukový program byl vytvořen v rozlišení 800 x 600 bodů. Tato hodnota většinou stačila bez problémů na vytvoření animací. Nicméně někdy byla mírně limitující, takže se nabízí možnost vytvoření programu s větším rozlišením.



Obr. 5.2: Vzorový snímek z výukového programu

## 6 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo sestavení přehledu antén používaných v mobilních sítích a vytvoření multimediálního výukového programu v prostředí Adobe Flash. Tento výukový program je jedním z mnoha výukových programů, které dohromady vytváří rozsáhlý celek. Výukový program obsahuje animace, které názorně vysvětlují základní parametry, vlastnosti a použití těchto antén. Výukový program bude sloužit jako další materiál usnadňující výuku v oblasti anténní techniky na katedře telekomunikační techniky.

V příštích letech bych doporučil zvýšení rozlišení výukového programu z 800 x 600 bodů alespoň na 1024 x 768 bodů. Toto zvýšení rozlišení umožní rozsáhlejší animace.

Anténní technika je velmi rozsáhlé téma. V budoucnu by bylo možné doplnit výukový program o animace, podrobněji popisující další vlastnosti a parametry antén. Rovněž by bylo možné rozšířit a doplnit přehled antén.

Při vytváření této bakalářské práce jsem si rozšířil své základní znalosti v oblasti anténní techniky. Naučil jsem se vytvářet jednoduché animace v programu Adobe Flash. Tento výukový program bych chtěl v budoucnu doplnit dalšími vlastnostmi a parametry antén. Dále bych chtěl vytvořit animace, které by sloužily k ověření správného pochopení obsahu výukového programu.

## 7 Použitá literatura

- [1] PROCHÁZKA, Miroslav. *Antény: Encyklopedická příručka*. 3., rozšíř. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2000, 287 s. ISBN 80-730-0166-7.
- [2] SCHOLZ, P.: *Basic Antenna Principles For Mobile Communications*. Kathrein-Werke KG, Rosenheim 2004.
- [3] BALANIS, Constantine A. *Modern antenna handbook*. Hoboken, NJ: Wiley, c2008, 1680 s. ISBN 04-700-3634-6.
- [4] ELEKTROREVUE. [online]. [cit. 2012-04-29]. Dostupné z: [www.elektrorevue.cz](http://www.elektrorevue.cz)
- [5] THE EFFECT OF ELECTRICAL AND MECHANICAL ANTENNA DOWN-TILTING IN UMTS NETWORKS. [online]. [cit. 2012-04-29].
- [6] PROANT. [online]. [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <http://www.proant.se>
- [7] SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, David A. *Multiband integrated antennas for 4G terminals*. Boston: Artech House, c2008, 317 s. Artech House antennas and propagation library. ISBN 15-969-3331-3.
- [8] *Zabezpečovací systémy* [online]. [cit. 2012-04-29]. Dostupné z: <http://www.maruli.cz/>
- [9] Elektronická kniha WMOCEAN. *Antennas catalogue: product catalogue* [online]. [cit. 2012-04-29].
- [10] ALDAFUNK. [online]. [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <http://www.aldafunk.com/>
- [11] KATHREIN. [online]. [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <http://www.kathrein.de/>
- [12] KATHREIN. *Base Station Antennas, Filter, Combiners and Amplifiers for Mobile Communications: Catalogue 698 - 6000 MHz*. 2012.
- [13] ZHI NING CHEN, Kwai-Man Luk. *Antennas for base stations in wireless communications*. New York: McGraw-Hill, 2009. ISBN 978-007-1612-890.
- [14] *TRI-SECTOR: Antenna solutions* [online]. [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <http://www.amphenol-jaybeam.com/>
- [15] KATHREIN. *Tri-Sektor-Antennas: Application Notes*. Germany, 2011.
- [16] KABEL TRADE PRAHA. *Complete Service: Powerful Solution* [online]. [cit. 2012-04-29]. Dostupné z: <http://www.ktp.cz/>

[17] *Adobe Flash CS5 Professional: oficiální výukový kurz*. Vyd. 1. Překlad Kristýna Konopková. Brno: Computer Press, 2010, 392 s. ISBN 978-80-251-3224-1.

[18] *ActionScript 3.0: oficiální výukový kurz*. Vyd. 1. Překlad Kristýna Konopková. Brno: Computer Press, 2011, 381 s. ISBN 978-80-251-3335-4.



## 8 Přílohy

### Seznam příloh

Příloha A: Adresářová struktúra přiloženého CD.....	2
Příloha B: Všesměrová anténa.....	3
Příloha C: Třípásmová sektorová anténa.....	4
Příloha D: FlatWhip anténa.....	5

/Aplikace	Obsahuje samotný výukový program ve formátu *.swf a *.exe, dále obsahuje Adobe Flash Player
/Texty	Obsahuje textovou část BP

*Příloha A: Adresářová struktura přiloženého CD*

**Omnidirectional Antenna**  
**Vertical Polarization**  
**Fixed Electrical Downtilt**

870–960
V
5°

**KATHREIN**  
 Antennen · Electronic

VPol Omni 870–960 360° 10.5dBi 5°T

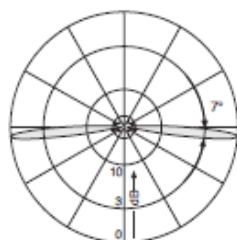
Type No.	<b>736349</b>
Frequency range	870 – 960 MHz
Polarization	Vertical
Gain	10.5 dBi
Electrical tilt	5°, fixed
Impedance	50 Ω
VSWR	< 1.5
Intermodulation IM3	< -150 dBc (2 x 43 dBm carrier)
Max. power	500 W (at 50 °C ambient temperature)

**Mounting:** The antenna can be attached laterally at the tip of a tubular mast of 50 – 94 mm diameter with two U-bolt brackets supplied with the antenna (connecting cable runs outside the mast).

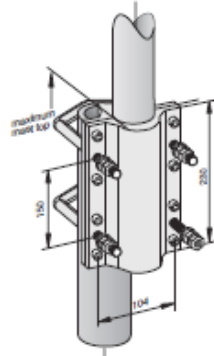
**Material:** Radiator: Copper and brass.  
 Radome: Fiberglass, color: Grey.  
 Base: Weather-proof aluminum.  
 Mounting kit, screws and nuts: Stainless steel.

**Anti-static protection:** All metal parts of the antenna as well as the supplied clamp attachment are grounded.  
 The inner conductor is capacitively coupled.

**Lightning protection:** The antenna is designed to withstand a lightning current of up to 150 kA (impulse: 10/350 μs), according to IEC 62305 parts 1–4 and VDE 0855-300, and thereby fulfils the requirements of lightning protection class II. Grounding cross-section: 22 mm<sup>2</sup> copper.



Vertical Pattern  
 5° electrical downtilt



**Mechanical specifications**

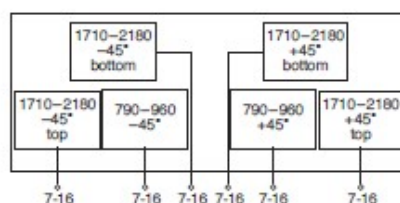
Input	7-16 female
Connector position	Bottom
Weight	8 kg
Radome diameter	51 mm
Wind load	210 N (at 150 km/h)
Max. wind velocity	200 km/h
Packing size	3316 x 148 x 112 mm
Height	2954 mm

*Příloha B: Všesměrová anténa*

<b>Triple-band Panel</b>	<b>790-960</b>	<b>1710-2180</b>	<b>1710-2180</b>	<b>KATHREIN</b>
<b>Dual Polarization</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	Antennen · Electronic
<b>Half-power Beam Width</b>	<b>65°</b>	<b>65°</b>	<b>65°</b>	

XXXPoI Panel 790-960/1710-2180/1710-2180 65°/65°/65° 16.5/16.5/16.5dBi 2°-14°/0°-14°/0°-14°T

Type No.	80010291v02					
	790-960	790-960	880-960 MHz	1710-2180	1710-2180	1710-2180
Frequency range	790 - 866 MHz	824 - 894 MHz	880 - 960 MHz	1710 - 1880 MHz	1850 - 1990 MHz	1920 - 2180 MHz
Polarization	+45°, -45°	+45°, -45°	+45°, -45°	+45°, -45°	+45°, -45°	+45°, -45°
Average gain: (dBi)	16.2 ... 16.0 ... 15.7	16.3 ... 16.1 ... 15.8	16.4 ... 16.2 ... 15.8	15.9 ... 15.9 ... 15.5	16.2 ... 16.2 ... 15.7	16.3 ... 16.3 ... 15.8
1710-2180 MHz (Syst. bottom)				15.8 ... 15.8 ... 15.4	16.1 ... 16.1 ... 15.4	16.3 ... 16.2 ... 15.5
1710-2180 MHz (Syst. top)				0° ... 7° ... 14°	0° ... 7° ... 14°	0° ... 7° ... 14°
Tilt	2° ... 8° ... 14°	2° ... 8° ... 14°	2° ... 8° ... 14°			
<b>Horizontal Pattern:</b>						
Half-power beam width	68°	67°	65°	65°	64°	60°
Front-to-back ratio (180°±30°)	> 25 dB	> 25 dB	> 25 dB	> 25 dB	> 25 dB	> 25 dB
Cross polar ratio	Typically: 25 dB	Typically: 25 dB	Typically: 25 dB	Typically: 18 dB	Typically: 19 dB	Typically: 20 dB
Main direction	0°					
Sector	±60°	> 10 dB	> 10 dB	> 10 dB	> 10 dB	> 10 dB
Tracking	1.0 dB			1.0 dB		
<b>Vertical Pattern:</b>						
Half-power beam width	10°	9.7°	9.3°	9.5°	9°	8.7°
Electrical tilt	2°-14°, continuously adjustable			0°-14°, continuously adjustable		
Sidelobe suppression for first sidelobe above main beam	2° ... 8° ... 14° T 17 ... 17 ... 15 dB	2° ... 8° ... 14° T 17 ... 17 ... 16 dB	2° ... 8° ... 14° T 17 ... 17 ... 16 dB	0° ... 7° ... 14° T 18 ... 17 ... 17 dB	0° ... 7° ... 14° T 18 ... 17 ... 17 dB	0° ... 7° ... 14° T 18 ... 17 ... 17 dB
VSWR	< 1.5					
Isolation: Intrasystem	> 30 dB					
Isolation: Intersystem	> 35 dB (790-960 // 1710-2180 MHz) > 30 dB (1710-2180 // 1710-2180 MHz)					
Intermodulation IM3	< -153 dBc (2 x 43 dBm carrier)					
Max. power per input	400 W (at 50 °C ambient temperature)			250 W (at 50 °C ambient temperature)		
Input	6 x 7-16 female (long neck)					
Connector position	Bottom					
Adjustment mechanism	3x, Position bottom continuously adjustable					
Wind load (at 150 km/h)	Frontal / lateral / rear side: 640 / 400 / 950 N					
Height/width/depth	2058 / 262 / 149 mm					
Category of mounting hardware	M (Medium)					
Weight	27 kg / 29 kg (clamps incl.)					
Scope of supply	Panel and 2 units of clamps for 50 - 115 mm diameter					



Příloha C: Třípásmová sektorová anténa

## ***FlatWhip™ GSM***

Antenna covering the GSM 900, 1800, 1900 and 3G (UMTS). The antenna is a robust replacement for whip antennas. It includes an integrated SMA connector for screw on mounting on fixed SMA jack. The antenna seals when mounting giving a water protection depending on the surface flatness and smoothness. To be mounted on metallic surfaces.



### Specification

Frequency: 880-960, 1710-2170 MHz  
VSWR: < 4:1 (on ProAnt mounting bracket)  
Gain: Max 3 dBi  
Dimension:: 50 mm diameter, height 30 mm  
Mounting: Screw on SMA jack connector, metallic surfaces  
Temperature: -30 to +85° C  
RoHS compliant

### Applications

M2M-communications  
Telemetric  
Automated Meter Reading  
Alarms

*Příloha D: FlatWhip anténa*