

Vplyv elektromagnetického žiarenia na ľudský organizmus a problematika povoľovania nových ZS v obciach

Senec, 2018

Ing. Roman Ščehovič
Divízia skúšobníctva a metrológie
Výskumný ústav spojov n.o., Banská Bystrica
rscehovic@vus.sk

Obsah

- - legislatívna základňa
- - vplyv elektromagnetického žiarenia na
- ľudský organizmus
- - posudzovanie úrovne vystavenia (expozície) ľudí
- elektromagnetickému žiareniu
- - praktický výkon posudzovania - objektivizácie
- - zásady výstavby zdrojov elektromagnetického
- žiarenia so zameraním na minimalizáciu zvyšovania
- miery expozície ľudí elektromagnetickému žiareniu
- - praktické výsledky merania – posudzovania expozície a
- ich
- zhodnotenie hlavne z pohľadu prístupových bodov
- pevných koncových účastníkov

Legislatívna základňa

- Slovenská republika

- Zákona Národnej rady Slovenskej republiky č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov
- Vyhláška Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky č. 534/2007 Z. z. o podrobnostiach o požiadavkách na zdroje elektromagnetického žiarenia a na limity expozície obyvateľov elektromagnetickému žiareniu v životnom prostredí

Zákon č. 355/2007 Z.z.

- zavádza činnosť kvalitatívne a kvantitatívne zisťovanie faktorov životného prostredia a pracovného prostredia na účely posudzovania ich možného vplyvu na zdravie a definuje požiadavky na získanie osvedčenia na vykonávanie tejto činnosti
- - definuje ochranu zdravia pred elektromagnetickým žiarením v životnom prostredí
- - určuje zodpovednosť fyzickej alebo právnickej osoby, ktoré používajú alebo prevádzkujú generátor nízkych frekvencií, generátor vysokých frekvencií alebo zariadenia, ktoré takéto generátory obsahujú (ďalej len „zdroj elektromagnetického žiarenia“)
- - určuje povinnosť prevádzkovateľa zdroja elektromagnetického žiarenia pri navrhovaní a uskutočňovaní stavieb zabezpečiť tak, aby nedošlo k prekračovaniu limitných hodnôt expozície obyvateľov
- - definuje vykonávajúci predpis o podrobnostiach o požiadavkách na zdroje elektromagnetického žiarenia a na limity expozície obyvateľov elektromagnetickému žiareniu v životnom prostredí – Vyhláška 534/2007

Vyhláška MZ č. 534/2007 Z.z.

- - Táto vyhláška ustanovuje minimálne požiadavky
- na zdroje elektromagnetického žiarenia s cieľom zabezpečiť
- ochranu zdravia obyvateľov v životnom prostredí
- v súvislosti s expozíciou elektromagnetickému poľu
- s frekvenciou od 0 Hz do 300 GHz (ďalej len „expozícia
- elektromagnetickému poľu“) a na predchádzanie rizikám
- pre zdravie, ktoré môžu vznikáť v súvislosti s expozíciou
- elektromagnetickému poľu.
- - definuje frekvenčný rozsah elektromagnetického poľa,
- - definuje akčné hodnoty expozície elektromagnetickému poľu
- - definuje požiadavky na objektivizáciu expozície obyvateľstva
- elektromagnetickému poľu od zdrojov vyžarovania

Objektivizácia expozície elektromagnetickým poľom

- - Na posúdenie, meranie alebo výpočet expozície elektromagnetickému poľu sa používajú vedecky podložené normy, postupy a odporúčania, ktoré umožňujú stanoviť mieru expozície
- - Objektivizácia expozície obyvateľstva elektromagnetickému poľu od zdrojov sa vykonáva:
 - a) pred ich uvedením do prevádzky a najmenej raz za tri roky od ich uvedenia do prevádzky,
 - b) pri ich zmene alebo oprave, pri zmene prevádzky alebo pri zmene v okolí zdroja, ktorá spôsobí alebo môže spôsobiť zmenu v podmienkach expozície osôb elektromagnetickému poľu.
- **Tieto ustanovenia sa vzťahuje na zdroje s okamžitým výkonom 4 W a vyšším bez ohľadu na moduláciu nevzťahuje na prenosné,**
 - vozidlové a ručné rádiostanice pozemnej pohyblivej služby,
 - lietadlové a lodné rádiostanice, vysielacie zariadenia
 - pre zabezpečovaciu techniku, mobilné telefónne prístroje
 - a na zdroje s okamžitým výkonom nižším ako 4 W.

Európska legislatívne základňa

- Odporúčanie Európskeho parlamentu a rady 2004/519/ES o obmedzení vystavenia obyvateľstva elektromagnetickým poliam (0 Hz – 300 GHz)

Toto odporúčanie definuje:

základné obmedzenia, ktoré sú priamo založené na stanovených zdravotných prejavoch. Pre frekvencie 100 kHz až 10 GHz je definovaný pomocou SAR – merný absorbovaný výkon na celé telo alebo na určité jeho časti spôsobujúci tepelný šok

referenčná úroveň, ktorá je určená pre porovnanie so zmeranými hodnotami fyzikálnych veličín a táto zhoda zabezpečí splnenie základných obmedzení (V Slovenskej vyhláške 534/2007 sa označujú ako akčné hodnoty)

Vplyv elektromagnetického žiarenia na ľudský organizmus

- Úroveň expozície človeka je pre pásmo frekvencií nad 10 MHz definovaná pomocou SAR – je to miera absorbovaného výkonu v tele človeka
- $SAR (W/kg) = \sigma \cdot E^2 / \rho$
- Kde σ je vodivosť tela
- E je intenzita elektrického poľa
- ρ je hustota tela (kg/m^3)

Základné obmedzenia a referenčné hodnoty

- Základné obmedzenia sú definované priamym vplyvom el. mag. poľa na ľudský organizmus pre frekvencie nad 10 MHz je to SAR keďže ale SAR nie je priamo možné merať a ρ a σ sú v podstate konštanty tak zostáva jediná premenná E – intenzita el. mag. poľa, čo je priamo merateľná veličina a bola definovaná ako referenčná hodnota
- intenzita E je priamo prepojená s výkonovou hustotou S (W/m^2) rovinnej vlny. Cez túto hustotu je tiež možné vypočítať SAR

Základné obmedzenia

Frequency range	Magnetic flux density (mT)	Current density (mA/m ²) (rms)	Whole body average SAR (W/kg)	Localised SAR (head and trunk) (W/kg)	Localised SAR (limbs) (W/kg)	Power density, S (W/m ²)
0 Hz	40	—	—	—	—	—
>0-1 Hz	—	8	—	—	—	—
1-4 Hz	—	8/f	—	—	—	—
4-1 000 Hz	—	2	—	—	—	—
1 000 Hz-100 kHz	—	f/500	—	—	—	—
100 kHz-10 MHz	—	f/500	0,08	2	4	—
10 MHz-10 GHz	—	—	0,08	2	4	—
10-300 GHz	—	—	—	—	—	10

Referenčné hodnoty

Frekvenčný rozsah	Intenzita elektrického poľa E (V/m)	Intenzita magnetického poľa H (A/m)	Magnetická indukcia B (μ T)	Hustota toku výkonu ekvivalentnej rovinatej vlny S_{eq} (W/m ²)
0 Hz až < 1 Hz	-	$3,2 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$	-
1 Hz až < 8 Hz	10 000	$3,2 \cdot 10^4/f^2$	$3,2 \cdot 10^4/f^2$	-
8 Hz až < 25 Hz	10 000	$4\,000/f$	$5\,000/f$	-
0,025 kHz až < 0,8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	-
0,8 kHz až < 3 kHz	$250/f$	5	6,25	-
3 kHz až < 150 kHz	87	5	6,25	-
0,15 MHz až < 1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	-
1 MHz až < 10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	-
10 MHz až < 400 MHz	28	0,073	0,092	2
400 MHz až < 2 000 MHz	$1,375 \cdot f^{1/2}$	$0,0037 \cdot f^{1/2}$	$0,0046 \cdot f^{1/2}$	$f/200$
2 GHz až 300 GHz	61	0,16	0,20	10

Posudzovanie základňovej stanice v mieste ich inštalácie

- Základňová stanica je umiestňovaná na vyvýšených miestach tak aby čo najlepšie pokrývala signálom okolie.
- Často sa stáva, že tieto miesta využívajú viacerí prevádzkovatelia mobilných sietí
- Základňové stanice obsahujú viaceré systémy
- Posudzuje sa celková expozícia od všetkých zdrojov

$$\sum_{100 \text{ kHz}}^{1 \text{ MHz}} (\mathbf{E}_1 / c)^2 + \sum_{f > 1 \text{ MHz}}^{300 \text{ GHz}} (\mathbf{E}_1 / \mathbf{E}_{L,1})^2 \leq 1$$

Technické normy

- EN 50 554 – Základná norma pre posúdenie vysielacieho stanoviska v mieste inštalácie vo vzťahu k vystaveniu obyvateľstva vysokofrekvenčným poliam
- EN 50 492 – Základná norma na miestne meranie intenzity elektromagnetického poľa na expozíciu ľudí v blízkosti základňových staníc
- EN 50 400- Základná norma pre preukázanie zhody pevných zariadení na rádiový prenos (110 MHz – 40 GHz) určených na použitie v bezdrôtových telekomunikačných sieťach so základnými obmedzeniami alebo referenčnými hodnotami pre vystavenie obyvateľstva VF poliam spôsobené ich uvedením do prevádzky
- EN 50 62232 – Určovanie intenzity elektromagnetického poľa, výkonové spektrálnej hustoty a SAR v blízkosti radiokomunikačných základňových staníc pre účely hodnotenia vystavenia človeka

Zásady výberu miest merania

- Pri výbere miest kde sa v okolí vykoná kontrolné meranie sa vykonáva na základe technických parametrov ZS
- Základnou informáciou je smerovanie hlavných vyžarovacích lalokov antén pretože merané body by mali byť v tomto smere
- Keďže vertikálna smerová charakteristika je premenlivá je potrebné vyhľadať maximum

Posudzovanie expozície neionizujúcemu žiareniu obyvateľstva v mieste inštalácie ZS

- Zisťovanie expozície neionizujúcemu žiareniu sa vykonáva výpočtom alebo meraním intenzity elektrického poľa v mieste možného pobytu obyvateľov alebo hustoty žiarivého toku .
- Neprekročenie referenčných (akčných hodnôt) hodnoty zaručuje, že nie sú prekročené najvyššie prípustné hodnoty. V prípade , že z porovnania vypočítaných alebo nameraných hodnôt vyplynie, že referenčné hodnoty sú prekračované musí byť výpočtom alebo meraním preukázané ,že nedôjde k prekračovaniu najvyšších prípustných hodnôt.
- Norma EN 50 400 popisuje určenie TER – Celkového expozičného pomeru pre miesta, kde majú obyvatelia prístup ako aj oblasť posudzovania expozičného pomeru
- Definuje pre každé posudzované miesto relevantné zdroje – sú to zdroje EMP ktoré majú nezanedbateľný vplyv na celkový TER a príspevky týchto zdrojov je potrebné merať

Pre takýto zdroj platí, že jeho príspevok je minimálne 0,05 expozičného pomeru tzn. z referenčnej hodnoty pre pracovnú frekvenciu zdroja(pre pásmo 2,4 GHz a 5,7 GHz – 13 V/m)

Oblasť posudzovania je oblasť v okolí ZS kde majú prístup ľudia

Táto oblasť zahŕňa tzv. Relevantnú oblasť, ktorej vonkajšiu hranicu definuje TER = 0,05

Relevantné zdroje v zastavaných oblastiach

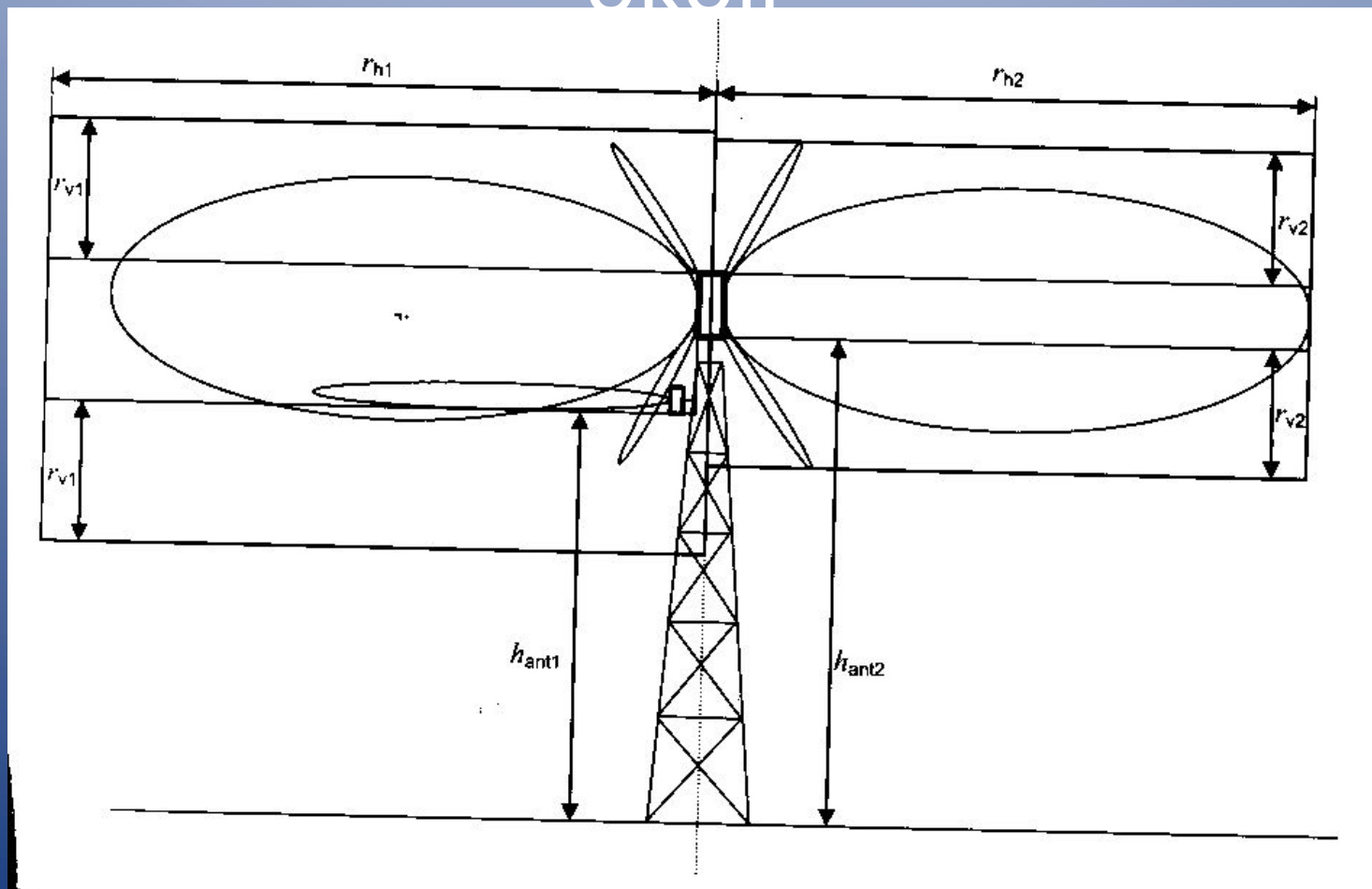
- V mestských oblastiach sa v súčasnosti nachádzajú tieto relevantné zdroje v súlade s už uvedenou definíciou:

Technológia	Pracovné frekvenčné pásmo (MHz)	Počet nosných v jednom sektore	Maximálny výkon vyžiarený na jednej nosnej
LTE 800	791 – 821	1	cca. Max. 1500W
GSM 900	925 - 960	4	Max. 1000W
GSM 1800	1805 – 1880	4	Max. 1000 W
LTE 1800	1805 – 1880	2	Max. 1500 W
UMTS 2110	2110 - 2170	3	Max. 1000 W
LTE 2600	2570 - 2690	3	Max. 1500 W
LTE 3700 Wifi	3600 – 3800 2400 – 2483 5470 - 5725	3	Max. 1000 W Max. 20 mW Max. 1W

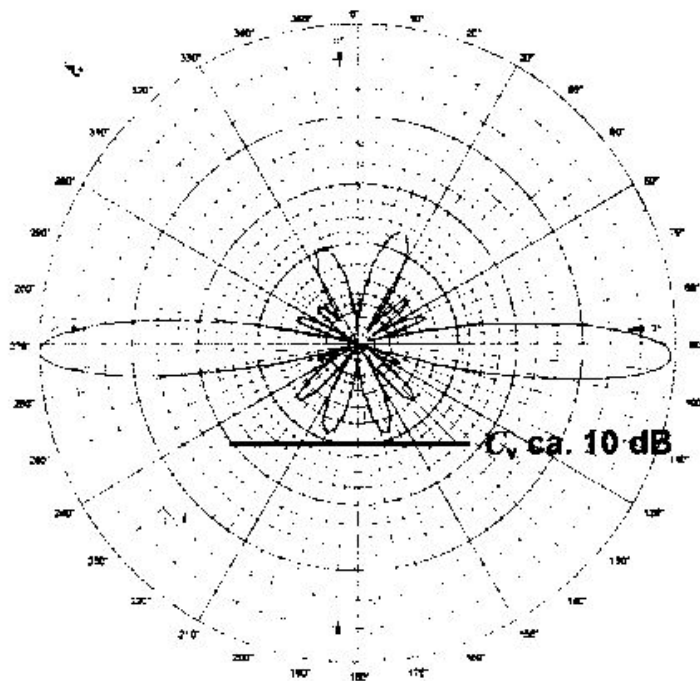
Výpočet a optimalizácia parametrov a umiestňovania ZS z pohľadu minimalizácie expozičného pomeru v miestach pobytu obyvateľstva v jej okolí

- Výpočtom intenzity elektromagnetického poľa v okolí ZS sa zaoberá norma EN 50 554.
- Výpočet uvažuje so smerovou charakteristikou použitých antén
- Smerové charakteristiky antén sú navrhované tak aby bol maximálne efektívne využívaný výstupný VF výkon ZS
- Smerová charakteristika je definovaná v horizontálnej a vertikálnej rovine
- V horizontálnej rovine je hlavný lalok v rozmedzí 30 – 70° vo vertikálnej rovine je čo najužší (maximálne 10°)

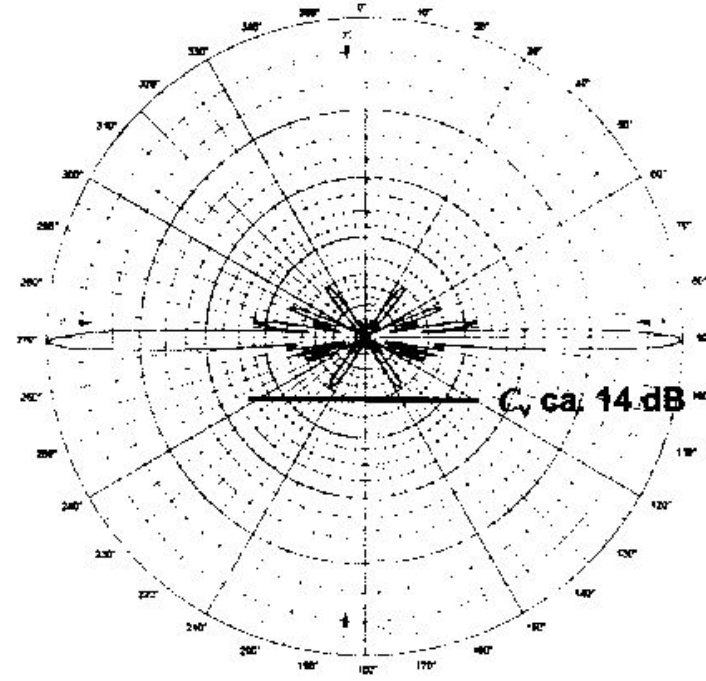
Smerová charakteristika antén a ich vplyv na expozíciu obyvateľov v ich okolí



Smerové charakteristiky vysielačích antén používaných v mobilných telekomunikačných sieťach



a) With directivity $C_h = 1$ & $C_v = 0,31$ (10 dB)



b) With directivity $C_h = 1$ & $C_v = 0,2$ (14 dB)

Parametre vysielacích antén

- Zisk v hlavnom laloku: 10 – 24 dBi
- Šírka hlavného laloku - H polarizácii – 10 – 70°
- - V polarizácia – 6 - 10°
- Potlačenie vedľajších lalokov- 10 – 25 dB
- Predozadné potlačenie – minimálne 20 dB

Výpočet vzdialenosti

- Pre výpočet intenzity poľa od jednotlivých zdrojov EMP v okolí antény v miestach v smere mimo jej hlavný vyžarovací lalok sa uvažuje so smerovou charakteristikou vyžarovania vysielacích antén
- Pre zjednodušenie výpočtu sa uvažuje s jednou hodnotou potlačenia vyžarovania mimo hlavný lalok antény v horizontálnej a vertikálnej vyžarovacej roviny Tento parameter sa vyjadruje pomerovým koeficientom C_v
- Pre výpočet vzdialenosti R pre intenzitu E platí rovnica:
- $R = \sqrt{(30 \cdot ERP) / E} \cdot C_v$

Parametre zdrojov neionizujúceho žiarenia

- Je dôležitý pre určenie relevantnosti posudzovaného zdroja pre expozíciu obyvateľov neionizujúcemu žiareniu
- Podľa slovenskej vyhlášky minimálny vysielací výkon zdroja žiarenia je 4 W (uvažuje sa s reálnym výkonom dodávaným do antény)
- Napríklad podľa českej vyhlášky takéto obmedzenie neexistuje

Parametre zdrojov neionizujúceho žiarenia používaných miestnymi poskytovateľmi dátových služieb

- Wifi – tieto systémy pracujú na základe všeobecného povolenia a preto sa obmedzuje vyžiarený výkon

rekvenčné pásmo	Maximálny vyžiarený výkon E.I.R.P
2,4 - 2,4835 GHz	100 mW (20 dBm)
5,15 – 5,35 GHz	200mW (23 dBm) – len pre vnútorné priestory
5,47 – 5,85 GHz	1W (30 dBm)

- Z týchto parametrov vyplýva že tieto zariadenia podľa slovenskej vyhlášky nie sú relevantnými zdrojmi ale podľa českej sú relevantnými zdrojmi neionizujúceho žiarenia

Relevantnosť wifi a zdrojov neionizujúceho žiarenia

- Pre relevantnosť zdroja z pohľadu expozície obyvateľov v súlade s EN 50 492 v pásme nad 2 GHz platí, že intenzita poľa je od tohto zdroja v mieste možného pobytu obyvateľov minimálne 13 V/m
- Z toho vyplýva pre pásmo 5470 – 5725 MHz
 - $R = (\sqrt{30.1 \text{ W}})/13 = 0,4 \text{ m}$
 - pre pásmo 2400 – 2483,5 GHz
 - $R = (\sqrt{30.0,1 \text{ W}})/13 = 0,13 \text{ m}$

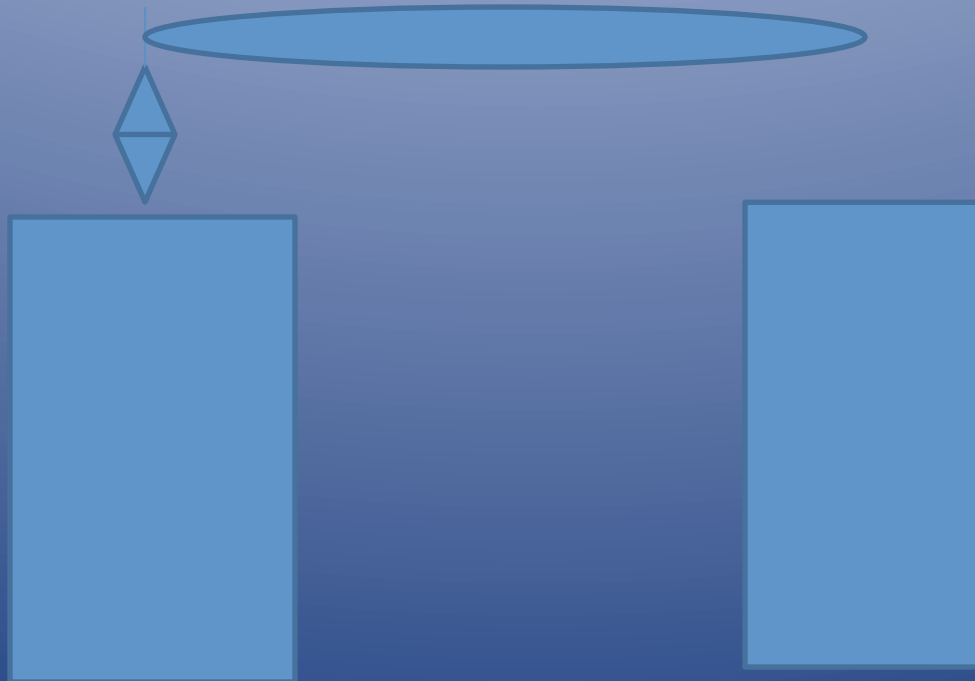
Z výsledku vyplýva, že pre inštalácie wifi ako ZS - prístupového bodu nie je relevantným zdrojom neionizujúceho žiarenia pre žiadne miesto v jeho okolí kde má prístup obyvateľstvo podobne je to aj s wifi zariadeniami umiestnenými v bytoch

Ďalšie systémy používané v bezdrôtových dátových sieťach

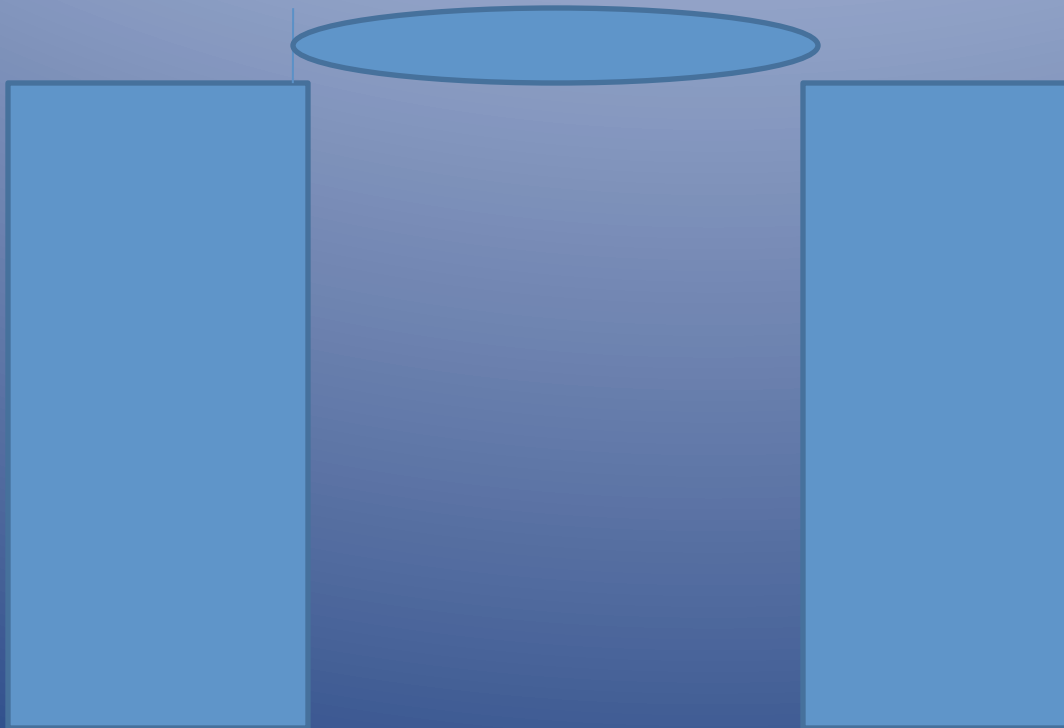
- Ďalším frekvenčným pásmom je 3,7 GHz
- V tomto pásme pracujú spoje bod- multibod na základe licencie.
- Obmedzenie výstupného výkonu je definované v licenčných podmienkach
- Technické parametre musia spĺňať požiadavky uvedené v
- EN 302 326-2
- Tieto zariadenia sú relevantným zdrojom aj podľa slovenskej vyhlášky

Výpočet náklonu antén a výšky nad terénom

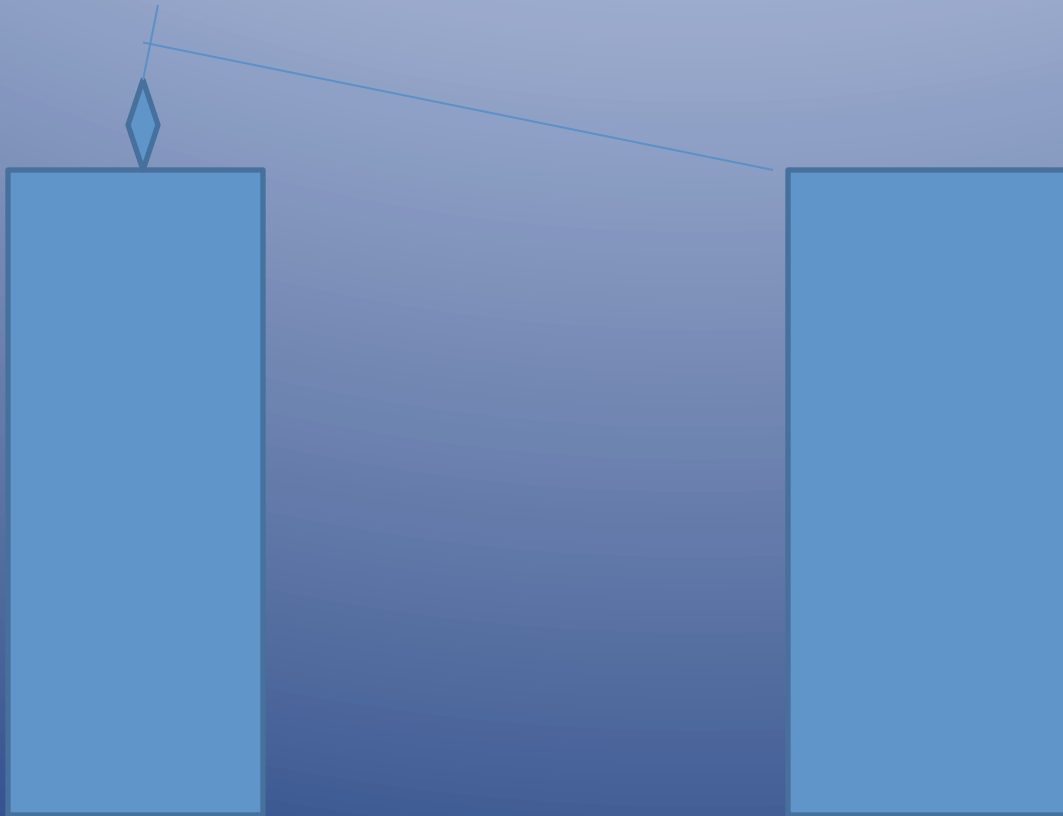
- Správna výška a náklon



Nízka pozícia antény



Nevhodný náklon



Príklady umiestnenia ZS na panelových domoch



Obrázky zobrazujú meranie na streche a na najvyššom poschodí domu, ktorý sa nachádza v smere hlavného vyžarovania antén ZS. Porovnaním sa zistilo, že namerané hodnoty na streche sú nižšie ako na balkóne v byte na najvyššom poschodí. Z čoho vyplýva, že antény majú nevhodný náklon tzv. tilt

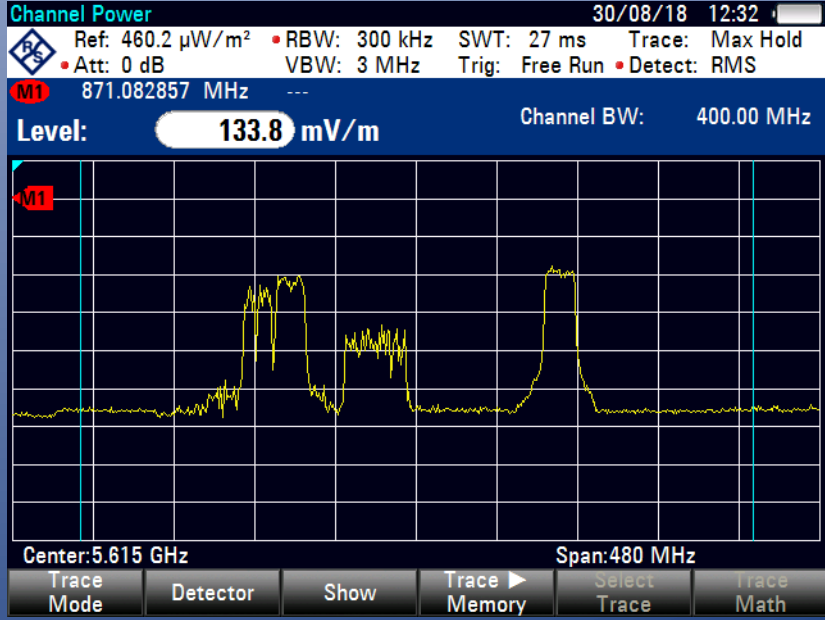
Príklady umiestňovania antén ZS wifi systémov



Nameraná hodnotaselektívnou metódou v pásme 5,47 – 5,725 GHz = 0,5 V/m
Pri širokopásmovom meraní bola hodnota menšia ako 0,3 V/m









Na selektívne merania sa používa Spektrálny analyzátor FSH 13 od firmy Rohde Schwarz, ktorý má možnosť analyzátoru modulácie používanej v LTE, UMTS a GSM. Umožňuje priame meranie výkonu digitálnych systémov tak aby bolo možné extrapolovať výkon pri maximálnom kapacitnom zaťažení ZS. Spektrálny analyzátor sa používa s kalibrovanými mernými anténami.

Meracie antény



Všesmerová anténa kalibrovaná v pásme 700 MHz – 3,7 GHz



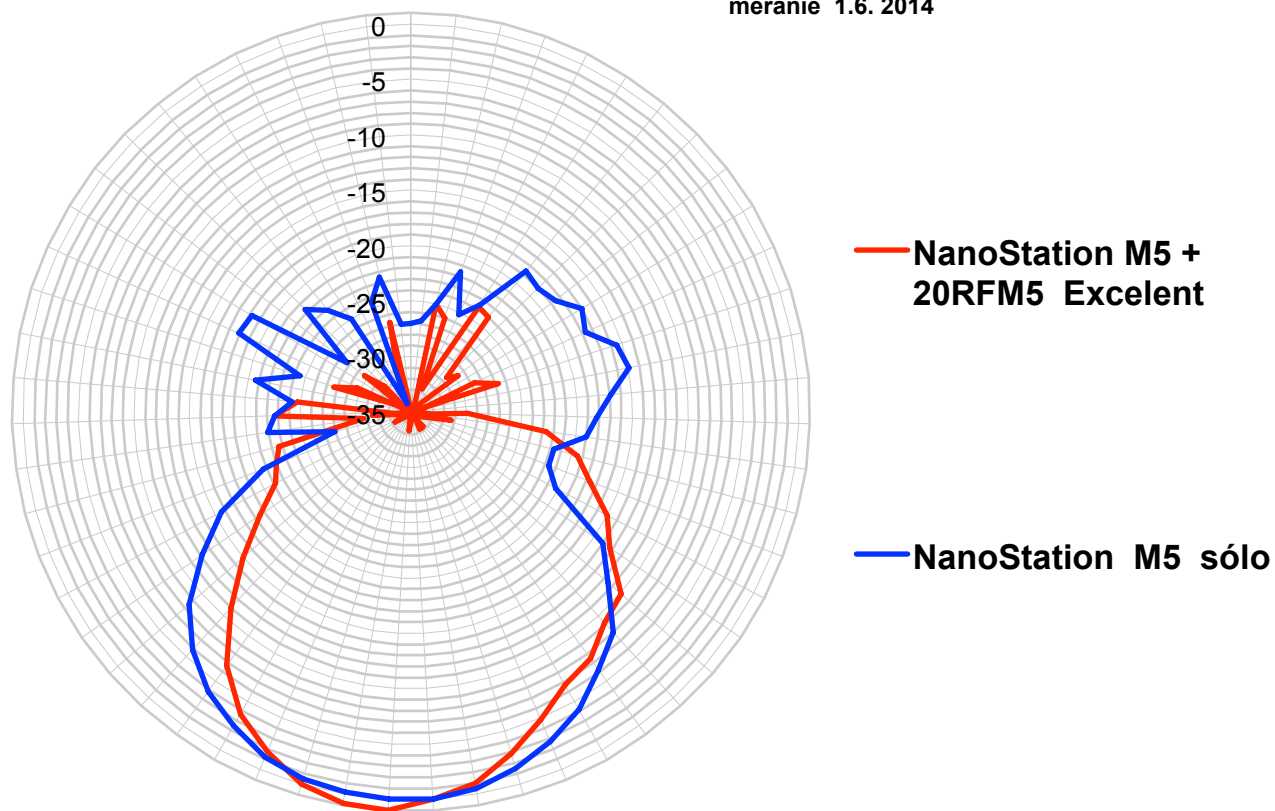
Smerová anténa – horn pre pásmo 1 -18 GHz

Smerové charakteristiky antén wifi

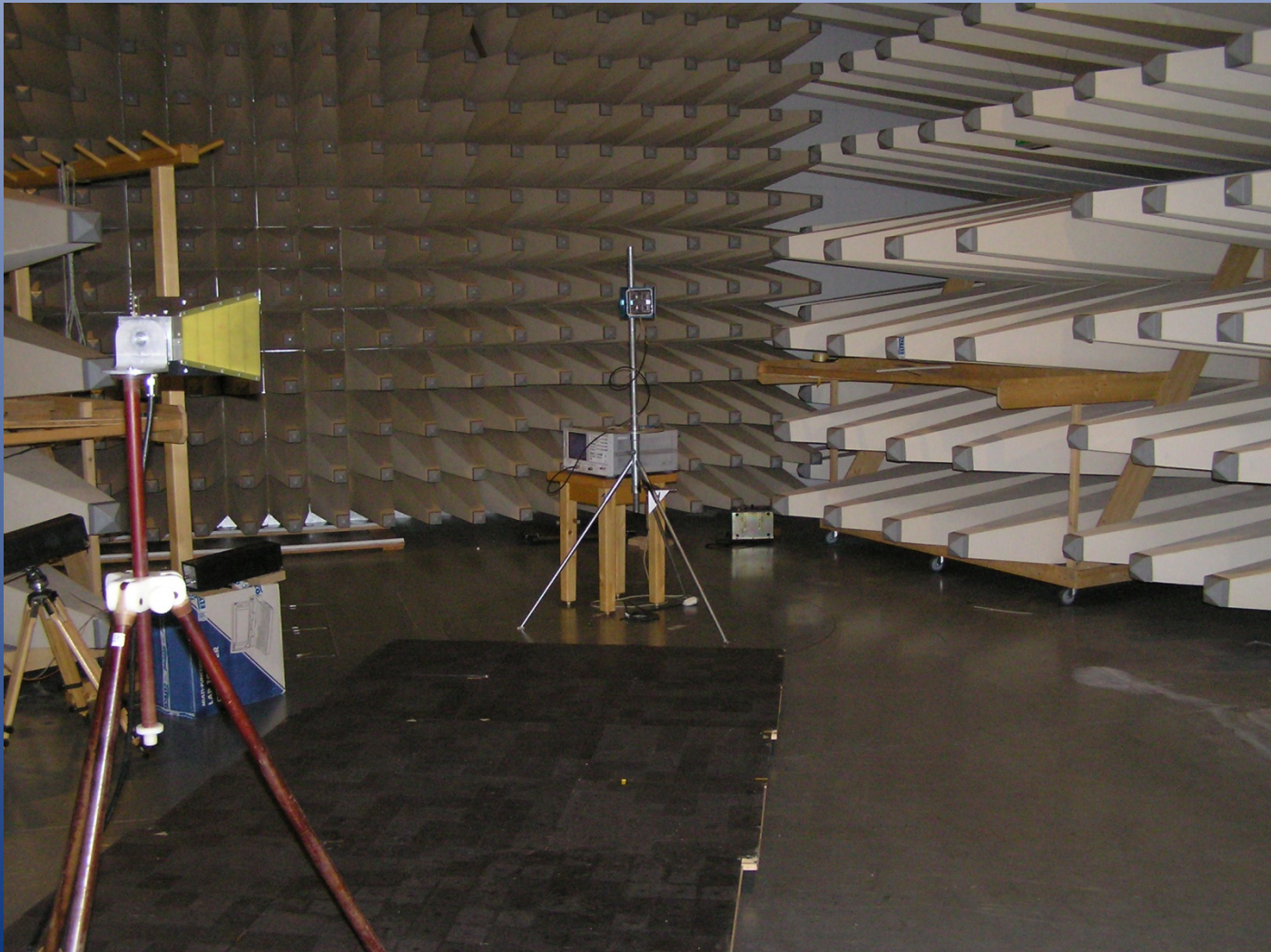
meranie krytu **20RFM5** pre NanoStation M5

H polarizácia

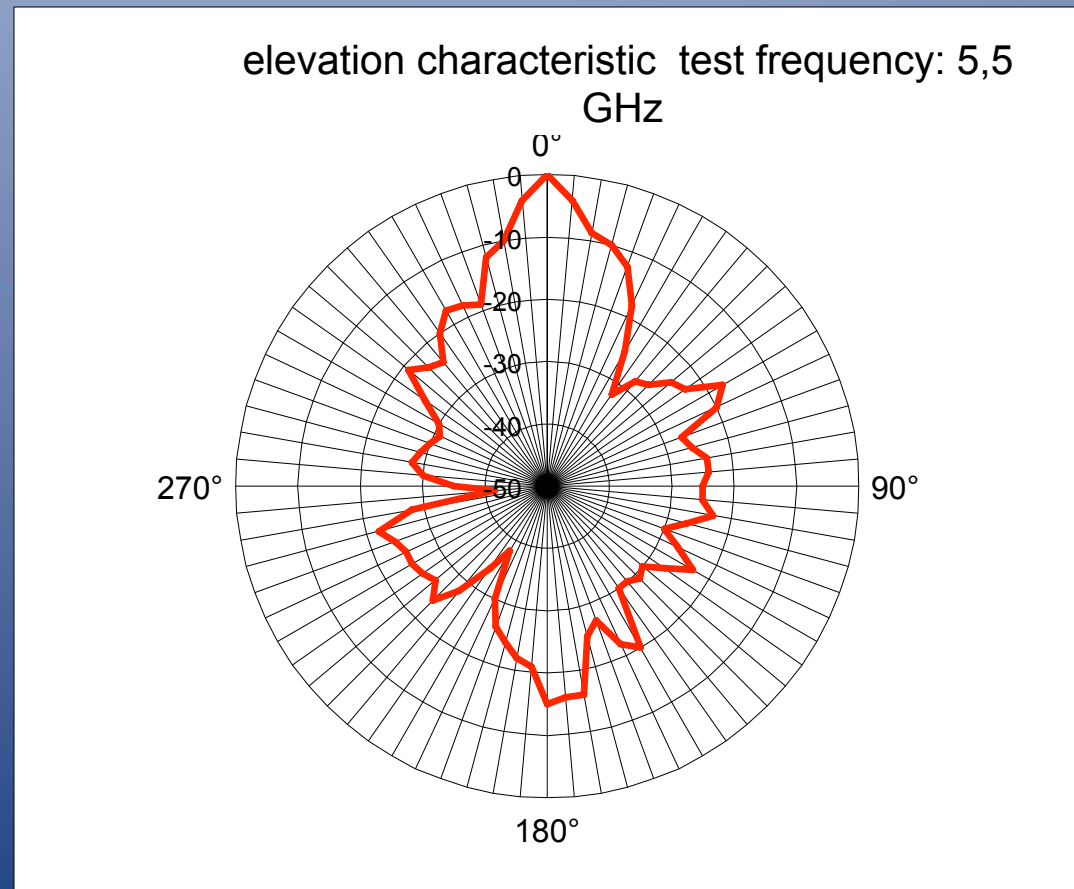
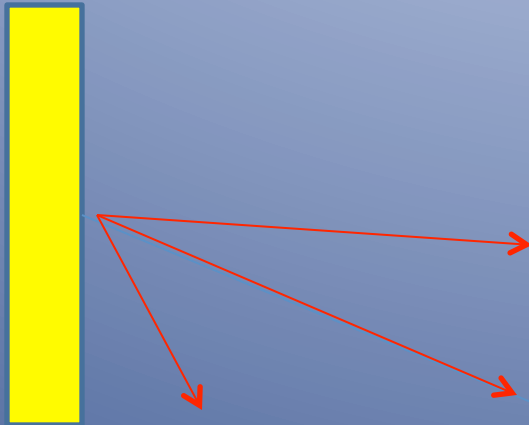
meranie 1.6. 2014



Pracovisko na meranie charakteristík antén



Smerová charakteristika vo vertikálnej rovine antény



Zhodnotenie poznatkov

-Systémy wifi nepatria medzi relevantné zdroje elektromagnetického žiarenia z pohľadu expozície obyvateľstva v ich okolí

- namerané intenzity elektromagnetického poľa v okolí týchto zdrojov jedná sa o prístupové body kde je ich najvyššia koncentrácia ako aj najvyšší celkové výkonové zaťaženie sú menšie ako 0,3 V/m

Táto úroveň je 200 x menšia ako je referenčná hodnota 61 V/m

Výkonové zaťaženie obyvateľov je 40000 x menšie ako pri referenčnej hodnote intenzity poľa

Zhodnotenie

Prevádzkovatelia mobilných sietí by mali minimalizovať zvýšenie expozície v okolitých miestach s trvalým pobytom obyvateľov a to :

Zvýšením pozície antén ZS nad okolitými budovami

Smerovaním hlavných vyžarovacích lalokov antén nad okolité budovy tak aby sa nachádzali mimo hlavného laloku smerovej charakteristiky antén

Čo sa týka wifi zariadení tieto nemajú vplyv na zvyšovanie expozície obyvateľov v ich okolí

Ďakujem za pozornosť