

VESTNÍK



**MINISTERSTVA ZDRAVOTNÍCTVA
SLOVENSKEJ REPUBLIKY**

Čiastka 38-42

Dňa 4. októbra 2019

Ročník 67

OBSAH:

Normatívna časť:

36. Metodika vyhodnocovania expozície obyvateľstva elektromagnetickému poľu

Oznamovacia časť:

Oznámenie o stratách pečiatok

36.

Odborné usmernenie Metodika vyhodnocovania expozície obyvateľstva elektromagnetickému poľu

Predhovor

Táto metodika je určená na účely posudzovania expozície obyvateľov elektromagnetickému poľu (ďalej len „EMP“) v blízkosti základňových staníc bezdrôtových telekomunikačných sietí, rozhlasových a televíznych vysielateľov a ostatných zdrojov elektromagnetického žiarenia pracujúcich vo frekvenčnom pásme 30 MHz – 18 GHz. Cieľom tejto metodiky je špecifikovať metódy na určenie celkového expozičného pomeru vystavenia obyvateľov EMP v miestach, kde majú časovo neobmedzený prístup.

Obsah

1	Predmet dokumentu	207
2	Súvisiace normatívne dokumenty	207
3	Súvisiace právne predpisy	208
4	Fyzikálne veličiny, jednotky a konštanty	208
5	Termíny a definície	208
6	Skratky	211
7	Postup pri vyhodnocovaní expozície obyvateľstva EMP	212
7.1	Všeobecne	212
7.2	Postup pri posudzovaní zdroja EMP	212
7.3	Postup pri posudzovaní konkrétneho miesta	213
7.4	Posúdenie relevantnosti zdroja	213
7.5	Technické parametre zdroja EMP	213
7.5.1	Smerové charakteristiky vysielačích antén	213
7.5.2	Vertikálne náklony vysielačích antén a azimuty ich hlavných vyžarovacích lalokov	214
7.5.3	Maximálne v _f výkony dodávané do vysielačích antén	214
7.5.4	Maximálny zisk vysielačích antén	215
7.5.5	Ďalšie informácie potrebné pre výpočet expozície obyvateľov EMP	215
7.6	Výpočet hraníc zhody	215
7.6.1	Určenie tvaru hraníc zhody	215
7.6.2	Určenie hraníc zhody výpočtom	216
7.7	Určenie hraníc oblasti posudzovania	217
7.8	Určenie oblasti vyšetovania a miest vyšetovania	218
7.9	Určenie relevantných zdrojov	219
7.9.1	Podmienky relevantnosti	219
7.9.2	Určenie relevantných zdrojov EMP	219
7.10	Metóda určenia expozičného pomeru výpočtom	220
7.10.1	Špecifikácia výpočtovej metódy	220
7.10.2	Výpočet intenzity poľa	220
7.11	Posudzovanie expozičného pomeru meraním	221
7.11.1	Všeobecne	221
7.11.2	Určenie celkového expozičného pomeru	221
7.11.3	Širokopásmové meranie TER	221
7.11.4	Selektívne meranie TER	221
7.12	Požiadavky na meracie systémy	227
7.12.1	Širokopásmové systémy	227
7.12.2	Selektívne meracie systémy	228
8	Neistoty	228
8.1	Požiadavky na rozšírenú neistotu	228
8.2	Odhad neistoty	228
9	Prezentácia výsledkov	228
9.1	Všeobecné požiadavky	228
9.2	Formát a obsah protokolu z objektivizácie	229

Zoznam príloh

Príloha - Protokol z objektivizácie (vzor)

Zoznam obrázkov

Obr. 1 – Príklad smerových charakteristík antén používaných na ZS mobilných sietí	214
Obr. 2 – Zobrazenie náklonu antény (tilt).....	214
Obr. 3 – Reálny tvar hraníc zhody v okolí sektorovej antény.....	215
Obr. 4 – Zjednodušené tvary hraníc zhody	215
Obr. 5 – Hranatý tvar hraníc zhody v okolí sektorovej antény	216
Obr. 6 – Tvar hranice zhody upravený v horizontálnej rovine	216
Obr. 7 – Tvar hraníc oblasti posudzovania so šírkou D_{ADB}	217
Obr. 8 – Vymedzenie ADB v okolí zdroja EMP – modré čiary	218
Obr. 9 – Zobrazenie rozmerov potrebných na posúdenie polohy MV.....	219
Obr. 10 – Zobrazenie rozmerov potrebných na výpočet expozície EMP	220
Obr. 11 – Meranie intenzity poľa pomocou markera.....	222
Obr. 12 – Meranie intenzity poľa pomocou priameho merania výkonu v kanáli	223
Obr. 13 – Meranie intenzity poľa v kanáli UMTS pomocou priameho merania výkonu i pomocou markera	224
Obr. 14 – Meranie intenzity poľa v kanáli DVB-T.....	225
Obr. 15 – Meranie intenzity poľa v kanáli T-DAB.....	225
Obr. 16 – Meranie intenzity poľa v pásme FM.....	226
Obr. 17 – Meranie intenzity poľa signálu LTE pomocou referenčného signálu RS.....	227

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1 – Maximálne výkony dodávané do antény pre rôzne vysielacie technológie	214
Tabuľka 2 – Hodnoty extrapoláčného faktora pre rôzne šírky pásma LTE.....	224
Tabuľka 3 – Požiadavky na širokopásmové meracie systémy	227
Tabuľka 4 – Požiadavky na frekvenčne selektívne meracie systémy.....	228

1 Predmet dokumentu

V tomto dokumente sú uvedené metódy, pomocou ktorých sa vyhodnocuje miera expozície obyvateľstva elektromagnetickému poľu (EMP). Sú v ňom definované postupy, ktoré je nutné vykonať pri posudzovaní zdroja EMP z pohľadu expozície obyvateľstva ako aj pri posudzovaní konkrétneho miesta prístupného obyvateľom z hľadiska ich expozície EMP z relevantných zdrojov. Dôraz sa kladie aj na spôsob výberu miest vyšetrovania tak, aby celkové posúdenie expozície obyvateľstva bolo čo najkomplexnejšie.

2 Súvisiace normatívne dokumenty

- [1] STN EN 50400 Všeobecná norma na preukázanie zhody pevných zariadení na rádiový prenos (od 110 MHz do 40 GHz) určených na použitie v bezdrôtových telekomunikačných sieťach, so základnými obmedzeniami alebo referenčnými úrovňami pre vystavenie obyvateľstva vysokofrekvenčným elektromagnetickým poľom, spôsobené ich uvedením do prevádzky
- [2] STN EN 50383 Základná norma na výpočet a meranie intenzity elektromagnetického poľa a SAR, týkajúca sa vystavenia osôb elektromagnetickým poľom základňových rádiových staníc a pevných koncových staníc bezšnúrových telekomunikačných systémov (110 MHz – 40 GHz)
- [3] STN EN 50492 Základná norma na miestne meranie intenzity elektromagnetického poľa na expozíciu ľudí v blízkosti základňových staníc
- [4] STN EN 62232 Stanovenie intenzity vysokofrekvenčných polí, hustoty výkonu a špecifickej miery absorpcie (SAR) v okolí rádiokomunikačných základňových staníc na účely hodnotenia expozície osôb
- [5] Recommendation ITU-T K.70: Mitigation techniques to limit human exposure to EMFs in the vicinity of radiocommunication stations
- [6] Recommendation ITU-T K.52: Guidance on complying with limits for human exposure to electromagnetic fields
- [7] Recommendation ITU-T K.61: Guidance on measurement and numerical prediction of electromagnetic fields for compliance with human exposure limits for telecommunication installations
- [8] CEPT ECC/REC/(02)04: Measuring non-ionising electromagnetic radiation (9 kHz- 300 GHz)

3 Súvisiace právne predpisy

- [1] Zákon č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov (ďalej len „zákon č. 355/2007 Z. z.“)
- [2] 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 (ďalej len „vyhláška“)
- [3] 1999/519/EC: Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)

4 Fyzikálne veličiny, jednotky a konštanty

Fyzikálne veličiny

Veličina	Značka	Jednotka	Rozmer
Intenzita elektrického poľa	E	volt na meter	V/m
Elektrická indukcia	D	coulomb na štvorcový meter	C/m ²
Frekvencia	f	hertz	Hz
Intenzita magnetického poľa	H	ampér na meter	A/m
Magnetická indukcia	B	tesla (Vs/m ²)	T
Hustota žiarivého toku	S	watt na štvorcový meter	W/m ²
Hustota	ρ	kilogram na kubický meter	kg/m ³
Permeabilita	μ	henry na meter	H/m
Permitivita	ϵ	farad na meter	F/m
Merný absorbovaný výkon	SAR	watt na kilogram	W/kg
Vlnová dĺžka	λ	meter	m

Konštanty

Fyzikálna konštanta	Značka	Hodnota
Rýchlosť svetla vo vákuu	c	$2,997 \times 10^8$ m/s
Permitivita vákua	ϵ_0	$8,854 \times 10^{-12}$ F/m
Permeabilita vákua	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$ H/m
Charakteristická impedancia vákua	Z_0	120π (približne 377 Ω)

5 Termíny a definície

Pre účely tohto dokumentu platia nasledujúce termíny a definície:

anténa (*angl. antenna*)

zariadenie, ktoré slúži ako prevodník medzi vedenou vlnou (napríklad koaxiálnym káblom) a vlnou vo voľnom priestore alebo naopak; môže byť použitá buď na vysielanie, alebo na príjem rádiového signálu; pokiaľ nie je uvedené inak, v tomto dokumente je termín anténa používaný len v súvislosti s vysielacou anténou

priemerný ekvivalentný izotropný vyžiarený výkon (priemerný EIRP) (*angl. average equivalent isotropic radiated power (average EIRP)*)

súčin výkonu dodaného do antény a maximálneho zisku antény vzhľadom k izotropnému žiariču

$$P_{aEIRP} = P_{aEP} \cdot G \quad (1)$$

kde

P_{aEP} priemerný výkon dodávaný do antény;

G maximálny zisk antény vzhľadom k izotropickému žiariču

základňová stanica (BS) (*angl. base station (BS)*)

pevné inštalované zariadenie pre rádiový prenos používané v celulárnej komunikácii a/alebo v bezdrôtových miestnych sieťach vrátane zariadení na komunikáciu bod-bod a bod-multibod integrovaných do týchto sietí; pre účely tohto dokumentu termín základňová stanica zahŕňa rádiový(é) vysielateľ(e) a pripojený(é) anténu(y)

základné obmedzenia (*angl. basic restriction*)

obmedzenia expozície človeka časovo premenným elektrickým, magnetickým a elektromagnetickým poľami, ktoré sú založené priamo na stanovených zdravotných prejavoch; v závislosti od frekvencie sú tieto obmedzenia špecifikované fyzikálnymi veličinami: prúdovou hustotou (J), merným absorbovaným výkonom (SAR) a hustotou žiarivého toku (S)

hranica zhody (CB) (*angl. compliance boundary (CB)*)

povrch ľubovoľného tvaru, ktorý definuje objem, v ktorom akčné hodnoty sú prekročené. Je to hranica, na ktorej

expozičný pomer je rovný 1

vzdialenosť zhody (*angl. compliance distance*)

vzdialenosť antény od hranice zhody pre daný smer a dané podmienky prenosu

oblasť vyšetrovania (DI) (*angl. domain of investigation (DI)*)

podoblasť oblasti posudzovania, do ktorej môže mať obyvateľstvo prístup, keď je základňová stanica uvedená do prevádzky

intenzita elektrického poľa (E) (*angl. electric field strength (E)*)

vektorová fyzikálna veličina, ktorá vyjadruje veľkosť a smer elektrického poľa; definovaná je ako elektrická sila pôsobiaca na teleso s kladným jednotkovým elektrickým nábojom:

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q} \quad (2)$$

kde

\mathbf{F} elektrická sila pôsobiaca na náboj q

Intenzita elektrického poľa je vyjadrovaná v jednotkách volt na meter (V/m)

skúšané zariadenie (EUT) (*angl. equipment under test (EUT)*)

zariadenie (napr. základňová stanica), ktoré je predmetom špecifického skúšania

expozičný pomer (ER) (*angl. exposure ratio (ER)*)

parameter expozície obyvateľstva v oblasti posudzovania vyjadrený pre každú pracovnú frekvenciu zdroja EMP ako zlomok nameranej expozície a príslušnej akčnej hodnoty, ktoré sú vyjadrené výkonovo:

$$ER = \frac{S}{S_{akčné}}, \quad ER = \max \left[\left(\frac{E}{E_{akčné}} \right)^2, \left(\frac{H}{H_{akčné}} \right)^2 \right] \quad (3)$$

vlnová impedancia vákua (*angl. intrinsic impedance of free space*)

podiel intenzity elektrického poľa a intenzity magnetického poľa šíriacej sa elektromagnetickej vlny; vlnová impedancia rovinatej vlny vo voľnom priestore má hodnotu $120\pi \Omega$, čo predstavuje približne 377Ω

izotropia (*angl. isotropy*)

fyzikálna vlastnosť napr. vysielacej, prijímacej antény alebo sondy, ktorá sa nemení so smerom; axiálna izotropia je definovaná maximálnou odchýlkou veličiny nameranej pri otáčaní sondy pozdĺž jej hlavnej osi od hodnoty nameranej so sondou vystavenou referenčnej vlny s kolmým dopadom vzhľadom k ose sondy; hemisferická izotropia je definovaná maximálnou odchýlkou veličiny nameranej pri otáčaní sondy pozdĺž jej hlavnej osi od hodnoty nameranej so sondou vystavenou referenčnej vlny s premennými uhlami dopadu a polarizáciami vzhľadom k ose sondy v polpriestore pred sondou

linearita (*angl. linearity*)

maximálna odchýlka hodnoty meranej veličiny v meranom rozsahu od strednej hodnoty lineárnej referenčnej krivky definovanej v danom intervale

intenzita magnetického poľa (H) (*angl. magnetic field strength (H)*)

veľkosť vektora magnetického poľa v bode, ktorý pôsobí silou \mathbf{F} na náboj q pohybujúci sa rýchlosťou \mathbf{v}

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{v} \times \mu\mathbf{H}) \quad (4)$$

intenzita magnetického poľa je vyjadrovaná v jednotkách ampér na meter (A/m)

magnetická indukcia (B) (*angl. magnetic flux density (B)*)

vektorová fyzikálna veličina, ktorá sa rovná súčinu intenzity magnetického poľa \mathbf{H} a permeability prostredia μ ; magnetická indukcia je vyjadrovaná v jednotkách tesla (T)

permeabilita (μ) (*angl. permeability (μ)*)

vlastnosť magnetického materiálu; permeabilita je definovaná podielom magnetickej indukcie \mathbf{B} a intenzity magnetického poľa \mathbf{H} ; permeabilita je vyjadrovaná v jednotkách henry na meter (H/m)

permitivita (ϵ) (*angl. permittivity (ϵ)*)

vlastnosť dielektrického materiálu (napr. biologického tkaniva); v prípade izotropného materiálu je definovaná podielom elektrickej indukcie \mathbf{D} a intenzity elektrického poľa \mathbf{E} ; permitivita je vyjadrovaná v jednotkách farad na meter (F/m)

miesto vyšetrovania (PI) (*angl. point of investigation (PI)*)

miesto v oblasti vyšetrovania, v ktorom je posudzovaná hodnota intenzity elektrického poľa \mathbf{E} , intenzity magnetického poľa \mathbf{H} alebo hustoty žiarivého toku \mathbf{S} ; toto miesto je definované v kartézskych, cylindrických alebo sférických súradniciach vzhľadom k referenčnému bodu na skúšanom zariadení, ako je uvedené

v EN 50383

hustota žiarivého toku (S) (angl. power density (S))

podiel vyžiareného výkonu dopadajúceho kolmo na rovinu povrchu a plochy povrchu; hustota žiarivého toku je vyjadrovaná v jednotkách watt na meter štvorcový (W/m²)

referenčné úrovne (angl. reference levels)

referenčné úrovne sú uvádzané pre účely porovnávania s merateľnými veličinami. V platnej vyhláške sú nazvané ako akčné hodnoty. Dodržanie referenčných úrovní zaručí dodržanie základných obmedzení; vo frekvenčnom rozsahu 10 kHz až 300 GHz sú referenčné úrovne vyjadrené ako hodnoty intenzity elektrického poľa, intenzity magnetického poľa a hustoty žiarivého toku

referenčný bod (angl. reference point)

všeobecne je to stred antény; v prípade panelových antén je referenčný bod daný stredom zadného reflektoru. Pre iné druhy antén sa príslušné referenčné body musia definovať.

relevantná oblasť (RD) (angl. relevant domain (RD))

oblasť obklopujúca anténu, v ktorej môže byť zdroj EMP považovaný za relevantný zdroj

relevantný zdroj (RS) (angl. relevant source (RS))

rádiový zdroj vo frekvenčnom pásme 100 kHz až 40 GHz, ktorý má v danom bode vyšetrovania expozičný pomer väčší než 0,05

merný absorbovaný výkon (SAR) (angl. specific absorption rate (SAR))

časová derivácia prírastku elektromagnetickej energie (dW) absorbovanej (rozptýlenej) v prírastku hmotnosti (dm) obsiahnutej v objemovom elemente hmoty (dV) s hustotou (ρ)

$$SAR = \frac{d}{dt} \left(\frac{dW}{dm} \right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{dW}{\rho dV} \right) \quad (5)$$

SAR je vyjadrený v jednotkách watt na kilogram (W/kg).

POZNÁMKA: SAR je možné vypočítať ako

$$SAR = \frac{\sigma E^2}{\rho} \quad (6)$$

kde

SAR merný absorbovaný výkon (W/kg)

E efektívna hodnota intenzity elektrického poľa v tkanive (V/m)

σ elektrická vodivosť telového tkaniva (S/m)

ρ hustota telového tkaniva (kg/m³)

oblasť rozptylu (SD) (angl. scatter domain(SD))

oblasť obklopujúca anténu, kde štruktúra okolia môže spôsobiť odrazené alebo difrakčné polia, interferujúce s existujúcimi poľami, dôsledkom čoho sú výrazné zmeny hranice zhody odhadnuté vo voľnom priestore; konštrukcie, ktoré sa majú brať do úvahy, predstavujú rozsiahle povrchy, ako napr. steny, nie však zábradlia, rebríky atď.

celkový expozičný pomer (TER) (angl. total exposure ratio (TER))

súčet expozičných pomerov z posudzovaného zdroja EMP a zo všetkých významných zdrojov vo frekvenčnom pásme 100 kHz až 40 GHz:

$$TER = ER_{EUT} + ER_{RS} \quad (7)$$

kde

ER_{EUT} expozičný pomer z posudzovaný zdroj EMP,

ER_{RS} sumárny expozičný pomer zo všetkých významných zdrojov

vysielač (angl. transmitter)

zariadenie na generovanie vysokofrekvenčného elektrického výkonu

okolité pole (angl. ambient field)

elektromagnetické pole od ostatných zdrojov s frekvenčným rozsahom od 100 kHz do 300 GHz, pričom sa neberú do úvahy emisie posudzovaného zdroja EMP

K-faktor antény (angl. antenna factor)

pomer intenzity poľa v mieste umiestnenia antény k výstupnému napätiu antény (U) meranom na špecifickej impedancii (napríklad 50 Ω)

hodnotenie (angl. assessment)

posúdenie s cieľom dospieť k rozhodnutiu založeného na dôkazoch, ako napr. expozícia EMP vzhľadom na limity udávané normou

konfigurácia hodnotenia (angl. assessment configuration)

súbor parametrov, ktoré spolu predstavujú konfiguráciu zdroja EMP, podľa ktorej následne dochádza k ich jednotlivému posúdeniu, napr. posudzovanie zhody

nižší limit detekcie (angl. *lower detection limit*)

minimálna kvantifikovateľná odozva meracieho zariadenia

vyšší limit detekcie (angl. *upper detection limit*)

maximálna kvantifikovateľná odozva meracieho zariadenia

smernosť antény (angl. *antenna directivity*)

pomer intenzity poľa vyžiareného anténou v danom smere ku priemernej hodnote intenzity vyžiarenej vo všetkých smeroch priestoru

parabolická anténa (angl. *dish antenna*)

parabolická anténa využívaná hlavne na rádio-releové spoje a komunikáciu typu bod -bod

pomerový faktor (angl. *duty factor*)

pomer trvania pulzov k celkovému času za daný časový interval

dynamický rozsah (angl. *dynamic range*)

pomer medzi najväčším výkonom signálu, ktorý možno prenášať viackanálovým analógovým prenosovým systémom bez prekročenia skreslenia alebo iných funkčných obmedzení, a najmenším výkonom signálu, ktorý možno využiť bez prekročenia šumu, chybovosti alebo iných funkčných obmedzení

vyhodnotenie (angl. *evaluation*)

proces určovania hodnoty expozície

konfigurácia vyhodnotenia (angl. *evaluation configuration*)

súbor hodnôt parametrov, ktoré spolu reprezentujú konfiguráciu posudzovaného zdroja EMP použitú pri vyhodnocovaní

miesto vyhodnocovania (angl. *evaluation location*)

presné fyzické umiestnenie, v ktorom bola nameraná alebo vypočítaná hodnota poľa

zisk antény (angl. *antenna gain*)

pomer intenzity poľa vytvoreného anténou (v smere hlavného vyžarovacieho laloku antény) ku priemernej hodnote intenzity vyžiarenej vo všetkých smeroch priestoru (ktorá je znížená o faktor reprezentujúci straty antény)

široká verejnosť (angl. *general public*)

všetci ľudia, ktorí nie sú klasifikovaní ako pracovníci

izotropia sondy (angl. *probe isotropy*)

úroveň nezávislosti odozvy sondy (elektrického poľa alebo magnetického poľa) nezávislá na polarizácií a smere šírenia dopadajúcej vlny

intenzita vľ poľa, intenzita poľa (angl. *RF field strength, field strength*)

hodnota intenzity elektrického alebo magnetického poľa od vľ zdroja

zdroj, zdroj vľ (angl. *source, RF source*)

elektronické zariadenie, ktoré úmyselne vysiela vľ signál

6 Skratky

V tomto dokumente platia tieto skratky:

3D	trojdimenzionálny; 3D
ADB	Assessment Domain Boundary hranice oblasti posudzovania
AFCH	amplitúdová frekvenčná charakteristika
BCCH	Broadcast Control Channel riadiaci kanál vysielania
DCS	Digital Cellular System digitálny bunkový systém
DI	Domain of Investigation oblasť vyšetrovania
DVB-T	Digital Video Broadcasting – Terrestrial pozemské digitálne televízne vysielanie
EMP	elektromagnetické pole
FM	frekvenčná modulácia

GSM	Global System for Mobile communications globálny systém mobilných komunikácií
LTE	Long Term Evolution rádiová sieť s dlhodobým vývojom
MCCH	Multi-path Control Channel viaccestný riadiaci kanál
MV	miesto vyšetovania
OBW	Occupied Bandwidth obsadené šírka pásma
PBCH	Physical Broadcast Channel fyzický vysielač kanál
QAM	Quadrature Amplitude Modulation kvadrátúrna amplitúdová modulácia
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying kvadrátúrne kľúčovanie fázovým posunom
RB	Resource Block zdrojový blok
RBW	Resolution Bandwidth rozlišovacia šírka pásma
RS	Reference Signal referenčný signál
T-DAB	Terrestrial-Digital Audio Broadcasting pozemské digitálne rozhlasové vysielanie
TETRA	Terrestrial Trunked Radio pozemská hromadná rádiová sieť
TV	televízia; televízny
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System univerzálny mobilný telekomunikačný systém
ÚREKPS	Úrad pre reguláciu elektronických komunikácií a poštových služieb
vf	vysoká frekvencia; vysokofrekvenčný
WiFi	Wireless Fidelity rádiová vernosť
ZS	základňová stanica

7 Postup pri vyhodnocovaní expozície obyvateľstva EMP

7.1 Všeobecne

Expozícia obyvateľstva elektromagnetickému poľu sa vyhodnocuje pri týchto procesoch:

- **posudzovanie zdroja EMP** z pohľadu expozície obyvateľstva v jeho okolí (posudzovanie základňových staníc mobilných sietí, TV a rozhlasových vysielačov a pod.),
- **posudzovanie konkrétneho miesta** prístupného obyvateľom, resp. zamestnancom z hľadiska ich expozície EMP z relevantných zdrojov.

7.2 Postup pri posudzovaní zdroja EMP

Postup pri posudzovaní zdroja EMP z pohľadu expozície obyvateľstva v jeho okolí je nasledovný:

1. Posúdenie, či zdroj EMP spĺňa podmienku relevantnosti vychádzajúcu z platnej legislatívy (kap. 7.4).
2. Identifikácia technických parametrov posudzovaného zdroja EMP, ktoré sú potrebné na výpočet expozície obyvateľov (kap. 7.5).
3. Výpočet hraníc zhody v okolí posudzovaného zdroja (kap. 7.6).
4. Určenie hraníc oblasti posudzovania (kap. 7.7).
5. Určenie oblasti vyšetovania a miest vyšetovania (kap. 7.8).
6. Určenie ďalších relevantných zdrojov v miestach vyšetovania (kap. 7.9). Ak sa miesto vyšetovania nachádza v oblasti blízkeho poľa vysielačnej antény zdroja EMP, v takomto prípade sa v tomto mieste bude vykonávať len vyhodnocovanie expozície EMP pomocou merania (postupuje sa podľa bodu 10 – kap. 7.11).
7. Identifikácia technických parametrov relevantných zdrojov EMP, ktoré sú potrebné na výpočet

- expozície obyvateľov (kap. 7.5).
8. Výpočet expozičného pomeru – v miestach vyšetrovania sa vykoná výpočet maximálnej expoziície EMP od všetkých relevantných zdrojov, z čoho sa následne zistí celkový expozičný pomer TER (kap. 7.10).
 9. Posúdenie miest vyšetrovania z pohľadu potreby vykonať v nich vyhodnotenie expoziície EMP pomocou merania – v prípade, že miesto sa nachádza v oblasti blízkeho poľa vysielačnej antény zdroja EMP, meranie sa musí vykonať. Meranie sa musí vykonať aj v prípade, ak sa miesto nachádza vo vzdialenom poli vysielačnej antény zdroja EMP a podľa výpočtu celkový expozičný pomer TER je vyšší ako 0,02.
 10. Vyhodnotenie expoziície EMP pomocou merania (kap. 7.11).

7.3 Postup pri posudzovaní konkrétneho miesta

Miesto, v ktorom sa vykonáva vyhodnocovanie expoziície obyvateľstva EMP z relevantných zdrojov sa považuje za miesto vyšetrovania. Postup pri posudzovaní tohto miesta je nasledovný:

1. Určenie relevantných zdrojov v mieste vyšetrovania (kap. 7.9).
2. Identifikácia technických parametrov relevantných zdrojov EMP, ktoré sú potrebné na výpočet expoziície obyvateľov (kap. 7.5).
3. Výpočet expozičného pomeru v mieste vyšetrovania – v mieste vyšetrovania sa vykoná výpočet maximálnej expoziície EMP od všetkých relevantných zdrojov, z čoho sa následne zistí celkový expozičný pomer TER. Tento výpočet sa nevykonáva, ak sa miesto vyšetrovania nachádza v oblasti blízkeho poľa vysielačnej antény zdroja EMP. V takomto prípade sa v tomto mieste bude vykonávať len vyhodnocovanie expoziície EMP pomocou merania (kap. 7.10).
4. Posúdenie miesta vyšetrovania z pohľadu potreby vykonať v ňom vyhodnotenie expoziície EMP pomocou merania – v prípade, že miesto sa nachádza v oblasti blízkeho poľa vysielačnej antény zdroja EMP, meranie sa musí vykonať. Meranie sa musí vykonať aj v prípade, ak sa miesto nachádza vo vzdialenom poli vysielačnej antény zdroja EMP a podľa výpočtu celkový expozičný pomer TER je vyšší ako 0,02.
5. Vyhodnotenie expoziície EMP pomocou merania (kap. 7.11).

7.4 Posúdenie relevantnosti zdroja

V zmysle vyhlášky je za relevantný zdroj pre posudzovanie expoziície obyvateľstva považovaný taký zdroj EMP, ktorého výstupný výkon dodávaný do antény je vyšší ako 4 W. V prípade komplexného zdroja zloženého z viacerých vysielačov (situ) sa z tohto hľadiska posudzuje každý vysielač, ktorý dodáva výkon do jednej antény, samostatne.

V tabuľke 1 sú uvedené informácie potrebné pre posúdenie relevantnosti rôznych dostupných zdrojov EMP.

Ak zdroj EMP nespĺňa podmienky relevantnosti, posudzovanie expoziície obyvateľstva EMP z tohto zdroja sa nevykonáva.

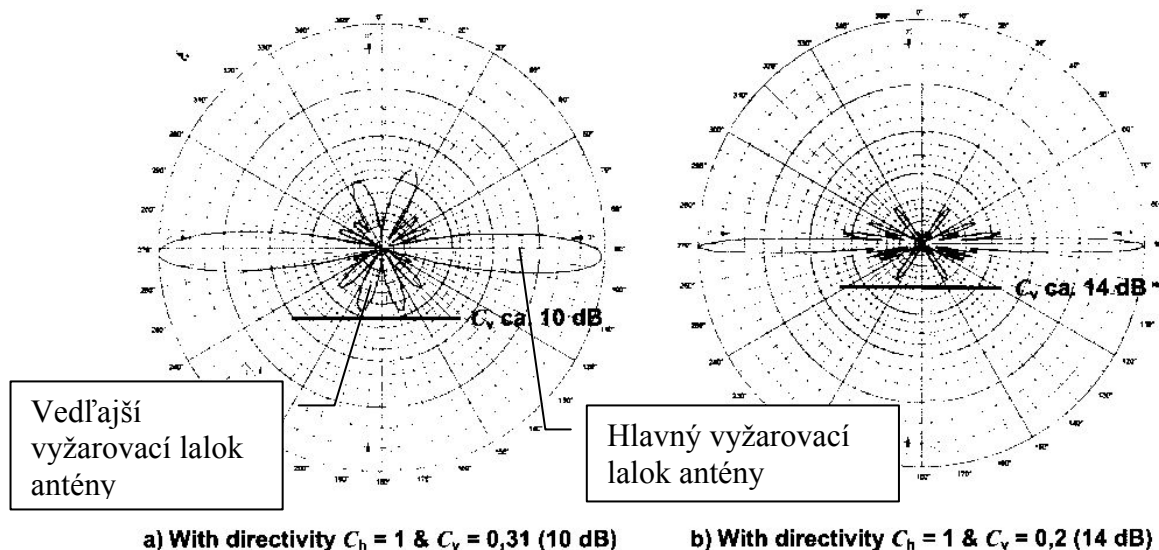
7.5 Technické parametre zdroja EMP

Na výpočet expoziície obyvateľov EMP je nutné identifikovať nasledujúce parametre zdroja EMP:

- Smerové charakteristiky vysielačích antén
- Vertikálne náklony vysielačích antén a azimuty ich hlavných vyžarovacích lalokov
- Maximálne vŕ výkony dodávané do vysielačích antén
- Maximálny zisk vysielačích antén
- Ďalšie informácie potrebné pre výpočet expoziície obyvateľov EMP

7.5.1 Smerové charakteristiky vysielačích antén

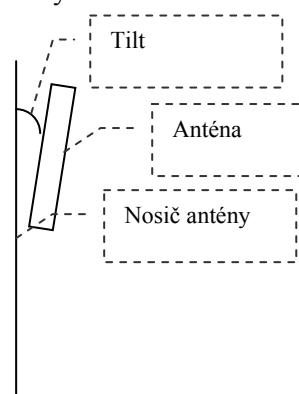
Smerové charakteristiky antén sú spravidla definované vo vertikálnej aj v horizontálnej polarizačnej rovine. V prípade, keď nie sú k dispozícii podrobné smerové charakteristiky, je potrebné zistiť minimálne potlačenie bočných lalokov smerových charakteristík antén v oboch polarizačných rovinách a šírku hlavného laloku pre potlačenie zisku o 6 dB. Príklady vyžarovacích charakteristík vysielačích antén sú uvedené na obr. 1.



Obr. 1 – Príklad smerových charakteristík antén používaných na ZS mobilných sietí

7.5.2 Vertikálne náklony vysielačích antén a azimuty ich hlavných vyžarovacích lalokov

Je potrebné identifikovať vertikálne náklony všetkých vysielačích antén (tzv. tilt). Vertikálne náklony sa rozlišujú na mechanický a maximálny elektrický náklon.



Obr. 2 – Zobrazenie náklonu antény (tilt)

Mechanický náklon je uhol, ktorý zvierá os antény s vertikálnym smerom.

Elektrický náklon je uhlový posun vnútorných žiaričov antény voči osi antény. Pri niektorých typoch antén je ho možné nastavovať diaľkovo. Počas prevádzky antény sa môže meniť.

Azimut hlavného vyžarovacieho laloku – na základe umiestnenia a smerovania antény sa zistí smer jej vyžarovania.

7.5.3 Maximálne vF výkony dodávané do vysielačích antén

Maximálny výkon do vysielačej antény závisí od typu použitej vysielačej technológie. Aj keď v praktickej prevádzke môže byť skutočný výkon nastavený na nižšie úrovne, pri vyhodnocovaní expozície EMP sa vždy uvažuje s maximálnym výkonom, aký použitá technológia dokáže dodať do antény, t. j. najnepriaznivejší prípad. Maximálne hodnoty výkonov používaných vysielačích technológií sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1 – Maximálne výkony dodávané do antény pre rôzne vysielačie technológie

Vysielačia technológia	Vysielačie frekvenčné pásmo ZS	Počet kanálov	Maximálny výkon dodávaný do antény
GSM	925 – 960 MHz	3-4 na sektor	30 W na frekvenčný kanál
DCS	1820 – 1880 MHz	3-4 na sektor	30 W na frekvenčný kanál
UMTS	2100 – 2170 MHz	2-3	30 W na nosnú
LTE 800 MHz	791 – 821 MHz	1	30 W
LTE 2600 MHz	2570 – 2690 MHz	3	30 W
DVB-T	474 – 786 MHz	≥ 1	5 – 2000W
T-DAB	174 – 236 MHz	≥ 1	100 – 2000 W
TETRA, Tetrapol	390 – 470 MHz	4	50 W
LTE 3,7 GHz	3,6 – 3,7 GHz	4	10 W

7.5.4 Maximálny zisk vysielacích antén

Zisk vysielacej antény v jej hlavnom vyžarovačom laloku sa definuje pre stredné frekvencie jednotlivých frekvenčných pásiem vysielajúcich technológií využívajúce jednotlivé antény. Zisk antény sa vyjadruje voči izotropnému žiariciu (G_i) alebo k polvlnovému dipólu (G_d) v decibeloch (dBi, resp. dBd).

7.5.5 Ďalšie informácie potrebné pre výpočet expozície obyvateľov EMP

Pre určenie metódy výpočtu je potrebné zistiť výšku posudzovaného miesta voči strediu vysielacích antén ako aj definovať, v akej oblasti zdroja EMP sa posudzované miesto nachádza.

Priestor v okolí vysielacej antény zdroja EMP sa z hľadiska šírenia elektromagnetických vln delí na dve základné oblasti:

- oblasť blízkeho poľa,
- oblasť vzdialeného poľa.

Vzdialenosť hranice medzi týmito dvomi oblasťami od zdroja EMP sa vypočíta podľa vzorca:

$$D = \frac{2d^2}{\lambda} \quad (8)$$

kde

d maximálny rozmer antény (napr. pri sektorovej anténe je to výška antény)

λ vlnová dĺžka pracovnej frekvencie zdroja EMP

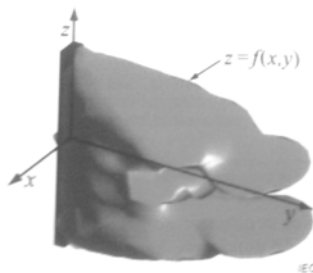
Podrobná definícia oblastí blízkeho a vzdialeného poľa je uvedená v norme EN 50383 alebo v odporúčaniach ITU-T K.61, ECC/REC/(02)04, ETR 273-1-1.

7.6 Výpočet hraníc zhody

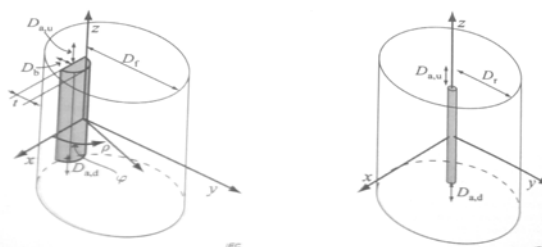
7.6.1 Určenie tvaru hraníc zhody

Hranice zhody ohraničujú oblasť, vnútri ktorej nie sú splnené požiadavky na akčné hodnoty uvedených vo vyhláske. Predstavujú plochu v priestore, v rámci ktorej je expozičný pomer rovný 1. Tvar týchto hraníc je závislý od geometrického tvaru antény a od jej smerovej charakteristiky.

Hranice zhody sa určujú pomocou výpočtu, avšak v prípade zdrojov EMP s malými anténami a s malým výkonom dodávaným do antén je ich možné určiť aj v laboratórnych podmienkach pomocou sférických meraní. Skutočný tvar hraníc zhody pre reálnu anténu je zložitý priestorový útvar, ktorý je pre praktické využitie nepoužiteľný (obr. 3). Preto tento tvar je potrebné zjednodušiť.



Obr. 3 – Reálny tvar hraníc zhody v okolí sektorovej antény



Hranice zhody v okolí sektorovej antény

Hranice zhody v okolí všesmerovej antény

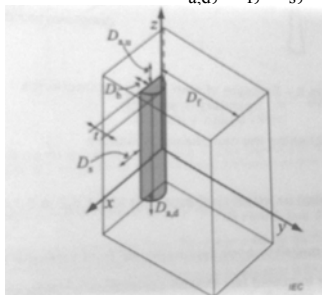
Obr. 4 – Zjednodušené tvary hraníc zhody

Tvar hraníc zhody, ktorého príklad uvedený na obr. 3, presne kopíruje miesta, kde expozičný pomer sa rovná 1. Na obr. 4 sú uvedené zjednodušené tvary hraníc zhody pre sektorovú a pre všesmerovú anténu.

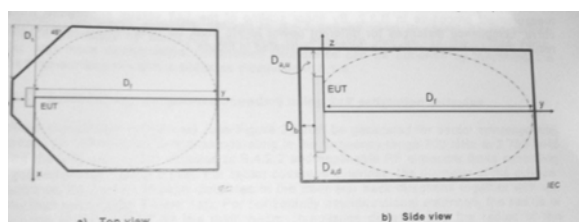
Pri sektorovej anténe sú rozmery hraníc zhody vo vzťahu k anténe definované hodnotami $D_{a,d}$, D_f , D_b , $D_{a,u}$. Najdôležitejší je rozmer D_f , ktorý sa mení medzi maximálnou a minimálnou hodnotou D_b v súlade so smerovou charakteristikou sektorovej antény.

V prípade všesmerovej antény sú rozmery hraníc definované hodnotami $D_{a,d}$, D_r , $D_{a,u}$. Najdôležitejší je rozmer je D_r , ktorý je konštantný (nemení sa).

Pre zjednodušenie určenia rozmerov hraníc zhody sa pri sektorových anténach používa tvar obdĺžnika (obr. 5). V tomto prípade sú hranice zhody definované rozmermi $D_{a,d}$, D_f , D_s , $D_{a,u}$, D_b a rozmermi antény.



Obr. 5 – Hranatý tvar hraníc zhody v okolí sektorovej antény



Horizontálna rovina

Vertikálna rovina

Obr. 6 – Tvar hranice zhody upravený v horizontálnej rovine

Pri rešpektovaní šírky hlavného laloku v horizontálnej rovine môže byť tvar hraníc zhody v tejto rovine skrátenejší 45-stupňovým rezom pri krajoch blízko antény (obr. 6).

7.6.2 Určenie hraníc zhody výpočtom

Intenzita poľa sa v okolí vysielačnej antény musí počítať pre najvyšší možný vysielačný výkon pomocou vzorca:

$$E = \frac{\sqrt{30PG}}{r} \quad (9)$$

kde

P maximálny výkon dodávaný do antény (W)

G zisk antény (bezrozmerné číslo)

r vzdialenosť miesta vyšetrenia (hranice zhody) (m)

Pre výpočet vzdialenosti hraníc zhody od zdroja EMP sa za intenzitu poľa E (V/m) použije akčná hodnota podľa vyhlášky.

Potom:

$$r = \frac{\sqrt{30PG}}{E_{akčné}} \quad (10)$$

V prípade súčasných ZS mobilných sietí sa používajú vysielačie antény pre viaceré technológie pracujúce v rôznych frekvenčných pásmach, resp. viacej antén pre rôzne frekvenčné pásma (pre rôzne technológie) smerujúce v rovnakom azimute. V jednotlivých frekvenčných pásmach majú antény rôzny zisk a rôzny maximálny výkon na vstupe do antény. V prípade výpočtu oblasti zhody sa neberú do úvahy náklony antén. Pre každé pásmo a technológiu sa vypočíta maximálna vzdialenosť hranice zhody podľa vzorca (9) samostatne. Potom celková maximálna vzdialenosť hraníc zhody (sumárna pre všetky technológie vyžarované do jedného sektoru) sa spočíta podľa vzťahu:

$$r_{celk} = \sqrt{\sum_i r_i^2} \quad (11)$$

kde

r_{celk} celková maximálna vzdialenosť hraníc zhody

r_i vzdialenosť hranice zhody pre jednu technológiu – frekvenčné pásmo vypočítaná podľa vzorca (9)

Pri výpočte sa ako zisk G aplikuje maximálny zisk antény pre dané frekvenčné pásmo, v ktorom sa vysiela signál s danou technológiou. Ako sa použije akčná hodnota z vyhlášky pre dané frekvenčné pásmo. Ak je táto hodnota premenlivá, aplikuje sa akčná hodnota pre strednú frekvenciu daného pásma. Ako výkon P sa aplikuje maximálny možný výkon pre danú technológiu.

Pri technológii GSM sa počíta s maximálnym počtom frekvenčných kanálov, ktoré je možné vysielat' do danej antény. Pri technológiách UMTS a LTE sa aplikuje maximálny výkon, na ktorý je nastavený vysielateľ – mal by ho definovať prevádzkovateľ siete, alebo sa aplikujú maximálne limity povolené v pláne využitia frekvenčného spektra pre dané pásmo, prípadne ak tam je odvolávka na technické špecifikácie, tak maximálne hodnoty uvedené v technických špecifikáciách. Pri vysielateľoch DVB-T a T-DAB sa aplikuje maximálny vyžiarený výkon definovaný v individuálnom povolení pre daný vysielateľ.

7.7 Určenie hraníc oblasti posudzovania

Oblasť, v ktorej je vyhodnocovanie expozície od posudzovaného zdroja EMP relevantné, sa nazýva oblasť posudzovania (Assessment Domain). Mimo hraníc tejto oblasti je pomer expozície obyvateľov EMP z posudzovaného zdroja menší ako 0,05, preto sa vyhodnocovanie expozície EMP vykoná len v jej vnútri.

Hranice oblasti posudzovania (Assessment Domain Boundary – ADB) sa určia na základe najväčšej vypočítanej vzdialenosti hraníc zhody, t. j. vzdialenosti hranice zhody v smere hlavného vyžarovacieho laloku D_f (v prípade sektorových antén) alebo D_r (v prípade všesmerových antén).

Maximálna vzdialenosť ADB od stredu vysielacej antény zdroja EMP má hodnotu 5-násobku vzdialenosti D_f , resp. D_r .

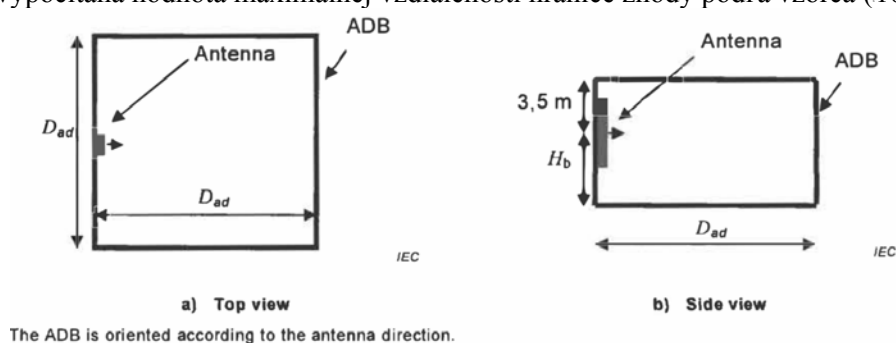
Pri výpočte rozmerov ADB sa vychádza z predpokladu, že ADB má tvar kvádra s najväčším rozmerom D_{ADB} (obr. 7).

Ak vysielacia anténa vyžaruje len v jednom pásme, na výpočet rozmeru D_{ADB} sa použije zjednodušená rovnica založená na princípe šírenia vo voľnom priestore:

$$D_{ADB} = 5 \cdot r_{celk} \quad (12)$$

kde

r_{celk} vypočítaná hodnota maximálnej vzdialenosti hranice zhody podľa vzorca (10)



Obr. 7 – Tvar hraníc oblasti posudzovania so šírkou D_{ADB}

Taktiež možno použiť rovnicu využívajúcu akčné hodnoty pre hustotu žiarivého toku:

$$D_{ADB} = \sqrt{\frac{EIRP}{0,05 \cdot S_{lim} \cdot 4\pi}} = 1,3 \cdot \sqrt{\frac{EIRP}{S_{lim}}} \quad (13)$$

kde

$EIRP$ ekvivalentný izotropne vyžiarený výkon antény (W)

S_{lim} akčná hodnota pre expozíciu EMP vyjadrená hustotou žiarivého toku (W/m^2)

Pre širokopásmové antény, ktoré využívajú viac ako jedno aktívne pásmo (napr. GSM 900 MHz + GSM 1800 MHz + LTE 800 MHz + UMTS 2100 MHz), platí rovnica:

$$D_{ADB} = 1,3 \cdot \sqrt{\sum_i \frac{EIRP_i}{S_{lim_i}}} \quad (14)$$

kde

$EIRP_i$ ekvivalentný izotropne vyžiarený výkon antény v pásme i (W)

S_{lim_i} akčná hodnota pre expozíciu EMP vyjadrená hustotou žiarivého toku (W/m^2) pre pásmo i

Vypočítanú hodnotu D_{ADB} však nie je možné uplatniť vo vertikálnom smere antény. Pre výpočet rozmeru ADB vo vertikálnom smere H_b sa musia uplatniť nasledujúce pravidlá:

- (1) Ak sa oblasti s prístupom verejnosti nachádzajú vo vzdialenosti H_b a viac pod stredom antény, nepovažujú sa za časť ADB.
- (2) V prípade antén s náklonom smerom nadol sa rozmer H_b (m) vypočíta podľa nasledujúcej rovnice:

$$H_D = 5 + D_{ADB} \tan \gamma \quad (15)$$

kde

γ náklon antény (tilt) vyjadrený v radiánoch (mechanický alebo elektrický). Ak náklon antény nie je známy, je možné predpokladať že sa rovná $\frac{\pi}{15}$ radiánov (12°), čo predstavuje reálny maximálny náklon, ktorý je v praxi bežne používaný.

Hodnota 5 bola vybraná tak, aby zodpovedala reálnemu maximálnemu rozmeru H_b pre anténu bez náklonu s takou šírkou hlavného vyžarovacieho laloku vo vertikálnej rovine antén, aká sa najčastejšie používa na ZS mobilných sietí.

- (3) V prípade antén s náklonom smerom nahor sa rozmer H_b (m) vypočíta podľa vzťahu:

$$H_D = 5 - D_{ADB} \tan \gamma \quad (16)$$

- (4) Oblasti s voľným prístupom verejnosti umiestnené 3,5 m alebo viac nad upevnením antény (merané od stredu antény) sa nepovažujú za súčasť ADB.
- (5) Ak je hlavný lalok antény smerovaný od budovy, je daná budova vylúčená z oblasti ADB. Vylúčenie platí jedine vtedy, keď sa antény inštalujú na bok budovy alebo na jej strechu.

7.8 Určenie oblasti vyšetovania a miest vyšetovania

Oblasť vyšetovania (Domain of Investigation) DI reprezentuje objem, v ktorom sa hodnotí expozícia vľ poľom. Nachádza sa v hraniciach posudzovanej oblasti ADB v okolí posudzovaného zdroja EMP, kde môžu mať osoby prístup. Prístup v tomto znení znamená, že hociktorá časť tela sa za normálnych podmienok nachádza v ADB.

Na základe známych rozmerov ADB sa zistí, či sa v tejto oblasti nachádzajú miesta s časovo neobmedzeným prístupom obyvateľov. Ak áno, tak sa definuje oblasť vyšetovania DI, ktorá takéto miesta zahŕňa a zvolia sa v nej miesta vyšetovania. Ak sa miesto s prístupom obyvateľov v oblasti posudzovania nenachádza, nie je potrebné vykonávať výpočty expozičného pomeru ani merania za účelom vyhodnocovania expozície obyvateľstva EMP a proces sa ukončí s konštatovaním, že posudzovaný zdroj spĺňa požiadavky vyhlášky. To platí aj v prípade, ak do ADB majú prístup iba poverené osoby, avšak nie široká verejnosť. Ak sa miesto s prístupom obyvateľov nachádza v ADB a súčasne aj v oblasti blízkeho poľa, nie je potrebné vykonávať výpočty expozičného pomeru, ale v týchto miestach sa musí vykonať meranie (postupuje sa podľa bodu 7.11).

Postup pri zisťovaní takýchto miest je nasledovný :

- (1) Získajú sa pohľady vo všetkých smeroch na miesto a okolie, kde je umiestnený zdroj EMP (pohľady v horizontálnej rovine, vo vertikálnej rovine, v reze, v smere hlavných vyžarovacích lalokov antén, príp. 3D pohľad)
- (2) Do pohľadov sa zaznamenávajú rozmery ADB v príslušných rovinách.
- (3) Ak sa v daných pohľadoch nachádzajú miesta s možným neobmedzeným pobytom obyvateľov – napr. okolité domy, budovy, ihriská atď., tak sa zaznamenávajú. Pre zjednodušenie výpočtov sa pre každý posudzovaný zdroj zvolia tie miesta vyšetovania, ktoré sa nachádzajú najhlbšie vnútri ADB. Ak sú súčasťou zdroja EMP viaceré sektorové antény, miesta vyšetovania sa určia pre každý sektor osobitne.

Na základe pozorovaní ohľadom inštalácií vysielačov, prostredia ako aj skúseností získaných pri hodnotení expozície EMP, je možné DI zúžiť na jeden bod s maximálnou hodnotou expozície.

Postup pri určení miest vyšetovania je nasledovný:

Na obr. 8 je naznačené vymedzenie hraníc oblasti posudzovania (ADB) v horizontálnej rovine. ADB sa určia v zmysle postupu uvedenom v kap. 7.7.



Obr. 8 – Vymedzenie ADB v okolí zdroja EMP – modré čiary

V oblastiach vymedzenými hranicami ADB sa zvolia možné miesta vyšetovania (MV), pričom pri ich voľbe sa prihliada na tieto kritériá:

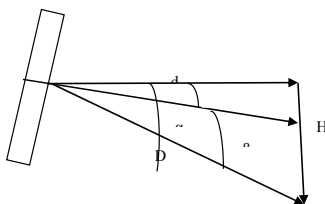
- (1) MV sa nachádzajú v miestach s neobmedzeným prístupom obyvateľov;
- (2) MV má priamu viditeľnosť na anténu zdroj EMP, ktorá vysiela do daného sektoru;
- (3) MV sa nachádzajú na domoch ktorých okná sú smerované na anténu zdroja EMP;
- (4) MV sa nachádzajú čo najbližšie k miestu zdroja EMP;
- (5) MV sa nachádzajú čo najbližšie k oblasti vymedzenej hlavným lalokom antény zdroja EMP vo vertikálnej rovine.

V súlade s postupom uvedeným v kap. 7.7. sa zistí, či vybrané MV sa nachádza vo vertikálnej rovine ADB. K tomu je potrebné zistiť tieto údaje (obr. 9):

- d horizontálna vzdialenosť MV od stredu antény (je možné ju zistiť napr. z mapových podkladov),
- V vertikálna vzdialenosť MV od stredu antény (je možné ju zistiť napr. z 3D mapy alebo z vyšetrenia reálneho stavu priamo na MV)

Zistenie či sa nachádza MV v rámci ADB vo V rovine sa môže vykonať dvomi spôsobmi.

1. Ak nie je k dispozícii je smerový vyžarovací diagram antény, zistí sa vertikálna vzdialenosť MV od stredu vysielačnej antény. Ak táto vzdialenosť je menšia alebo rovná rozmeru ADB vo vertikálnom smere (H_b), MV sa nachádza v ADB.



Obr. 9 – Zobrazenie rozmerov potrebných na posúdenie polohy MV

2. Pomocou smerového diagramu vo vertikálnej rovine sa zistí uhol β , ktorý zodpovedá potlačeniu vyžarovania o 6 dB. K nemu sa pripočíta uhol celkového náklonu antény (elektrického + mechanického) γ . Zistí sa vertikálny rozmer ADB (H_b) v mieste horizontálnej vzdialenosti MV od antény d podľa vzorca:

$$H_b = d \cdot \tan \alpha \quad (17)$$

kde

$$\alpha = \gamma + \beta \quad (18)$$

Ak vertikálna vzdialenosť MV od stredu vysielačnej antény V je menšia alebo rovná H_b , MV sa nachádza v rámci ADB. Ak táto vzdialenosť je väčšia ako H_b , MV sa nenachádza v ADB, a preto sa v tomto mieste nemusí vykonávať výpočet ani meranie expozície obyvateľov, nakoľko v MV sú splnené požiadavky vyhlášky.

7.9 Určenie relevantných zdrojov

7.9.1 Podmienky relevantnosti

Relevantnosť zdroja EMP je definovaná podmienkami, pri splnení ktorých sa zdroj EMP môže považovať za relevantný pre určenie celkového pomeru expozície obyvateľstva EMP.

Zdroj EMP sa považuje za relevantný, ak pracuje vo frekvenčnom pásme 100 kHz – 40 GHz a jeho expozičný pomer ER v mieste vyšetovania je väčší ako 0,05.

Určenie relevantnosti zdroja je podmienkou na vykonanie týchto činností:

- Zistenie oblasti, mimo ktorej nie je potrebné uvažovať s príspevkom od tohto zdroja k celkovému expozičnému pomeru TER.
- Overenie, či expozičný pomer z iných individuálnych zdrojov EMP je relevantný a či je potrebné uvažovať s ním ako prispievateľom k celkovému TER.
- Určenie, či môže byť EMP z posudzovaného zdroja zvýšené vplyvom tohto relevantného zdroja tak, že by sa hranice zhody v okolí posudzovaného zdroja mohli výrazne zväčšiť.

7.9.2 Určenie relevantných zdrojov EMP

Určenie relevantných zdrojov sa vykonáva pomocou výpočtu alebo selektívneho merania.

Relevantným zdrojom EMP môže byť napr.:

- zdroj obsahujúci jednu modulovanú frekvenciu;
- zdroj zložený z viacerých frekvencií, ktorých úrovne sú sumarizované v danom pásme (napr. FM vysielače v pásme 88 – 108 MHz alebo GSM v pásme 925 – 960 MHz);

- kombinovaný zdroj vysielajúci na viacerých pásmach z jednej antény, miesta alebo stožiaru.

Aby bolo možné určiť relevantné zdroje v mieste vyšetrovania, je nutné získať informácie o okolitých zdrojoch EMP. Za týmto účelom je potrebné aplikovať odôvodnené techniky na identifikovanie blízkych zdrojov EMP a získať potrebné údaje na posúdenie expozície EMP od týchto zdrojov. Pritom sa môžu použiť nasledujúce procedúry:

- prístup do národnej databázy vytvorenej autoritou vydávajúcou individuálne povolenia na používanie frekvencií týchto zdrojov;
- vizuálna kontrola okolitých zdrojov EMP – ZS na stožiaroch, strechách, TV a rádiové vysielateľ – antény;
- vyšetrovanie spektra pomocou selektívneho prijímača;
- komunikácia s možnými prevádzkovateľmi okolitých zdrojov EMP.

7.10 Metóda určenia expozičného pomeru výpočtom

7.10.1 Špecifikácia výpočtovej metódy

V tejto časti je popísaná metóda výpočtu, ktorá sa používa pri odhade expozičného pomeru EMP. Výpočet sa musí vykonať pre maximálne výkonové zaťaženie relevantného zdroja EMP.

Táto metóda je určená len pre oblasť vzdialeného poľa. V oblasti blízkeho poľa sa vyhodnocuje expozícia EMP len pomocou merania.

Aby bolo možné použiť vzorce na šírenie elektromagnetického žiarenia vo voľnom priestore ako aj na výpočet intenzity vychádzajúcej z vyžiareného výkonu z antény, musí sa miesto vyšetrovania nachádzať v oblasti vzdialeného poľa. Minimálna vzdialenosť, v ktorej sú podmienky vzdialeného poľa splnené, je závislá od tvaru, rozmeru antény a od pracovnej frekvencie zdroja EMP. Táto vzdialenosť D sa vypočíta podľa vzorca (8).

Intenzita poľa sa v tomto mieste vypočíta podľa vzorca:

$$E = \frac{\sqrt{30 \cdot P \cdot G_i}}{D} \quad (19)$$

kde

P výkon dodávaný do antény

G_i zisk antény vztiahnutý voči izotropnému žiaru

7.10.2 Výpočet intenzity poľa

Výpočet intenzity poľa sa vykonáva v tých MV, ktoré sa nachádzajú v rámci ADB. Intenzita poľa na pracovnej frekvencii jedného zdroja EMP (pre jedno frekvenčné pásmo) pre oblasť vzdialeného poľa sa vypočíta podľa vzťahu:

$$E_f = \frac{\sqrt{30 \cdot P_f \cdot G_{if}}}{D_{MV}} \quad (20)$$

kde

P_f výkon signálu s pracovnou frekvenciou dodávaný do antény

D_{MV} reálna vzdialenosť MV od stredu antény, ktorá sa vypočíta podľa vzťahu:

$$D_{MV} = \frac{d}{\cos \alpha} \quad (21)$$

kde

$$\alpha = \arctg \frac{H}{d} \quad (22)$$

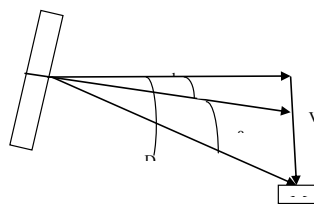
G_{if} zisk antény vztiahnutý voči izotropnému žiaru pre pracovnú frekvenciu v uhle β vo vertikálnej rovine smerovej charakteristiky antény (obr. 10), kde

$$\beta = \alpha - \gamma \quad (23)$$

pričom

γ náklon antény (tilt).

V prípade, že nie je k dispozícii smerová charakteristika antény, aplikuje sa maximálny zisk antény.



Obr. 10 – Zobrazenie rozmerov potrebných na výpočet expozície EMP

Ak je anténa určená pre viac frekvenčných pásiem, alebo v smere MV vyžarujú viaceré antény posudzovaného

zdroja EMP, celková intenzita poľa sa vypočíta podľa vzťahu:

$$E_{SUM} = \sqrt{\sum_i E_{f_i}^2} \quad (24)$$

Expozičný pomer sa počíta pre každé frekvenčné pásmo samostatne, pretože akčná hodnota sa mení podľa frekvencie v pásme 400 MHz – 2 GHz. Expozičný pomer pre jedno frekvenčné pásmo sa vypočíta podľa vzťahu:

$$ER_f = \left(\frac{E_f}{E_{f_{akčné}}} \right)^2 \quad (25)$$

kde

$E_{f_{akčné}}$ akčná hodnota intenzity poľa pre dané frekvenčné pásmo stanovená vo vyhláske

Celkový expozičný pomer TER sa vypočíta:

$$TER = \sum_i ER_{f_i} \quad (26)$$

kde

f_i predstavuje jednotlivé frekvenčné pásma, na ktorých je vysielaný vf signál do daného sektoru – v smere, kde sa nachádza MV

V prípade zdrojov EMP, ktoré vysielajú v pásme nad 2 GHz alebo pod 400 MHz sa celkový expozičný pomer môže vypočítať zo sumárnej intenzity poľa E_{SUM} podľa vzťahu:

$$TER = \left(\frac{E_{SUM}}{E_{SUM_{akčné}}} \right)^2 \quad (27)$$

kde

$E_{SUM_{akčné}}$ akčná hodnota intenzity poľa pre pásmo nad 2 GHz alebo pod 400 MHz stanovená vo vyhláske

7.11 Posudzovanie expozičného pomeru meraním

7.11.1 Všeobecne

Na posúdenie expozície obyvateľstva EMP pomocou merania intenzity vf poľa (RF field strength) môžu byť použité frekvenčne selektívne alebo širokopásmové meracie zariadenia. Meracie systémy a systémy na spracovanie nameraných dát musia prinajmenšom pokrývať frekvenčný rozsah od 100 kHz do 6 GHz, ktorý sa môže v prípade požiadavky rozšíriť až do 300 GHz. Voľba a použitie meracích prístrojov musí byť v súlade s EN 62232 čl. B.3.1.2.

7.11.2 Určenie celkového expozičného pomeru

Celková úroveň expozície (celkový expozičný pomer) sa vypočíta ako suma jednotlivých expozičných pomerov. Výpočet zahŕňa extrapolovanú úroveň intenzity poľa E_i v každom pásme využívanom posudzovaným zdrojom EMP a okolitými relevantnými zdrojmi. Ak celkové vyhodnotenie expozície udáva maximálnu intenzitu poľa v miestach vyšetrovania (MV), potom sa uplatňuje vzorec:

$$TER = \sum_{i=1}^N ER_i \quad (28)$$

kde

ER_i expozičný pomer pre pásmo f_i .

7.11.3 Širokopásmové meranie TER

Širokopásmové meranie TER pozostáva z merania celkovej intenzity poľa v celom frekvenčnom rozsahu posudzovaného zdroja EMP a iných relevantných zdrojov. Pre tento typ merania sú vhodné širokopásmové meracie zariadenia. Frekvenčne selektívne zariadenia sa môžu použiť za predpokladu, že intenzita poľa je integrovaná na celej šírke pásma.

Pri určovaní celkovej expozície sa merania musia vykonávať v súlade s EN 62232 čl. B.3.1.2.5 za účelom zistenia miest s najvyšším TER.

Ak je maximálna nameraná hodnota TER vo všetkých miestach vyšetrovania nižšia ako 0,05, inštalácia zdroja EMP je bez ďalšieho skúmania posúdená ako vyhovujúca. Ak meracie zariadenie nemá tvarovanú frekvenčnú odozvu, na výpočet TER sa použijú najnižšie akčné hodnoty intenzity elektrického poľa alebo hustoty žiarivého toku vo frekvenčnom rozsahu, ktorý používa posudzovaný zdroj EMP.

7.11.4 Selektívne meranie TER

Selektívne meranie TER sa vykonáva v prípadoch, keď je potrebné zistiť príspevky od jednotlivých zdrojov k celkovej expozícii EMP v mieste vyšetrovania.

Selektívne meranie TER sa vykoná v miestach s najvyššími hodnotami TER zistených pri širokopásmovom meraní TER. Vykonáva sa tak, aby sa získal konzervatívny odhad TER pri maximálnom výkone posudzovaného zdroja EMP. Pri selektívnom meraní sa použije selektívny prijímač – spektrálny analyzátor. Existujú dva spôsoby merania:

- Spektrálny analyzátor nemá funkcionality na meranie signálov s digitálnou moduláciou
- Spektrálny analyzátor má funkcionality na meranie signálov s digitálnou moduláciou

7.11.4.1 Selektívne meranie s prístrojom bez funkcionality merania signálov s digitálnou moduláciou Selektívne meranie signálov GSM 900 MHz a GSM 1800 MHz a TETRA resp. TETRAPOL

V prípade systému GSM 900 MHz a GSM 1800 MHz sa meranie vykoná na kanáli BCCH a v prípade systému TETRA a TETRAPOL na kanály MCCH. Tieto kanály majú v každom sektore inú frekvenciu. Ich úroveň a frekvencia sa v rámci sektora nemení. V každom časovom slotu je vysielaný s maximálnym výkonom. Prijímaná úroveň sa meria v nastavení „MAX hold“, pri ktorom sa zaznamená najvyššia nameraná úroveň. RBW na spektrálnom analyzátoze sa nastaví v závislosti od možností použitého meracieho prístroja v rozmedzí 200 – 300 kHz pre GSM a 30 kHz pre TETRA a TETRAPOL. Marker sa nastaví na maximálnu zobrazenú úroveň. Stredná frekvencia na spektrálnom analyzátoze sa nastaví na strednú frekvenciu kanála BCCH. SPAN – zobrazená šírka frekvenčného pásma – sa nastaví na 500 kHz resp. 100 kHz. Aby mohla byť priamo meraná intenzita poľa, musí sa do spektrálneho analyzátoza zaviesť posuv úrovne pomocou offsetu, pre ktorý platí vzťah:

$$\text{Offset} \left(\frac{\text{dB}}{\text{m}} \right) = K \left(\frac{\text{dB}}{\text{m}} \right) + A_k (\text{dB}) \quad (29)$$

kde

$K \left(\frac{\text{dB}}{\text{m}} \right)$

anténový faktor meracej antény platný pre frekvenciu meraného kanála BCCH

$A_k (\text{dB})$

tlmenie kábla medzi anténou a spektrálnym analyzátozom na meranej frekvencii

Maximálna intenzita poľa E_{max} sa získa podľa vzorca:

$$E_{\text{max}} = E_{\text{nam}} \cdot \sqrt{n} \quad (30)$$

kde

n

maximálny možný počet vysielaných kanálov (TRX) v danom sektore.

Pásmo GSM sa po stránke expozičného pomeru posudzuje ako jedno frekvenčné pásmo.

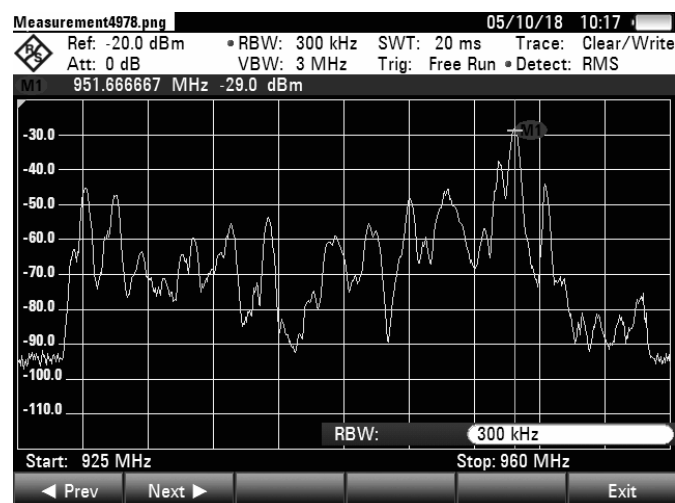
Na výpočet TER je potrebné poznať maximálny počet kanálov, ktoré sa môžu používať v danom sektore. Túto informáciu by mal dodať prevádzkovateľ ZS. V prípade, že táto informácia nie je k dispozícii, uvažuje sa so štyrmi kanálmi.

Príklad selektívneho merania signálov GSM

Na obr. 11 je zobrazené meranie intenzity poľa v kanáli pomocou markera. Keďže nastavená hodnota RBW je väčšia ako šírka kanála, marker ukazuje priamo intenzitu poľa v danom kanáli (K-faktor meracej antény bol priamo vložený do spektrálneho analyzátoza ako posuv úrovne – offset (Transducer)).

Na spektrálnom analyzátoze sa zobrazí celé pásmo, v ktorom vysielajú ZS. Napr. pre systém GSM 900 MHz sa nastaví frekvenčný rozsah od 925 MHz do 960 MHz.

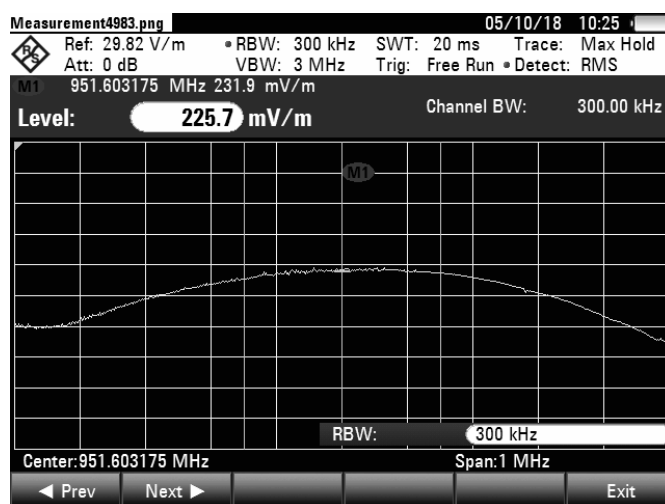
Meranie sa vykonáva na kanáloch, ktorých úroveň je do 10 dB pod úrovňou najsilnejšieho kanála.



Obr. 11 – Meranie intenzity poľa pomocou markera

Na obr. 12 je zobrazené meranie intenzity poľa v tom istom kanáli pomocou funkcionality merania výkonu integráciou zobrazených úrovní v danom frekvenčnom pásme (kanáli).

Z porovnania nameraných hodnôt intenzít EMP je zrejmé, že obidvomi spôsobmi sa dosiahli zhodné výsledky.



Obr. 12 – Meranie intenzity poľa pomocou priameho merania výkonu v kanáli

Selektívne meranie signálov UMTS

V prípade systému UMTS sa vykonáva meranie výkonu vo frekvenčnom kanáli. Ak spektrálny analyzátor nemá funkcionality merania výkonu v definovanom frekvenčnom pásme, tak sa meranie vykoná v móde „MAX hold“ s maximálnou hodnotou RBW, akú je možné na spektrálnom analyzátore nastaviť. Marker sa nastaví na stred meraného kanála. Celková úroveň výkonu v kanáli sa získa zo vzorca:

$$P_{\text{celk}}(\text{dBm}) = P_{\text{RBW}}(\text{dBm}) + 10 \log \frac{\text{OBW}}{\text{RBW}} \quad (31)$$

kde

OBW šírka frekvenčného pásma zabraná vysielaním jedného kanála

P_{RBW} nameraná úroveň na markeri pri nastavenej šírke medzifrekvenčného filtra RBW

Úroveň napätia meraného signálu na vstupe spektrálneho analyzátoru so vstupnou impedanciou 50Ω sa vypočíta podľa vzťahu:

$$U_{\text{celk}}(\text{dB}\mu\text{V}) = 107 + P_{\text{celk}}(\text{dBm}) \quad (32)$$

Hodnotu intenzity poľa dostaneme:

$$E_{\text{UMTS}} \left(\frac{\text{dB}\mu\text{V}}{\text{m}} \right) = U_{\text{celk}}(\text{dB}\mu\text{V}) + \text{Offset} \left(\frac{\text{dB}}{\text{m}} \right) \quad (33)$$

Meranie sa opakuje na každom vysielanom kanáli v pásme UMTS, pričom expozičný pomer sa vyhodnocuje pre každý kanál samostatne.

Hodnoty namerané týmto spôsobom sú značne nadhodnotené, avšak dávajú záruku, že ak TER bude menší ako 1, v každom prípade je zabezpečené, že nie sú prekročené akčné hodnoty podľa vyhlášky.

Celkový expozičný pomer TER sa vypočíta podľa vzorca:

$$\text{TER} = \sum_{i=1}^N \text{ER}_i \quad (34)$$

kde

ER_i jednotlivé expozičné pomery získané z nameraných intenzít EMP:

$$\text{ER}_i = \left(\frac{E_i}{E_{i_{\text{akčné}}}} \right)^2 \quad (35)$$

kde

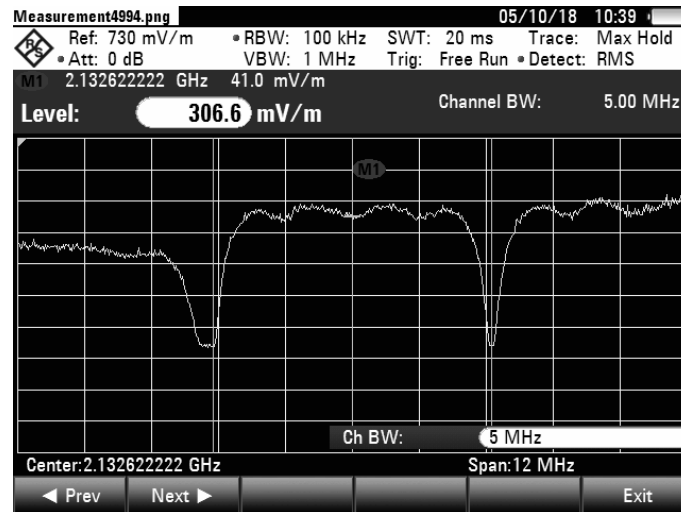
E_i nameraná intenzita poľa vo frekvenčnom kanáli (pásme)

$E_{i_{\text{akčné}}}$ akčná hodnota platná podľa vyhlášky pre dané frekvenčné pásmo alebo kanál. V prípade, že v tomto frekvenčnom pásme má premenlivú hodnotu, uvažuje sa s akčnou hodnotou pre strednú frekvenciu frekvenčného pásma, resp. kanála.

Príklad selektívneho merania signálov UMTS

Meranie signálu UMTS je možné vykonať pomocou funkcionality integrácie výkonu vo frekvenčnom pásme rovnému šírke pásma kanála UMTS, t. j. 5 MHz. Meranie je možné vykonať aj pomocou markera (podľa vzorca (29)), avšak tento výsledok môže byť značne podhodnotený alebo nadhodnotený, v závislosti od zvlnenia

v kanáli. Na obr. 13 sú zobrazené príklady obidvoch spôsobov merania.



Obr. 13 – Meranie intenzity poľa v kanáli UMTS pomocou priameho merania výkonu i pomocou markera

Selektívne meranie signálov LTE

Meranie maximálneho výkonu v kanáli LTE je založené na meraní výkonu referenčného signálu. Pomocou spektrálneho analyzátoru, ktorý nemá funkcionality na meranie a dekódovanie LTE, nie je možné tento výkon zmerať. Je však možné merať výkon v kanáli PBCH. Meraný špičkový výkon PBCH odpovedá výkonu prijímaného signálu PBCH integrovaného cez šesť zdrojových blokov RB (t. j. 72 subnosných).

Meranie intenzity poľa v kanáli PBCH sa vykonáva tak, že spektrálny analyzátor sa nastaví do módu “Zero Span” s RBW = 1 MHz. Čas rozmietania (“Sweep time”) sa nastaví na automatický. Meria sa v móde zaznamenávania “MAX Hold” po dobu 20 s. Potom sa marker nastaví na maximálnu zobrazenú hodnotu, ktorá odpovedá úrovni intenzity poľa v kanáli PBCH.

Z tejto úrovne pomocou extrapoláčného faktoru je možné vypočítať celkovú intenzitu poľa LTE signálu podľa vzorca:

$$E_{\max} \left(\frac{\mu V}{m} \right) = E_{PBCH} \left(\frac{\mu V}{m} \right) \cdot \sqrt{N_{PBCH}} \quad (36)$$

alebo:

$$E_{\max} \left(\frac{dB \mu V}{m} \right) = E_{PBCH} \left(\frac{dB \mu V}{m} \right) + 10 \log N_{PBCH} \quad (37)$$

kde

E_{PBCH} nameraná úroveň intenzity poľa v kanáli PBCH

E_{\max} celková intenzita poľa signálu LTE

N_{PBCH} extrapoláčny faktor pre kanál PBCH, ktorý vyjadruje pomer maximálneho výkonu k výkonu odpovedajúceho PBCH v rámci šiestich RB. Vypočíta sa podľa vzťahu:

$$N_{PBCH} = \frac{N_{RS}}{72} \quad (38)$$

kde

N_{RS} počet subnosných pre použitú šírku pásma (tabuľka 2)

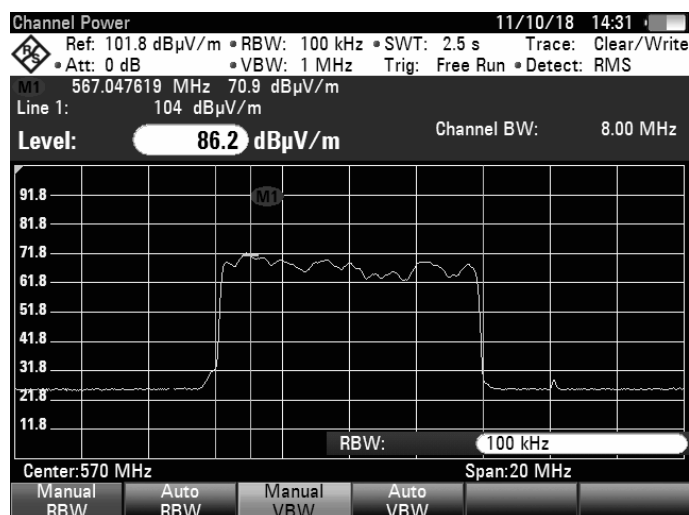
Tabuľka 2 – Hodnoty extrapoláčného faktora pre rôzne šírky pásma LTE

Šírka kanála (MHz)	Počet zdrojových blokov	Vysielaná šírka pásma (MHz)	Počet subnosných N_{RS}	Extrapoláčny faktor N_{PBCH}
1,4	6	1,08	72	1
3	15	2,7	180	2,5
5	25	4,5	300	4,167
10	50	9,0	600	8,333
15	75	13,5	900	12,5
20	100	18,0	1200	16,667

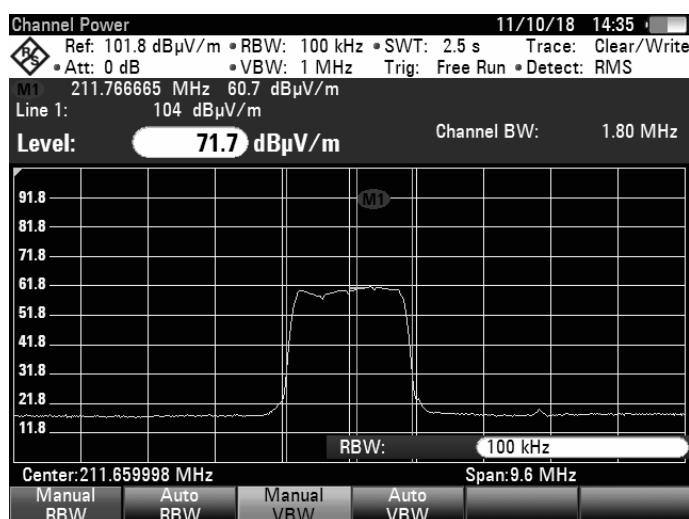
Selektívne meranie signálov DVB-T/-T2 a T-DAB

Systém DVB-T, resp. DVB-T2 sa používa na vysielanie TV signálov. Na Slovensku sa toto vysielanie realizuje v pásme 174 – 235 MHz so šírkou frekvenčného kanála 7,5 MHz a v pásme 470 – 790 MHz so šírkou 8 MHz. Pritom sa používajú digitálne modulácie QPSK, 16-QAM, 64-QAM a 256-QAM, pomocou ktorých sú modulované nosné frekvencie, ktorých je v kanáli niekoľko tisíc. Nosné frekvencie prenášajú čiastkové digitálne informácie, ktoré sa skladajú v prijímači. Na rozdiel od signálov LTE sa v systéme DVB-T/-T2 všetky nosné frekvencie vysielajú súčasne a s rovnakým výstupným výkonom.

V prípade signálov systému T-DAB je to podobné, avšak šírka kanála je 1,5 MHz. Z tejto skutočnosti vyplýva aj spôsob merania výstupného výkonu a z toho pomocou K-faktora prijímacej antény aj určenie intenzity poľa v mieste vyšetovania. Príklady merania intenzity poľa z vysielateľov DVB-T a T-DAB pomocou spektrálneho analyzátoru sú zobrazené na obr. 14 resp. obr. 15.



Obr. 14 – Meranie intenzity poľa v kanáli DVB-T



Obr. 15 – Meranie intenzity poľa v kanáli T-DAB

Selektívne meranie signálov FM

Signály FM sa nachádzajú vo frekvenčnom pásme 87,5 – 108 MHz. Ich zdrojmi sú vysielateľe šíriace audio informáciu pomocou nosných frekvencií modulovaných spojitou analógovou moduláciou, ktorá je založená na princípe frekvenčného rozmietania nosnej. Frekvencia rozmietania odpovedá modulačnej frekvencii audio signálu. V každom vysielacom kanáli, ktorého šírka je 150 kHz, sa nachádza jedna modulovaná nosná frekvencia. Keďže vysielaný výkon je časovo nemenný, meranie je možné vykonať dvomi spôsobmi (obr. 16):

1. Meranie úrovne na jednotlivých nosných frekvenciách. RBW filter spektrálneho analyzátoru sa nastaví na hodnotu 200 kHz. Marker sa umiestni na strednú frekvenciu meraného FM kanála. Hodnota úrovne v mieste markera predstavuje skutočnú úroveň intenzity poľa od daného kanála. Pre zistenie intenzity poľa z celého pásma FM je potrebné takýmto spôsobom zmerať úroveň intenzity poľa od všetkých kanálov, ktorých

hodnota úrovne je oproti úrovni od najsilnejšieho vysielateľa FM nižšia o menej ako 10 dB a všetky takto zmerané úrovne výkonovo sčítať podľa vzorca:

$$E_{\text{celk}} \left(\frac{\mu\text{V}}{\text{m}} \right) = \sqrt{\sum_{i=1}^n E_i^2 \left(\frac{\mu\text{V}}{\text{m}} \right)} \quad (39)$$

kde

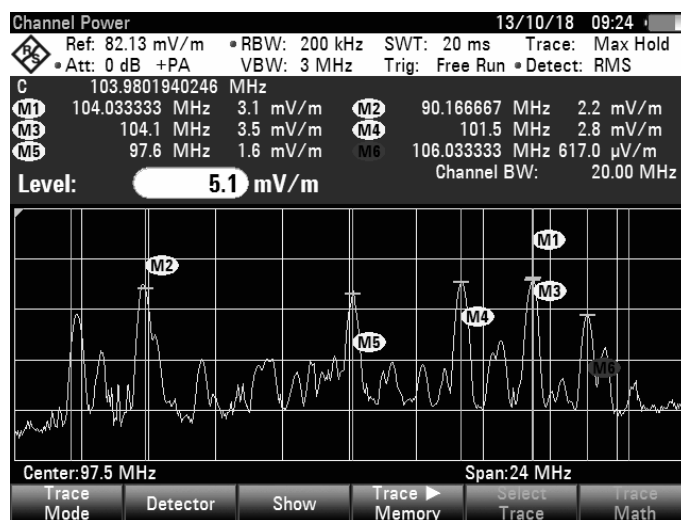
E_i hodnoty intenzít EMP od jednotlivých vysielateľov

E_{celk} celková hodnota intenzity poľa v meranom pásme FM

2. Meranie intenzity poľa v celom frekvenčnom pásme FM pomocou funkcionality integrácie úrovne v danom frekvenčnom pásme.

Selektívne meranie signálov WiFi

Zdroje signálov WiFi pracujú vo frekvenčných pásmach na základe všeobecného povolenia, ktoré stanovuje obmedzenie maximálneho vyžiareného výkonu na 100 mW v pásme 2,4 - 2,4835 GHz, resp. na 1 W v pásme 5,45 - 5,76 GHz. V súlade s podmienkou relevantnosti zdroja uvedenou v kap. 7.4 tieto zdroje nepatria medzi relevantné zdroje z pohľadu posudzovania expozície obyvateľov.



Obr. 16 – Meranie intenzity poľa v pásme FM

7.11.4.2 Selektívne meranie s prístrojom s funkcionalitou merania signálov s digitálnou moduláciou

V prípade, že spektrálny analyzátor má funkcionalitu na meranie signálov s digitálnou moduláciou, tak sa pomocou jej využitia vykoná meranie pre každý kanál samostatne.

Selektívne meranie signálov LTE pomocou dekodéru

Pri tomto meraní sa pre určenie celkového výkonu v kanáli LTE využije hodnota výkonu referenčného signálu RS (obr. 17). Ak sa použije pre vysielanie konfigurácia MIMO, RS sa hodnotí pre každý anténový port pre každý vysielateľ pripojený do antény samostatne.

Maximálna intenzita poľa sa vypočíta pomocou vzťahu:

$$E_{\text{max}} \left(\frac{\mu\text{V}}{\text{m}} \right) = E_{\text{RS}} \left(\frac{\mu\text{V}}{\text{m}} \right) \cdot \sqrt{N_{\text{RS}}} \quad (40)$$

kde

E_{RS} hodnota intenzity poľa referenčného signálu RS

E_{max} maximálna intenzita poľa

N_{RS} extrapoláčny faktor pre signál RS, ktorý predstavuje pomer maximálneho vysielaného výkonu k výkonu odpovedajúceho signálu RS. Hodnoty extrapoláčnych faktorov N_{RS} sú uvedené v tabuľke 2.

Measurement4989.png		LTE-FDD BTS		05/10/18 10:34	
Center:	796 MHz	Ref Level:	129.5 dBµV/m	Sweep:	Cont
Channel:	---	Ref Offset:	0.0 dB	Cell [Grp/ID]:	Auto
Band:	---	Att:	0.0 dB	Cyclic Prefix:	Auto
Transd:	mobilne siete	Preamp:	Off	Antenna:	M 2x2 / OTA
Ch BW:	10 MHz (50 RB)			Subframes:	1
Global Results			SYNC OK		
RF Channel Power:	114.49 dBµV/m	Cell Identity [Grp/ID]:	57 [19/0]		
Overall EVM:	9.83 %	Cyclic Prefix:	Normal		
Carrier Freq Error:	164.41 Hz	Traffic Activity:	46.35 %		
Sync Signal Power:	86.16 dBµV/m	SINR:	15.60 dB		
OSTP:	114.69 dBµV/m	RSSI:	114.92 dBµV/m		
RSRP:	84.85 dBµV/m	RSRQ:	-13.08 dB		
Reference Signal Overview					
Antenna:	Power:	EVM:	Time Alignment Error to Antenna 1:		
1	84.30 dBµV/m	11.03 %	0.00 s		
2	85.41 dBµV/m	8.46 %	237.02 ps		
◀ Prev		Next ▶		Exit	

Intenzita
signálu RS

Obr. 17 – Meranie intenzity poľa signálu LTE pomocou referenčného signálu RS

7.12 Požiadavky na meracie systémy

7.12.1 Širokopásmové systémy

Zariadenia určené pre širokopásmové merania intenzity elektrického alebo magnetického poľa sa skladajú zo širokopásmovej sondy a analyzátora. Odporúča sa použiť sondu na meranie elektrického poľa, ktorá je zložená z troch dipólov s detekčnou diódou. Tieto dipóly sú umiestnené tak, aby boli na seba kolmé a snímali pole v troch na seba kolmých rovinách (X,Y,Z), čím sa získa izotropná charakteristika sondy. Ak sonda obsahuje len jeden dipól, resp. meranie vykonáva len v jednej rovine priestoru, meranie sa musí vykonať vo všetkých troch na seba kolmých rovinách a výsledky sa musia výkonovo sčítať. Analyzátor meria napätie na jednotlivých diódach a výkonovo ich sčíta. Širokopásmová sonda má nízku citlivosť, avšak meranie pomocou nej je rýchle. Nie je však možné zistiť príspevky k celkovej intenzite poľa podľa frekvencie. Z tohto dôvodu je použitie širokopásmovej sondy obmedzené na prípady, kedy je potrebné vykonať celkové hodnotenie expozície ako aj nájsť miesto s najvyššou intenzitou poľa. Frekvenčný rozsah, na ktorý by mala byť sonda kalibrovaná, je minimálne 3 MHz – 18 GHz (toto pásmo môže byť pokryté aj viacerými sondami). Pod 3 MHz sa používa sonda, ktorá meria magnetické pole.

Ďalšie požiadavky na širokopásmové meracie systémy sú zhrnuté v tabuľke 3.

Tabuľka 3 – Požiadavky na širokopásmové meracie systémy

Merané frekvencie	AFCH	Minimálna detekčná hranica	Dynamický rozsah	Linearita	Izotropia
<900 MHz a >3 GHz	±3 dB	1 V/m	≥40	±1,5 dB	<2,5 dB pre celý merací systém
900 – 3000MHz	±1,5 dB	3 mA/m			

Lokalizácia bodu s maximálnou expozíciou

Expozícia vysokofrekvenčným EMP v mieste vyšetrovania, napr. na streche, v byte a iných miestach priestorovo kolíše vplyvom odrazov, tieniacich prekážok a smerových charakteristík vysielacích antén. Najväčšie kolísanie je možné zdetegovať v tesnej blízkosti vysielacích antén – hlavne v ich oblasti blízkeho poľa. Maximálna úroveň expozície na mieste vyšetrovania, napr. na streche domu, sa určí postupným posúvaním širokopásmovej sondy v smere hlavného laloku od antény až po koniec strechy. Je dôležité, aby sonda zahŕňala frekvenčné pásmo, v ktorom pracujú všetky relevantné zdroje EMP. V oblasti blízkeho poľa sa intenzita poľa mení aj v priestore. Aby sa zachytili zmeny čo najvernejšie a celková celotelová expozícia človeka sa zmerala čo najpresnejšie, používa sa tzv. priestorové priemerovanie. V mieste s najvyššou nameranou intenzitou poľa sa zmeria intenzita v troch výškach nad povrchom: 110 cm, 150 cm a 170 cm. Priemerná hodnota intenzity poľa sa spočíta podľa vzorca:

$$E_{\text{averaged}} = \sqrt{E_{\hat{H}_1}^2 + E_{\hat{H}_2}^2 + E_{\hat{H}_3}^2} \quad (41)$$

kde

$E_{\hat{H}_1}$ ($\frac{\mu V}{m}$) hodnota intenzity poľa nameraná vo výške $H1 = 110 \text{ cm}$

- $E_{\text{H2}} \left(\frac{\mu\text{V}}{\text{m}} \right)$ hodnota intenzity poľa nameraná vo výške **H2 = 150 cm**
 $E_{\text{H3}} \left(\frac{\mu\text{V}}{\text{m}} \right)$ hodnota intenzity poľa nameraná vo výške **H3 = 170 cm**
 $E_{\text{averaged}} \left(\frac{\mu\text{V}}{\text{m}} \right)$ priemerná hodnota intenzity poľa

7.12.2 Selektívne meracie systémy

Selektívny merací systém sa skladá z meracej antény kalibrovannej pre určité frekvenčné pásmo, selektívneho prijímača – spektrálneho analyzátora, prepojovacieho kábla a nevodivého stojana na držanie antény.

Spektrálny analyzátor – prijímač by mal byť schopný merať signály minimálne v pásme 150 kHz – 6 GHz.

Meracia anténa môže byť všesmerová alebo smerová. Smerová anténa je vhodná len pre miesta, kde nie sú blízke odrazové plochy. Všesmerová anténa je vhodnejšia a je uplatniteľná aj v miestach, kde nie je identifikovaný priamy smer šírenia signálu, t. j. kde je veľa odrazových plôch, napr. vo vnútorných priestoroch. Aj v týchto priestoroch je možné použiť smerové antény, ale v tomto prípade je potrebné použiť metódu rozmietania.

Metóda rozmietania spočíva v tom, že anténa sa umiestni na otočný stojan alebo sa drží v ruke pomocou držiaka. Spektrálny analyzátor sa nastaví na meranie RMS hodnoty v móde “MAX Hold”. Šírka zobrazovaného frekvenčného pásma sa nastaví tak, aby pokrývala celé frekvenčné pásmo meraného systému, napr. pre systém GSM 900 sa šírka zobrazovaného pásma nastaví na 925 – 960 MHz. Rýchlosť rozmietania sa nastaví automaticky vzhľadom na použitú RBW v súlade s postupmi uvedenými v kap. 7.11. Okolité priestory sa postupne monitoruje otáčaním antény do všetkých smerov v oboch polarizáciách. Anténou je potrebné otáčať pomaly a tak, aby sa zaznamenali všetky maximá. Vzdialenosť medzi obsluhou držiaku antény a anténou, ako aj vzdialenosť antény od okolitých prvkov (steny, nábytok atď.) by mala byť minimálne 0,5 m. Maximálna výška antény nad podlahou je aspoň 1,7 m. Výsledkom merania sú maximálne zaznamenané úrovne v danom zobrazovanom frekvenčnom pásme.

Ďalšie požiadavky na selektívne meracie systémy sú uvedené v tabuľke 4.

Tabuľka 4 – Požiadavky na frekvenčne selektívne meracie systémy

Merané frekvencie	AFCH	Minimálna detekčná hranica	Dynamický rozsah	Linearita	Izotropia
<900 MHz a >3 GHz	±3 dB	1 V/m alebo 3 mA/m	≥66	±1,5 dB	< 2,5 dB pre celý merací systém; v prípade použitia smerových antén nie je požadovaná
900 MHz – 3 GHz	AFCH				

8 Neistoty

8.1 Požiadavky na rozšírenú neistotu

Rozšírená neistota merania vykonávaného v riadenom prostredí (laboratórium), napr. pri kalibrácii zariadenia, nesmie prevýšiť 2 dB.

Rozšírená neistota merania na mieste vyšetovania berúca do úvahy vplyv prostredia nesmie prekročiť 4 dB.

8.2 Odhad neistoty

Príspevky každého prvku neistoty sa zaevidujú podľa názvu, rozloženia pravdepodobnosti, činiteľa citlivosti a hodnoty neistoty. Pri zázname neistôt sa môže použiť forma uvedená v norme STN EN 50492 kap. 11.2.

Kombinovaná neistota sa vyhodnotí podľa vzorca:

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^m c_i^2 \cdot u_i^2} \quad (42)$$

kde

c_i váhový činiteľ (činiteľ citlivosti)

u_i štandardná neistota

Rozšírená neistota sa vyhodnotí pre interval spoľahlivosti 95 % podľa vzťahu:

$$u_s = 1,96u_c \quad (43)$$

9 Prezentácia výsledkov

9.1 Všeobecné požiadavky

Výsledky z vyhodnotenia expozície EMP ako aj všetky informácie potrebné pre ich interpretáciu musia byť zaznamenané presne, jasne, jednoznačne a objektívne.

Musia byť zaznamenané všetky informácie potrebné pre vykonanie opätovného hodnotenia, na základe ktorých dosiahnuté výsledky budú v rámci požadovanej kalibrácie a hraníc neistoty.

9.2 Formát a obsah protokolu z objektivizácie

Formát protokolu z objektivizácie musí byť navrhnutý tak, aby bol použiteľný pre hodnotenie expozície EMP a aby sa minimalizovala možnosť chyby a neporozumenia.

Protokol musí obsahovať minimálne tieto informácie:

1. Názov
 2. Meno a adresu laboratória alebo subjektu, ktoré vykonáva hodnotenie
 3. Adresu miesta, kde sa vykonalo meranie alebo miesta, pre ktoré sa vykonal výpočet (ak nie je totožná s adresou laboratória)
 4. Identifikáciu protokolu z objektivizácie (číslo protokolu), identifikáciu každej strany protokolu (že je súčasťou protokolu) a jasnú identifikáciu konca protokolu
 5. Meno a adresu klienta (objednávateľa merania)
 6. Popis objektu hodnotenia
 7. Dátum vykonania hodnotenia
 8. Relevantné podmienky, ktoré majú vplyv na hodnotené údaje
 9. Použité metódy hodnotenia, referenčné dokumenty, ktoré popisujú metódy hodnotenia
 10. Výsledky z hodnotenia, jednotky merania, tabuľky, grafy, závislosť intenzity poľa od frekvencie porovnané s tabuľkou akčných hodnôt expozície obyvateľov pre elektrické, magnetické a elektromagnetické polia
 11. Použité meracie zariadenia
 12. Meracie antény, sondy (ich výška, orientácia, anténový faktor, zisk, typ a frekvenčný rozsah)
 13. Tlmenie prepojovacích káblov, zisky a tlmenia prvkov meracieho systému
 14. Nastavenie vnútorných tmiacich článkov
 15. Frekvencie alebo frekvenčné pásma, na ktorých bolo vykonané meranie
 16. Použité meracie šírky pásma RBW
 17. Použité detektory, dekodéry
 18. Meno, funkcia a podpis osoby, ktorá hodnotenie alebo hodnotenia vykonala
 19. Analýzu neistôt
 20. Názory a interpretáciu výsledkov
- Vzor protokolu z objektivizácie je uvedený v prílohe.

Protokol z objektivizácie

č.:

Objektivizácia expozície obyvateľstva elektromagnetickému poľu v životnom prostredí v zmysle zákona č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov

Názov
posudzovaného zdroja:

Adresa (miesto):

Meral:

Ďalší účastník:

Schválil:

Dátum vydania:

Výtlačok (č./počet):

Obsah

1	Všeobecné údaje	3
	1.1 <u>Upozornenie</u>	3
	1.2 <u>Skúšobné laboratórium</u>	3
	1.3 <u>Žiadateľ</u>	3
	1.4 <u>Dátumy</u>	3
	1.5 <u>Posudzovaný zdroj EMP</u>	3
	1.6 <u>Predmet a účel objektivizácie</u>	3
2	Opis zdrojov elektromagnetického poľa	4
	2.1 <u>Zdroje elektromagnetického poľa</u>	4
	2.2 <u>Ďalšie zdroje elektromagnetického poľa</u>	4
3	Požiadavky na ochranu zdravia	4
4	Určenie oblastí vyšetrovania a miest vyšetrovania, výpočet celkového expozičného pomeru	5
	4.1 <u>Hranice zhody</u>	5
	4.2 <u>Zobrazenie hraníc oblastí posudzovania (ADB) v horizontálnej rovine</u>	5
	4.3 <u>Určenie miest vyšetrovania (MV)</u>	5
	4.4 <u>Výpočet TER v miestach vyšetrovania, ktoré sa nachádzajú v oblasti vzdialeného poľa</u>	5
5	Meranie	6
	5.1 <u>Metóda merania</u>	6
	5.2 <u>Postup merania</u>	6
	5.3 <u>Meracie body</u>	6
	5.4 <u>Podmienky merania</u>	6
	5.4.1 <u>Mikroklimatické podmienky merania</u>	6
	5.4.2 <u>Ďalšie podmienky merania</u>	6
	5.5 <u>Výsledky merania</u>	7
	5.5.1 <u>Širokopásmové meranie</u>	7
	5.5.2 <u>Selektívne meranie</u>	7
	5.6 <u>Rozšírená neistota merania</u>	8
6	Zhodnotenie výsledkov	8
7	Použité meracie prístroje a pomocné zariadenia	8
8	Fotodokumentácia	8

1 Všeobecné údaje**1.1 Upozornenie**

Výsledky uvedené v tomto protokole z objektivizácie sa vzťahujú len na posudzovaný zdroj EMP miesto a miesta vyšetovania uvedené v bodoch 1.5 a 4.3 a platia pre podmienky uvedené v bodoch 2 a 5.

1.2 Skúšobné laboratórium

Názov:

Ulica a č.:

PSC a obec:

Štát:

Telefón:

E-mail:

1.3 Žiadateľ

Názov:

Ulica a č.:

PSC a obec:

Štát:

Telefón:

E-mail:

1.4 Dátumy

Dátum prijatia objednávky:

Dátum a čas merania:

1.5 Posudzovaný zdroj EMP

Názov (označenie):

Adresa (miesto):

Zemepisné súradnice

1.6 Predmet a účel objektivizácie

(Uvedie sa predmet a účel objektivizácie s odvolaním sa na príslušné právne predpisy, podľa ktorých sa objektivizácie vykonáva.)

2 Opis zdrojov elektromagnetického poľa**2.1 Zdroje elektromagnetického poľa**

Tabuľka 2.1.1: Parametre zdrojov elektromagnetického poľa

Azimut smerovanie antén (°)	Pracovné pásmo antén - technológia	Náklon – tilt Mech /elek. (°)	Výška spodku antény nad strechou / zemou (m)	Typ antény	Šírka hlavného laloku (°)	Zisk v hlavnom laloku (dBi)	Potlačenie zisku mimo hlavný lalok (dB)	Výška antény (m)

2.2 Ďalšie zdroje elektromagnetického poľa

(Uvedú sa ďalšie možné relevantné zdroje.)

3 Požiadavky na ochranu zdravia

(Uvedú sa platné právne predpisy a limitné hodnoty expozície obyvateľstva elektromagnetickému poľu, príp. odkazy na príslušné časti predpisov, v ktorých sú tieto hodnoty uvedené.)

4 Určenie oblasti vyšetovania a miest vyšetovania, výpočet celkového expozičného pomeru**4.1 Hranice zhody**

Tabuľka 4.1.1: Určenie maximálnej vzdialenosti hranice zhody (kap. 7.6 Metodiky vyhodnocovania expozície obyvateľstva elektromagnetickému poľu – ďalej len „metodika“)

Technológia – frekvenčné pásmo vysielača	Maximálny počet kanálov na sektor	Maximálny výkon do antény v jednom kanáli (W)	Celkový výkon vyžiarený výkon (EIRP) (W)	Akčná hodnota pre dané pásmo (V/m)*	Maximálna vzdialenosť hranice zhody (m)	Vzdialenosť vzdialeného poľa (m) $R=D^2/\lambda$
Celková maximálna vzdialenosť hranice zhody kde D_i sú max. vzdialenosti hraníc zhody pre jednotlivé technológie						

*- v pásme, v ktorom je akčná hodnota premenlivá, počíta sa pre strednú frekvenciu daného pásma

4.2 Zobrazenie hraníc oblasti posudzovania (ADB) v horizontálnej rovine

(Uvedie sa situačné zobrazenie, napr. nákras okolia posudzovaného zdroja EMP s vyznačením hraníc oblasti posudzovania – kap. 7.7 a 7.8 metodiky)

4.3 Určenie miest vyšetovania (MV)

Tabuľka 4.3.1: Identifikácia miest vyšetovania (kap. 7.8 metodiky)

Sektor (azimut) (°)	D_{ADB}	Max. celkový náklon antén v sektore γ (°)	H_b (m)	Výška stredu antén voči MV H (m)	Horizontálna vzdialenosť MV od antény d (m)	Posúdenie MV z pohľadu jeho umiestnenia v ADB/v oblasti vzdialeného poľa	Vertikálny uhol smeru MV od stredu antény α (°)	Vzdialenosť MV od stredu antény D_{MV} (m)

Poznámka: $\alpha = \arctg(H/d)$, $H_b = 5 + D_{ADB} \tan \gamma$

4.4 Výpočet TER v miestach vyšetovania, ktoré sa nachádzajú v oblasti vzdialeného poľa

Tabuľka 4.4.1: Výpočet TER v MV v oblasti vzdialeného poľa (kap. 7.10 metodiky)

Miesto vyšetovania	Anténa	Náklon antény γ (°)	Uhol pozície MV a stredu antény α (°)	Zisk antény v danom uhle β (dBi)	Intenzita poľa od danej antény v MV	ER	TER

5 Meranie

5.1 Metóda merania

Tabuľka 5.1.1: Metóda merania (uvedú sa normatívne dokumenty, podľa ktorých sa meranie vykonáva)

P. č.	Predpis	Názov predpisu

5.2 Postup merania

(Uvedie sa stručný popis postupu merania – kap. 7.11 metodiky.)

5.3 Meracie body

Tabuľka 5.3.1: Opis meracích bodov

Merací bod	Opis meracieho bodu

5.4 Podmienky merania

5.4.1 Mikroklimatické podmienky merania

Tabuľka 5.4.1: Mikroklimatické podmienky merania

Poveternostné podmienky	
Teplota vzduchu [°C]	
Relatívna vlhkosť vzduchu [%]	

5.4.2 Ďalšie podmienky merania

Tabuľka 5.4.2: Ďalšie podmienky merania

Prevádzkové podmienky zdrojov elektromagnetického poľa	
Vzdialenosť osôb od meracej izotropnej sondy a meracej antény [m]	

5.5 Výsledky merania

5.5.1 Širokopásmové meranie

Tabuľka 5.5.1: Meranie meračom elektromagnetického poľa s meracou izotropnou sondou (kap. 7.11.3 metodiky)

Miesto vyšetovania MV	Frekvencia (MHz)	Výška sondy (m)	Meraná hodnota intenzity E (V/m)	Akčná hodnota $E_{akčné}$ (V/m)	Expozičný pomer ER
		1,1			
		1,5			
		1,7			
		priemer			

Poznámka: Za akčnú hodnotu je považovaná najnižšia hodnota v pracovnom frekvenčnom pásme sondy.

5.5.2 Selektívne meranie

Tabuľka 5.5.2: Meranie spektrálnym analyzátorom (kap. 7.11.4 metodiky)

Miesto vyšetovania	Systém	Frekvenčné pásmo	Príslušná akčná úroveň $E_{akčné}$ (V/m)	Výška prijímačej antény nad podlahou (m)	Nameraná hodnota maximálnej intenzity poľa v danom pásme (V/m)	Expozičný pomer	
TER	TDAB	(stredná frekvencia jednotlivých kanálov)		1,1			
				1,5			
				1,7			
	DVBT	(stredná frekvencia jednotlivých kanálov)			Priemer		
					1,1		
					1,5		
	LTE 800	791 – 821 MHz			1,7		
					Priemer		
					1,1		
	GSM 900	925 – 960 MHz			1,5		
					1,7		
					Priemer		
	GSM 1800	1715 – 1800 MHz			1,1		
					1,5		
					1,7		
	UMTS 2100	2110 – 2170 MHz			Priemer		
					1,1		
					1,5		
	LTE 2700	2500 – 2690 MHz			1,7		
					Priemer		
					1,1		

5.6 Rozšírená neistota merania

Tabuľka 5.6.1: Rozšírená neistota merania (kap. 8 metodiky)

P. č.	Meranie	Rozšírená neistota merania [dB]
1	Širokopásmové meranie	
2	Selektívne meranie	

Poznámka: Namerané hodnoty pre selektívnom a širokopásmovom meraní sa zvýšia o príslušné neistoty merania

6 Zhodnotenie výsledkov

(Zhodnotia sa výsledky objektivizácie z pohľadu príslušných právnych predpisov.)

7 Použité meracie prístroje a pomocné zariadenia

Tabuľka 7.1: Meracie prístroje

P. č.	Merací prístroj	Výrobca	Typ	Výrobné číslo	Platnosť kalibrácie

Tabuľka 7.2: Pomocné zariadenia

P. č.	Pomocné zariadenie	Výrobca	Typ	Výrobné číslo

8 Fotodokumentácia

Koniec protokolu z objektivizácie

OZNAMOVACIA ČASŤ

Straty a odcudzenia pečiatok

Ministerstvo zdravotníctva Slovenskej republiky oznamuje, že zdravotníckym zariadeniam boli odcudzené (stratené) pečiatky, ktorých zoznam je uvedený v prílohe tohto oznámenia. Pri zneužití týchto pečiatok na vystavenie lekárskeho predpisu a iných dokumentov, ktoré sú súčasťou zdravotnej dokumentácie, alebo pri falšovaní verejnej listiny touto pečaťou, treba túto skutočnosť okamžite oznámiť policajným orgánom, príslušnému lekárovi samosprávneho kraja a ministerstvu zdravotníctva. Po dátume, ktorý je uvedený ako predpokladaný termín odcudzenia alebo straty, je pečať neplatná.

Príloha k oznámeniu

Zoznam neplatných pečiatok

1. Text pečiatky:

NÚSCH, a.s.	P70249025101
BRATISLAVA	MUDr. Jana Spišiaková anesteziológ
	A79511025 1

Strata pečiatky bola zistená 12. augusta 2019.

2. Text pečiatky:

Univerzitná nemocnica Martin	P38811063202 Doc. MUDr. Ivana Dedinská, PhD. nefrológ
	A75324063 2

Strata pečiatky bola zistená 9. septembra 2019.

VESTNÍK MINISTERSTVA ZDRAVOTNÍCTVA SR

Vydáva Ministerstvo zdravotníctva SR vo V OBZOR, s.r.o., Bratislava. Tlač: V OBZOR, s.r.o.
Objednávky na predplatné, ako aj jednorazové vybavuje V OBZOR, s.r.o., tel.: 02 905 361 251.
Adresa pre písomný styk: V OBZOR, s.r.o, P.O.Box 64, 820 12 Bratislava 212, E-mail: obzor@obzor.sk,
www.obzor.sk