



**Č e s k ý   t e l e k o m u n i k a č n í   ú ř a d**

se sídlem Sokolovská 219, Praha 9

poštovní přihrádka 02, 225 02 Praha 025

## **Zpráva**

# **o výsledcích experimentu pro ověření dopadu provozu sítě LTE 800 MHz na příjem signálů DVB-T**

*březen 2014*

# Obsah

---

1. <b>Úvod</b>	2
2. <b>Organizace experimentu</b>	2
2.1 Výběr lokalit	2
2.2 Technické aspekty experimentálního provozu	3
3. <b>Průběh experimentu</b>	3
3.1. Časový plán experimentu	3
3.2 Požadavky na umístění BTS LTE	4
3.3 Měřené parametry	4
3.4 Základnová stanice LTE	6
4. <b>Výsledky experimentu</b>	6
4.1 Konfigurace přijímacího zařízení	6
4.2 Degradace signálů DVB-T	12
4.3 Posouzení problémů při příjmu kanálu k60	15
4.4 Problematika ochranných opatření	17
5. <b>Analýza výsledků experimentu</b>	19
6. <b>Závěr</b>	20
Příloha A	
<b>Podrobné výsledky experimentu</b>	21
1. Velké Pavlovice	22
2. Louka	34
3. Kratochvilka	56
4. Dvůr Králové nad Labem	84
5. Rtyně v Podkrkonoší	106
6. EMC LTE vs GSM-R	113
Příloha B	
<b>Technické prostředky používané v rámci experimentu</b>	117
1. Anténa	118
2. Analyzátoři spektra	118
3. TV měřicí přijímače	118
4. Set top box	118
5. Měřicí souprava LTE / DVB-T	118
6. Filtry pro potlačení signálu LTE	121
7. Použitá technologie BTS LTE 800 MHz	143

## 1. Úvod

Při přípravě vyhlášení výběrového řízení za účelem udělení práv k využívání rádiových kmitočtů k zajištění veřejné komunikační sítě v pásmech 800 MHz, 1800 MHz a 2600 MHz se odbor státní kontroly elektronických komunikací poměrně podrobně zabýval předpokládanými problémy s rušením příjmu signálů DVB-T signály BTS (eNodeB) LTE v pásmu 800 MHz.

K této problematice sice existují zahraniční analýzy, ale jejich uplatnění v ČR je částečně problematické vzhledem k poněkud specifickým řešením mnohých přijímacích systémů v ČR:

- u mnoha přijímacích systémů se využívá širokopásmových anténních předzesilovačů, umístěných přímo u antény (v anténní krabici). Tyto zesilovače nemají žádné selektivní prvky, mají velmi malou odolnost proti přebuzení silnějším signálem (dochází k tvorbě rušících intermodulačních produktů, blokování a křížové modulaci) a většinou nemají definovány žádné technické parametry. Ve vyspělejších zemích se obdobné zesilovače používají zcela minimálně,
- z „analogové“ éry v mnoha přijímacích systémech zůstávají původní prvky - zesilovače s vysokým ziskem, selektivní prvky (slučovače, odlaďovače), používané při dálkovém příjmu zejména zahraničních stanic, které způsobují degradaci signálů DVB-T.

Z výše uvedených důvodů je prognóza počtu rušených přijímacích systémů s dostatečnou přesností těžko proveditelná.

Jako rozumné řešení pro alespoň trochu kvalifikovaný odhad a získání zkušeností s chováním běžně používaných přijímacích zařízení z hlediska kompatibility systémů DVB-T a LTE 800 MHz se jeví jako výhodné realizovat zkušební provoz BTS systému LTE ve vhodně vybraných lokalitách a na straně příjmu provést potřebná měření pro posouzení možnosti odstranění rušení signálů DVB-T.

Z tohoto důvodu byl v období listopad 2013 - únor 2014 realizován experiment pro ověření dopadu provozu sítě LTE 800 MHz na příjem signálů DVB-T. Experiment zastřešoval Český metrologický institut Praha (zapůjčení BTS, smlouvy pro její umístění, výběry některých lokalit), vlastní montáž BTS a veškerá měření prováděli pracovníci ČTÚ.

## 2. Organizace experimentu

### 2.1 *Výběr lokalit*

Při výběru lokalit, vhodných pro zkušební provoz byla zohledněna následující kritéria:

- umístění BTS LTE bude v zastavěném území,
- směr vyzařování antény BTS bude nastaven tak, aby směřování antén, přijímajících signály DVB-T bylo přes stanoviště BTS LTE,
- experiment bude prováděn v lokalitách s příjmem kanálu k59 nebo k60,
- ve vybraných obcích a lokalitách by neměl být provozován televizní kabelový rozvod, ani výrazně využíván satelitní příjem.

## 2.2 *Technické aspekty experimentálního provozu*

Na straně BTS LTE:

- vyzářený výkon (EIRP) signálu LTE byl nastaven na maximálně povolenou hodnotu 62 dBm/5MHz, tj. 65 dBm/10MHz,
- BTS byla z hlediska dat nastavena na 100% zatížení,
- vzhledem k častému zapínání / vypínání BTS LTE byla zvolena možnost dálkového ovládání BTS přes SMS zprávy. BTS byla provozována v autonomním režimu, takže pomocí SMS byly přepínány koaxiální přepínače, které signály z BTS přepojovaly buď do zátěže, nebo do antény.

Na straně příjmu (šetření stížností, kontrolní měření v měř. voze):

- ruční přístroje (analyzátoři spektra, TV měřicí přijímače, filtry, útlumové články, měřicí anténa) pro měření na rušeném přijímacím systému,
- měřicí vůz (přijímací anténa + alternativně zařazovaný filtr pro signál LTE, alternativně zařazovaný zesilovač u antény, analyzátor spektra, TV měřicí přijímač, standardní set top box). Měření v měřicím voze bylo prováděno vždy před domem podavatele stížnosti, aby bylo možno porovnat rušený přijímací systém s referenčním systémem ve vozidle.

Bližší technické informace jsou uvedeny v Příloze B tohoto dokumentu.

## 3. Průběh experimentu

### 3.1 *Časový průběh experimentálního provozu*

- v předstihu minimálně 10 dní před zahájením testu byl vždy kontaktován zástupce samosprávy obce a bylo dohodnuto opakované informování občanů v obci obvyklým způsobem (místní rozhlas, SMS zprávy, internet) o možnostech rušení TV příjmu a časovém rozvrhu provozu BTS LTE. Občané byli rovněž informováni o tlf. čísle, na které mohou volat v případě rušení,
- ve větších městech (Dvůr Králové n. Labem, Rtyně v Podkrkonoší) kromě výše uvedeného byli občané v oblasti možného rušení informováni o možnosti rušení TV příjmu vhozením letáčku do poštovních schránek,
- na OÚ (MěÚ) byl připraven arch pro záznam stížností na rušení TV (R) příjmu,
- po zahájení vysílání (většinou ve čtvrtek) byla BTS v provozu přes den nepřetržitě, po několika dnech (od pondělí) byl provoz přerušován pro účely měření a šetření,
- v případě masivního rušení (byla dohodnuta zpětná vazba od OÚ) se předpokládalo provozování BTS LTE pouze v době šetření stížností,
- vysílání v dané obci bylo ukončeno až po provedení měření u všech stěžovatelů, většinou po cca 7 dnech.

### 3.2 Požadavky na umístění BTS LTE

Výběr vhodných lokalit byl poměrně náročný - mimo podmínek, uvedených v bodě 2.1, bylo nutno přihlížet k dalším požadavkům.

- možnosti montáže antény na pronajatý stožár,
- možnosti instalace anténního nosiče na vhodnou plochu (střecha, terasa RD apod.),
- napájení BTS,
- zabezpečení celého systému BTS (IT část BTS v automobilu, propojovací kabely, vlastní BTS a anténa).

Provoz BTS byl realizován ve dvou oblastech, a to v oblasti s příjmem kanálu k59 a v oblasti s příjmem kanálu k60 a to v lokalitách:

1. Velké Pavlovice	příjem k59
2. Louka	k59
3. Kratochvilka	k59
4. Dvůr Králové nad Labem	k60
5. Rtyně v Podkrkonoší	k60

### 3.3 Měřené parametry

Parametry signálů, měřené na přijímacích systémech jak u jednotlivých podavatelů stížností, tak i při kontrolních měřeních v měřicím voze byly vybrány z hlediska získání co nejvíce informací pro posouzení místa (v přij. systému) i mechanismu rušení a umožňující další analýzy pro zpřesnění metodických postupů při rutinním šetření tohoto typu rušení.

#### a) Parametry signálu LTE

1. Úroveň  
Úroveň signálu (vztaženo k výkonu signálu v celém pásmu 10 MHz)
2. Spektrum signálu  
Spektru signálu bylo sledováno vzhledem k tomu, že podle charakteru spektra bylo možno orientačně zjistit míru přebuzení aktivních prvků v přijímacím řetězci před místem měření (tvorba im produktů a blokování – blíže v části 4.2.B)

#### b) Parametry signálu DVB-T

1. Úroveň  
Úroveň signálů jednotlivých přijímaných kanálů DVB-T
2. Subjektivní hodnocení kvality signálu DVB-T  
Subjektivní hodnocení kvality příjmu signálů DVB-T bylo prováděno na několika přijímacích (měř. přijímač, STB) podle vyhlášky 163/2008 Sb. ve 3 stupních :  
Q5 – kvalita výborná, nepozorovatelná degradace  
Q3 – kvalita dobrá, mžiková porucha pozorovatelná 1x za 3 minuty  
Q1 – kvalita špatná, časté výpadky, přijímač se nezasynchronizuje

#### 3. Chybovost signálů DVB-T

- CBER - chybovost měřená před dekodérem Viterbi  
VBER - chybovost měřená před dekodérem Reed - Solomon

#### 4. MER

Při měření byla zaznamenána hodnota MER (rms) a zároveň byla sledována závislost MER na nosných signálu OFDM pro možnost identifikace úzkopásmovými signály a při příjmu kanálů k59 a zejména k60 vliv im produktů (ramene) na degradaci signálu DVB-T.

#### 5. Odstup C/N (C/I)

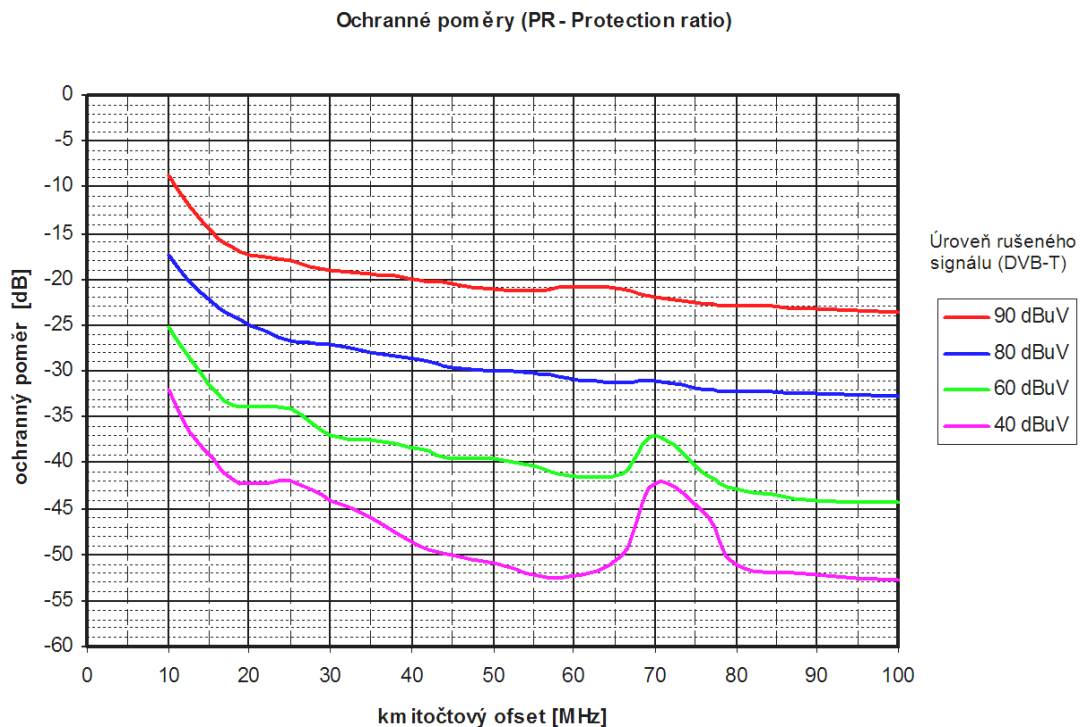
Odstup úrovně šumu nebo rušících signálů od úrovně užitečného signálu byl měřen spíše informativně a jeho zaznamenaná hodnota reprezentuje odstup od rušících signálů v těsné blízkosti užitečného signálu a aproximací úrovně rušících im produktů podle tvaru spektra. Při rušení signálem LTE, kdy se na výstupu aktivních prvků, které jsou rušícím signálem vybudeny do nelinearity, objevuje množství produktů, je přesné, objektivní měření odstupu C/N nemožné bez „vypnutí“ užitečného signálu a měření jeho pozadí.

### c) Další parametry pro posouzení rušení

#### 1. Ochranný poměr (PR – Protection ratio)

Ochranný poměr je rozdílem mezi užitečným a rušícím signálem, což je jeden z klíčových parametrů pro posouzení, zda jsou na vstupu TV přijímače (STB) signály s takovými úrovněmi, které běžný TV přijímač dokáže bez problémů zpracovat. Z této definice je zřejmé, že se jedná o parametr, který je značně ovlivněn statistickou chybou (jeho hodnota je odvozena od měření konečného vzorku přijímačů, výsledky mají rozptyl i více než 10 dB a jeho hodnota se časem zpřesňuje podle dalších výsledků prováděných analýz).

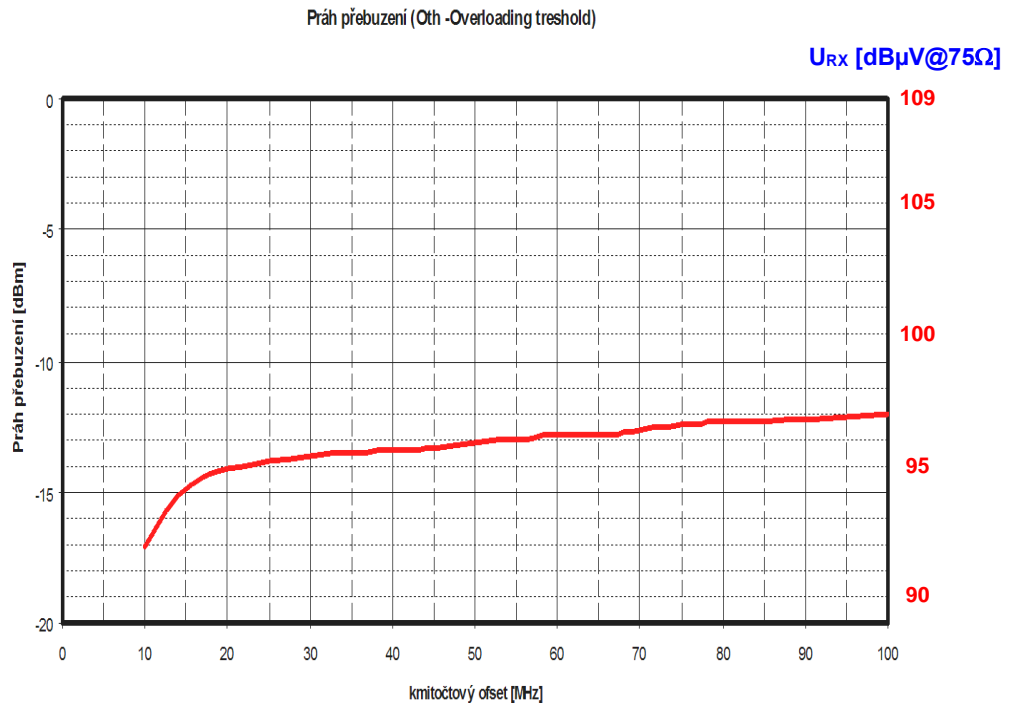
Graf ochranných poměrů, kde parametrem je úroveň užitečného signálu DVB-T je na následujícím obrázku:



(1) Graf 1 – ochranné poměry pro TV přijímače (kmitočtový ofset = rozdíl mezi středem kanálu DVB-T a středem 10 MHz bloku signálu LTE)

## 2. Práh přebuzení (Oth – Overloading threshold)

Práh přebuzení je druhým parametrem (spolu s PR), který posuzuje možnost standardního TV přijímače (STB) zpracovat signály přicházející na jeho vstup. Jedná se o max. hodnotu signálu LTE, kdy ještě nedochází k blokování přenášených signálů DVB-T, tvorbě im produktů a křížové modulaci (superpozice modulace signálu LTE na signály DVB-T). Graf přebuzení je na následujícím obrázku:



(2) Graf 2 – průběh prahu přebuzení v závislosti na kmitočtovém rozdílu mezi středem kanálu DVB-T a středem 10 MHz bloku LTE

## 3. Intenzita elektromagnetického pole

Intenzita elmag. pole signálů LTE i DVB-T byla vždy měřena v měřicím voze při kontrolním měření před domem stěžovatelů. Intenzita signálů DVB-T slouží k posouzení, zda je dané místo pokryto signálem DVB-T s dostatečnou úrovní, intenzita elmag. pole signálu LTE slouží k posouzení intermodulačních vlastností zejména širokopásmových předzesilovačů, umístěných u antény bez známých technických parametrů. Hodnota intenzity elmag. pole signálu LTE bude jedním z parametrů pro posouzení celkové kvality přijímacího zařízení stěžovatele.

### 3.4 Základnová stanice LTE

Jako zdroje rušícího signálu byla využita základnová stanice (BTS, eNodeB) systému LTE 800 MHz (podrobnosti v Příloze B) s vyzářeným výkonem 65 dBm, což je maximum, povolené pro systém LTE s šířkou pásma 10 MHz.

## 4. Výsledky experimentu

Výsledky měření, provedených na přijímacích systémech stěžovatelů i v měřicím voze při šetření rušení příjmu signálů DVB-T signálem BTS LTE jsou uvedeny:

- a) v přehledové tabulce č. 1 (následující stránka)
- b) detailní popis jednotlivých případů v Příloze A

Tabulka 1. Přehled případů šetření rušení

Č.	název	podavatel	vzdálenost	E <sub>LTE</sub>	přijímací systém						ochranná opatření				poznámka	
	lokality	stížnosti	od BTS [m]	[dBμV/m]	PA	AA	ŠZ	KZ	PR	Oth	FS	FM	OK	P		
1	Velké Pavlovice	A. Kurdíkovi	30	124	x	x	x					x	x	1	Měření neumožněno	
		B. Burešovi	52	126	x		x		x	x	x	x	x			
		C. Pláteníkovi	47	123	x		x						x	x	2	
		D. Zlochovi	100	92	x		x							x	1	Měření neumožněno
2	Louka	A. Vašicovi	395	106	x				x				x	3	Chybné směrování ant.	
		B. Krchálkovi	160	121		x	x		x	x	x	x	x	4	Přijem signálů SVK, KZ k25	
		C. Štědronští	460	114	x		x	x	x	x	x	x	x			
		D. Sečkářovi	260	77	x		x			x	x	x	x			
3	Kratochvilka	A. Restaurace	30	127		x			x	x		x	x	2		
		B. Maňákovi	140	124		x			x	x		x	x	2		
		C. Břínkovi	280	117		x			x	x		x	x	2		
		D- Novákoví	290	111									x		Sat příjem (neruší LTE)	
		E. Nedomoví	170	123	x		x		x		x	x	x			
4	Dvůr Králové nad Labem	A. Vítovi	195	123	x				x		x	x	x			
		B. Vaňurovi	135	112	x				x		x		a	5	u k60 Q3 vlivem útl. filtru	
		C. STA K. Světlé	250	119				x					x		bez filtru MER=25 dB (k60)	
5	Rtyně v Podkrkonoší	A. Bašníkoví	135	118		x			x	x		x	x	2		

Legenda

Přijímací systém :

PA - pasivní přijímací anténa  
 AA - aktivní přijímací anténa (předzesilovač u antény, bez možnosti předřadit filtr pro potlačení signálu LTE)  
 ŠZ - širokopásmový zesilovač  
 KZ - kanálový zesilovač  
 PR - ochranný poměr, x = překročení ochranného poměru alespoň u jednoho přijímaného kanálu DVB-T  
 Oth- práh přebuzení, x = překročení prahu přebuzení u TV přijímače (STB)

Ochranná opatření :

FS - filtr pro potlačení signálu LTE zařazen do cesty signálu u podavatele stížnosti  
 FM - filtr pro potlačení signálu LTE zařazen do cesty signálu v měřicím voze  
 OK - příjem je s kvalitou Q5 (mimo pozn. P5), a to po zařazení filtru (FS nebo FM = x), bližší viz poznámky Px  
 P1 - měření na rušeném systému nebylo umožněno, podavatel stížnosti odmítl spolupracovat  
 P2 - širokopásmový předzesilovač byl umístěn v ant. krabici, nepřístupný, nebylo možno předřadit filtr; FM = x značí, že při použití filtru před předzesilovačem v měř. voze byla kvalita příjmu Q5  
 P3 - chybně nasměrovaná anténa, tím nízká intenzita elmag. pole signálů DVB-T a překročena hodnota PR  
 P4 - vlivem způsobu příjmu programů SVK filtr (FS) pomohl pouze částečně, kvalita Q5 až po odpojení části rozvodu pro signály ze SVK  
 P5 - vlivem nízké úrovně signálu k60 (34 dBμV) průchozí útlum filtru (FS) již způsobil degradaci kvality signálu k60 na hodnotu Q3



Výsledky měření v rámci experimentu je možno analyzovat z několika hledisek, např.:

- podle konfigurace přijímacího zařízení,
- podle druhu degradace přijímaného signálu DVB-T,
- podle nejvyššího přijímaného kanálu.

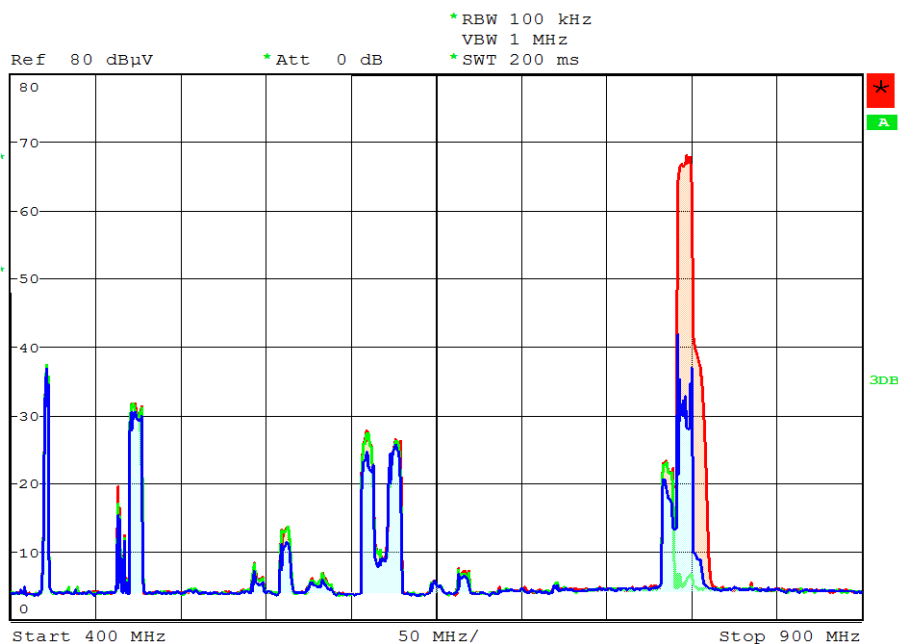
#### 4.1 Konfigurace přijímacích zařízení

##### a) Pasivní rozvod

V případě pasivního rozvodu je limitujícím faktorem nedodržení ochranného poměru (dále jen PR), případně překročení prahu přebuzení (dále jen Oth) vlivem úrovně rušícího signálu LTE na vstupu TV přijímače (STB). Tento jev nastal v případech stížností 2A, 2D, 4A a 4B (viz tabulka č. 1 na str. 7).

Nedodržení hodnoty PR může být způsobeno (při relativně nízké int. elmag. pole LTE) nízkou intenzitou užitečného signálu DVB-T (4B) nebo nevhodným nasměrováním přijímací antény (2A). V případě 4B, kdy úroveň signálu kanálu k60 na vstupu TV přijímače byla na hranici příjmu (34 dB $\mu$ V) průchozí útlum filtru již způsoboval pozorovatelnou degradaci kvality přijímaného signálů (občasné kostičkování na k60).

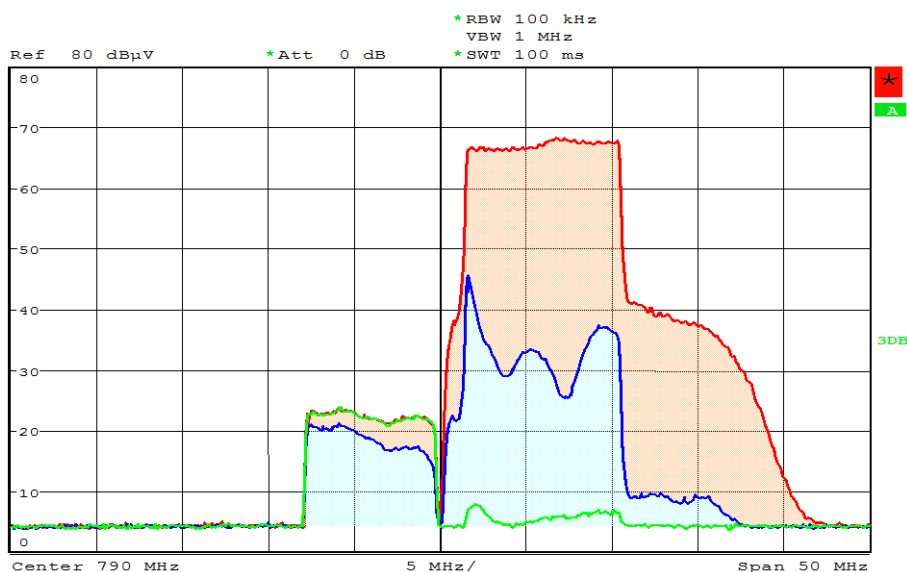
Na následujících záznamech jsou ukázky spektra signálů na vstupu TV přijímače v případě pasivního rozvodu (4A):



(3) Spektrum v pásmu 400-900 MHz, měřeno na vstupu přijímače

- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE off

Je samozřejmé, že v případě pasivního příjmu případné intermodulační produkty vzniknou až v obvodech TV přijímače.



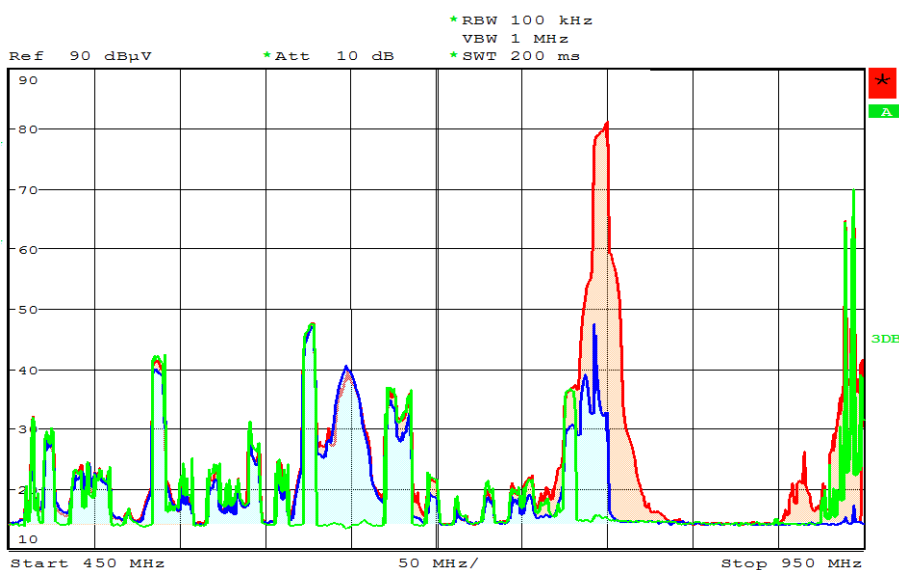
(4) Spektrum signálu DVB-T k60 a signálu BTS LTE  
Rozdíl stop zelená / modrá tvoří průchozí útlum filtru

BTS LTE on / BTS LTE on, filtr Johansson 6025 / BTS LTE off

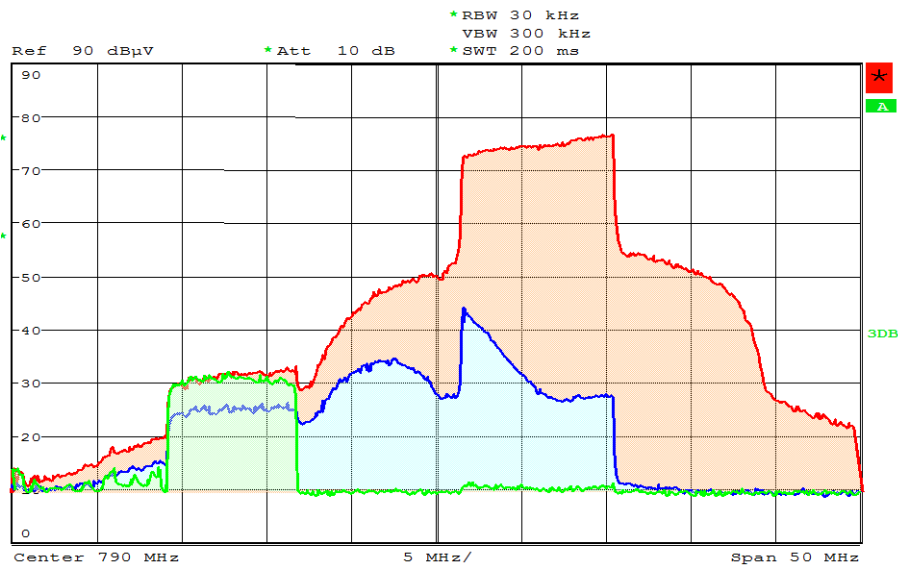
#### b) Aktivní anténa

Konfigurace aktivní antény, tj. širokopásmový předzesilovač bez vstupní selektivity, umístěný v anténní krabici je ve většině případů nejslabším místem celého přijímacího řetězce. Bývá to často výrobek „no name“, takže nelze posuzovat jeho parametry a většinou má zbytečně velký zisk (nad 15 dB), nevhodný vzhledem k nízké hodnotě přebuditelnosti tohoto typu zesilovačů.

Vzhledem k umístění nelze na jeho vstup jednoduše zařadit filtr pro potlačení signálu LTE – ochranná zařízení v případě degradace signálů DVB-T v jeho obvodech je třeba řešit výměnou za symetizační člen, následovaný externím filtrem a případně vhodně vybraným zesilovačem. Ukázka spektra při této konfiguraci je na následujících obrázcích.



(5) Spektrum signálů v pásmu 450-950 MHz na vstupu TV přijímače  
BTS LTE on / BTS LTE on, filtr Johansson 6025 / BTS LTE off



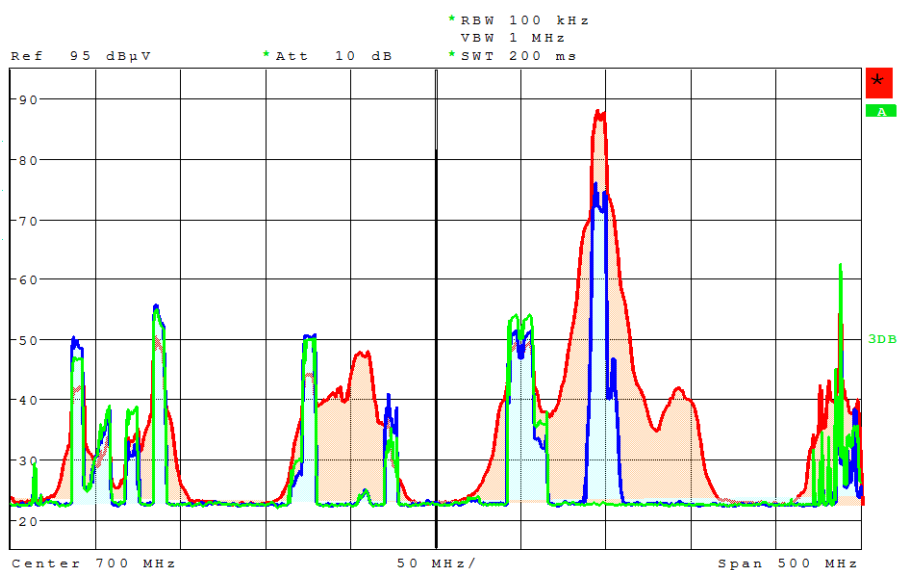
(6) Spektrum signálu DVB-T k59 a signálu BTS LTE  
 BTS LTE on / BTS LTE on, filtr Macab LTE 3410 / BTS LTE off

Ze záznamu je zřejmé, že filtr na vstupu TV přijímače sniží úroveň signálu BTS LTE (zlepší ochranný poměr PR), ale neodstraní rušení im produkty v TV pásmu.

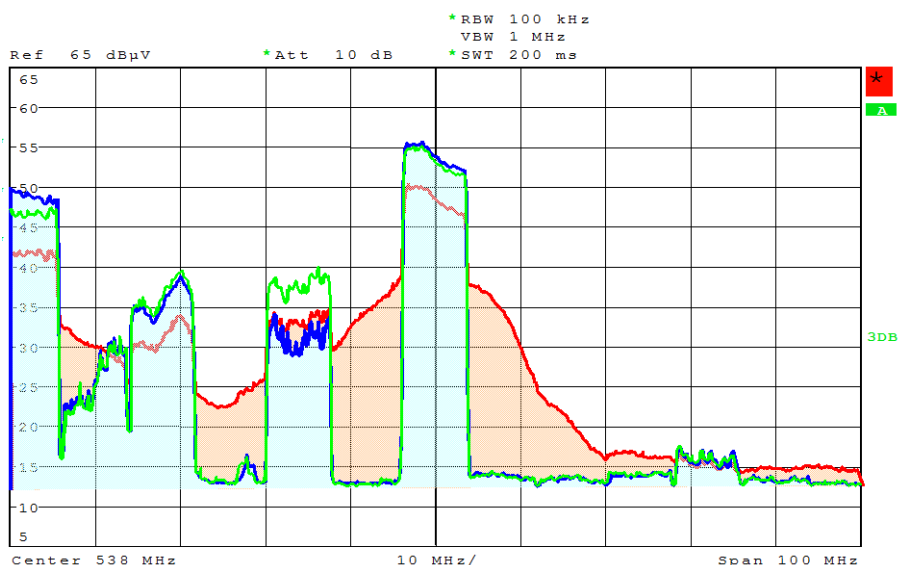
Tento typ příjmu byl použit u případů 1A, 2B, 3A, 3B a 3C. V těchto případech nemohl být otestován filtr na vstupu předzesilovače, pro posouzení možnosti příjmu signálů DVB-T a úspěšnosti ochranných opatření slouží výsledky měření v měřicím voze.

### c) Širokopásmový zesilovač

Při použití širokopásmového zesilovače v domovním rozvodu je důležitá jeho maximální povolená výstupní úroveň a zisk (je nevhodné rapidně snižovat zisk vstupním útlumovým článkem, je to na úkor šumového čísla a zhoršení odstupu C/N). Při posuzování max. povolené výstupní úrovně je třeba vzít v úvahu, že tato hodnota bývá udávána podle různých kritérií (norem) pro různé odstupy im produktů. Příklad spektra při použití rozvodu se ŠPZ je na následujících obrázcích:



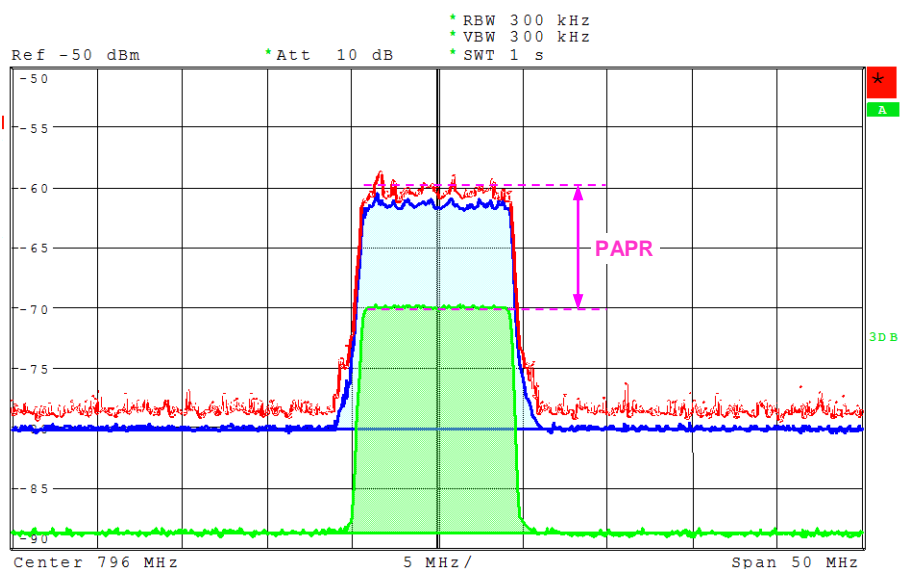
(7) Spektrum signálů v pásmu 450-950 MHz na vstupu TV přijímače  
 BTS LTE on / BTS LTE on, filtr Macab LTE 3410 / BTS LTE off



(8) Detail spektra v okolí kanálů k25, k27 a k29:  
 BTS LTE on / BTS LTE on, filtr Macab LTE 3410 / BTS LTE off

Na záznamu (8) jsou vidět signály im produktů a blokování zesilovače (rozdíl červená / zelená stopa).

Při posuzování parametrů zesilovačů je třeba si uvědomit, že hodnota úrovně (výkonu) signálů LTE (stejně tak jako DVB-T, tj. signály OFDM) se měří jako efektivní hodnota (RMS). Tyto signály však působí z hlediska přebuzení aktivních prvků svou špičkovou hodnotou, která je o cca 10 dB vyšší (PAPR) – viz následující obrázek:



(9) Signál LTE – hodnoty RMS / PK / PK + max. hold

Optimální konfigurace (i pro možnost realizace ochranných opatření) tj. pasivní anténa + širokopásmový zesilovač byla použita v případech 1B, 1D, 2C, 2D a 3E.

Ve všech případech, kdy byla překročena hodnota PR nebo/a Oth, pro odstranění rušení vyhovělo zařazení filtru na vstup zesilovače.

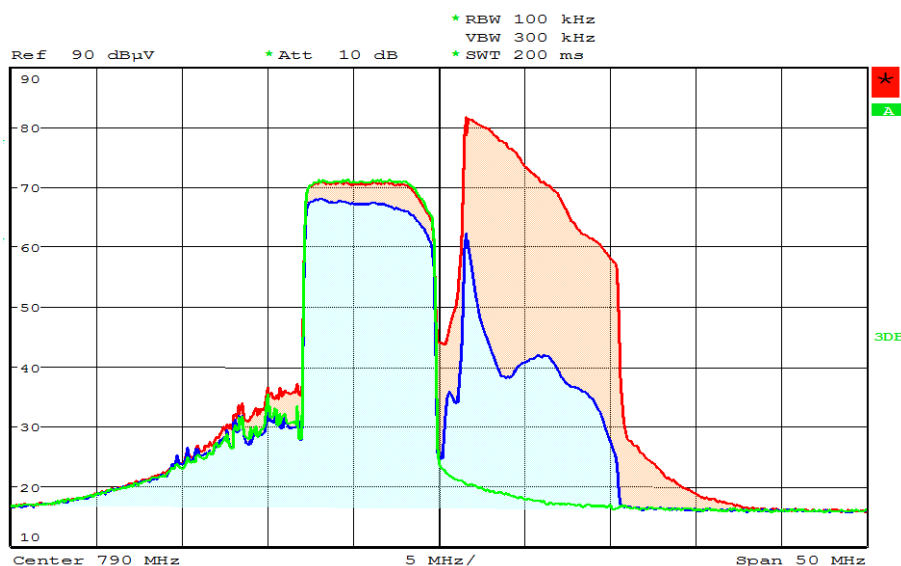
#### d) Kanálový zesilovač

Řešení přijímacího systému pomocí kanálových zesilovačů je po odpovídajícím sloučení jednotlivých kanálů (na výstupu) optimální variantou. V takovém případě, pokud nejsou přijímány kanály vyšší než cca k57 a zesilovač má na vstupu zařazenu dostatečnou selektivitu, rušení se projeví až v místech s extrémní úrovní signálu LTE.

*Situace u hlavních stanic STA a TKR je poměrně dobrá, pokud:*

- jsou použity kanálové zesilovače s velkou částí selektivity na vstupu
- je využíváno řízení zisku
- signály několika MUXů jsou většinou přijímány jednou anténou, takže zařazením filtru potlačí signál LTE na vstupu více kanálových zesilovačů.

Výše uvedené výhody se projevily v případě zarušení cca 10 STA (případ 4C) – záznam spektra k60 na výstupu jedné z HS STA je na následujícím obrázku:



(10) Spektrum signálů DVB-T (k60) a LTE na výstupu HS STA:  
BTS LTE on / BTS LTE on, filtr Johansson 6025 / BTS LTE off

Na záznamu je zřejmý účinek selektivních obvodů v kanálovém zesilovači pro k60.

#### 4.2 Degradace signálů DVB-T

Tento dokument se zabývá pouze degradacemi kvality přijímaných signálů DVB-T, které jsou způsobeny signály BTS systému LTE 800 MHz. V průběhu experimentu byly samozřejmě měřeny a sledovány všechny relevantní parametry přijímaných signálů DVB-T jednak pro posouzení stavu bez provozu BTS LTE a pak po zahájení provozu.

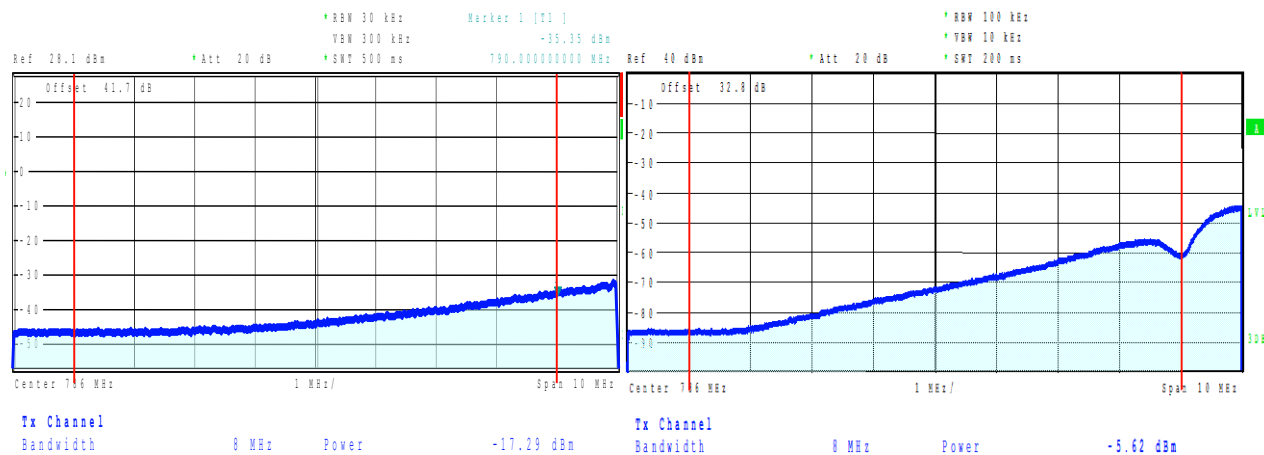
*Provoz BTS LTE způsobuje degradace:*

- a) Vyzařováním vysílače BTS v doméně mimopásmového vysílání (OoB)

Tento druh rušení je tvořen intermodulačními produkty mezi jednotlivými nosnými OFDM a zasahuje cca 10 MHz pod spodní hranu bloku LTE, tj. v případě vysílání LTE v blo-

cích A1.1 + A2.1 im produkty (spodní „rameno“) zasahuje do pásma k60 DVB-T, v malé míře do horní části kanálu k59. Výkon tohoto signálu v šířce pásma 8 MHz (libovolný kanál kx až k60) je limitován vyzářeným výkonem  $EIRP_{max} = 0 \text{ dBm}$ . V oblastech příjmu k60 při umístění BTS v zastavěné oblasti je nutno počítat s tím, že v některých případech (jednotlivých sektorech) bude nutno na výstup Tx BTS zařadit filtr pro potlačení emisí v pásmu k60.

Na následujících obrázcích je záznam při měření výkonu emisí v pásmu kanálu k60 u dvou různých BTS LTE (kmitočet 806 MHz, blok A1.1 + A2.1):



(11) Výkon BTS „A“ v pásmu k60

(12) Výkon BTS „B“ v pásmu k60

Při zisku antény 16 dBi pak vychází EIRP: -1,3 dBm pro BTS „A“ a **+10,4 dBm** pro BTS „B“

## b) Přebuzením aktivních prvků přijímacího řetězce

*Přebuzení aktivních prvků v cestě přijímaného signálu způsobuje:*

### 1. Tvorbu intermodulačních produktů

Při zvyšování úrovně rušícího signálu LTE dochází k vybuzení aktivních prvků do nelineární oblasti, přičemž vznikají intermodulační produkty, způsobující rušení přijímaných kanálů vlivem snížení hodnoty odstupu C/I:

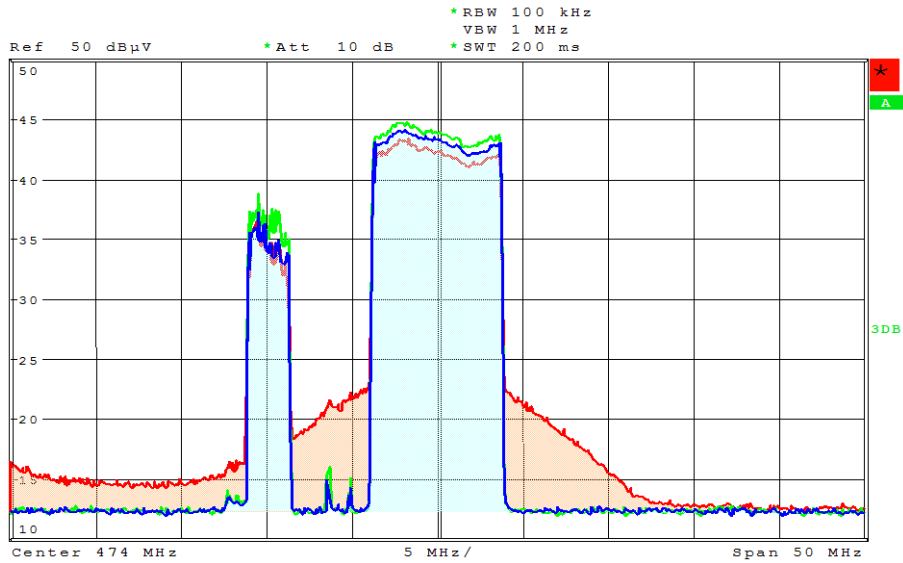
- I. mezi jednotlivými nosnými OFDM signálů kanálů DVB-T („vnitřní“ intermodulace)
- II. mezi signálem LTE a dalšími dominantními signály ve spektru (např. signály Tx systému GSM 900 MHz)

#### ad I. „Vnitřní“ intermodulace

Jedná se o intermodulace 3. řádu mezi nosnými signály OFDM, které zhoršují odstup C/I u signálu přijímaného kanálu a rušení sousedních kanálů svými rameny (emisemi v doméně OoB).

Pokud se jedná o příjem sousedních kanálů DVB-T, dochází tam k degradaci signálů vlivem im produktů přijímaného signálu i signálu sousedního kanálu.

Snížením odstupu C/I samozřejmě dochází ke zvýšení chybovosti BER i zhoršení modulační chybovosti MER. Snížení odstupu C/I (i když nezpůsobí subjektivní degradaci příjmu) vždy snižuje rezervu pro případ krátkodobých rušení, kolísání úrovně signálu apod.

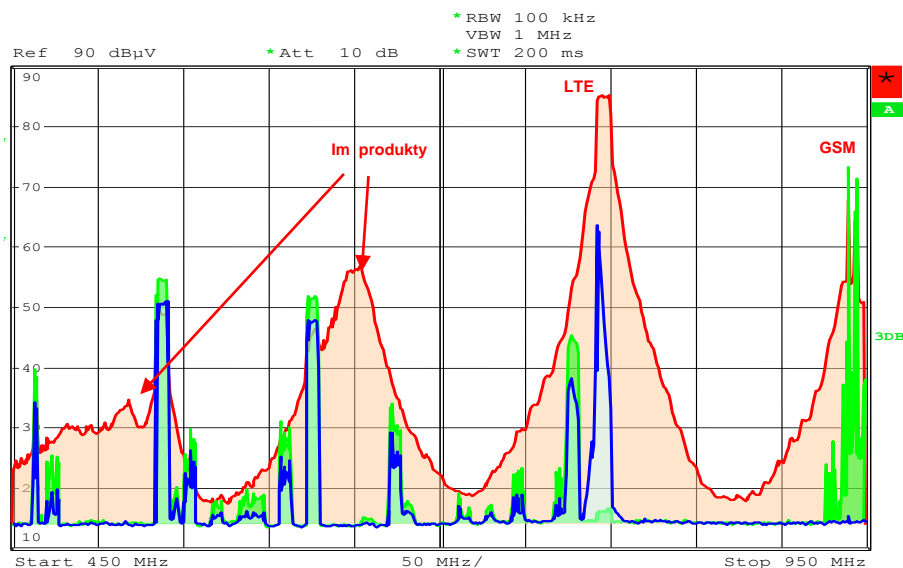


(13) Tvorba „vnitřních“ im produktů vlivem přebuzení zesilovače

#### ad II. Intermodulace mezi dominantními signály

Tento druh im produktů bude nejčastěji vznikat mezi signály BTS systémů LTE 800 MHz a GSM 900 MHz, které budou velmi často na stejném stanovišti (případně vysílané i stejnou anténou).

Podle kmitočtového rozložení mohou způsobovat rušení skupiny kanálů DVB-T – viz např. následující záznam:

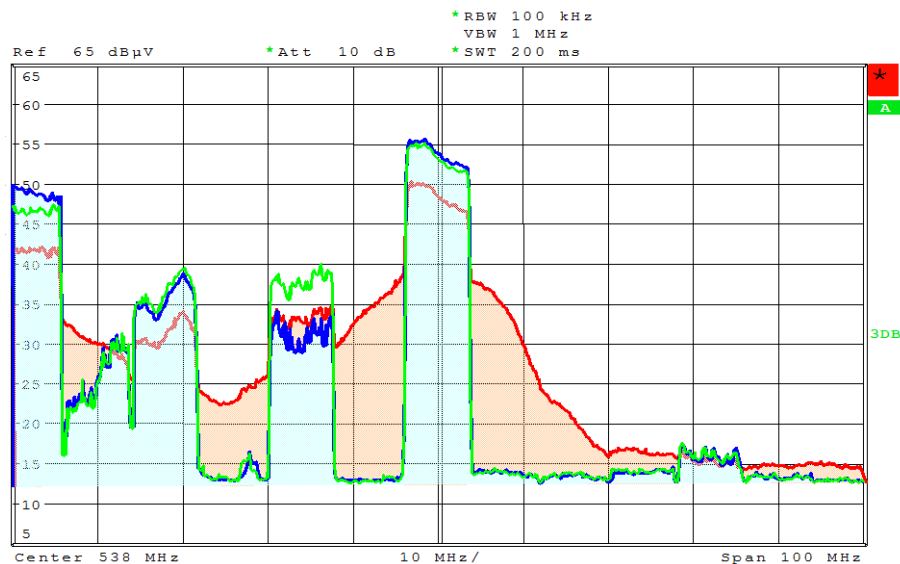


(14) Intermodulační produkty mezi BTS LTE800 a GSM900  
 BTS LTE on / BTS LTE on, filtr Macab LTE 3410 / BTS LTE off

Pro rapidní snížení úrovně těchto im produktů je dostačující potlačit signály GSM tak, aby jejich úroveň byla o min. 30 dB nižší, než signálu BTS LTE.

## 2. Blokování aktivních prvků

Při dalším zvyšování úrovně rušícího signálu LTE dochází k vybuzení aktivních prvků do značně nelineární oblasti, což způsobuje (kromě již zmíněných intermodulačních produktů) jejich blokování, tj. snížení zisku zesilovačů a vznik křížové modulace. Křížová modulace způsobuje superpozici amplitudové modulace rušícího signálu (LTE) na amplitudu užitečného signálu (DVB-T).



(15) Blokování zesilovače (rozdíl zelené / červené stopy)  
BTS LTE on / BTS LTE on, filtr Macab LTE 3410 / BTS LTE off

### 4.3 Posouzení problémů při příjmu kanálu k60

Z hlediska rušení příjmu signálů DVB-T je podle nejvyššího přijímaného kanálu možno problematiku rozdělit na dvě skupiny:

- Oblast s příjmem signálů do kanálu k59
- Oblast s příjmem signálu na kanálu k60

ad a) Kanály k21 - k59

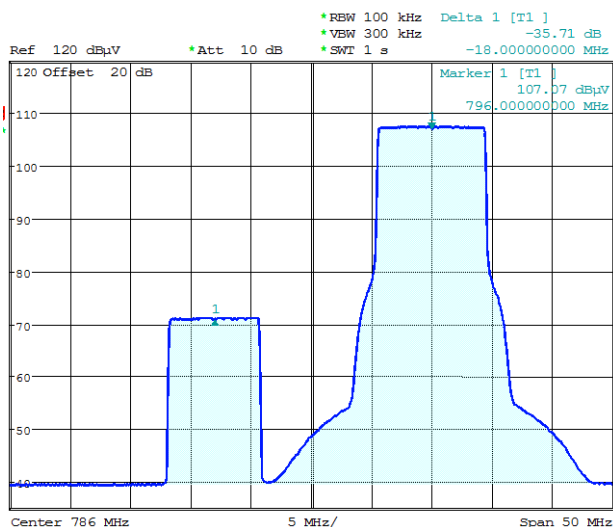
Při příjmu kanálů k21 - k59 (kanál k59 je „hraniční“ pro posuzování) je rušení signálů DVB-T signálem LTE způsobeno (jak již bylo zmíněno) zhoršením odstupů C/I (překročení hodnoty PR nebo Oth) a tomu odpovídajícímu zhoršení ostatních parametrů signálu (BER, MER...).

Tato skupina kanálů není přímo napadena „vnitřními“ im produkty (spodním ramenem) signálu LTE. Vzhledem k tomu, že signál LTE v přijímacím systému nevyužíváme, je možno připustit jeho „degradaci“ vybuzením aktivních prvků do částečně nelineární oblasti (lze připustit vyšší úroveň rušícího signálu, protože jeho ramena nezpůsobují rušení přijímaného signálu DVB-T). Tento stav platí beze zbytku do kanálu k57, v případě kanálů k58 a k59 záleží mj. na tom, jakou šířku pásma využívá BTS LTE (jeden nebo více 10 MHz bloků). V praxi vždy vznikají im produkty (ramena) dříve u rušícího signálu LTE než u přijímaných signálů DVB-T.

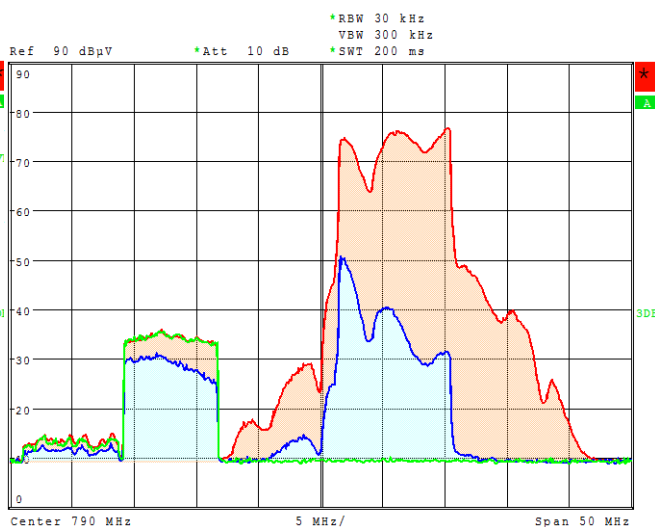
Pro ilustraci je na následujících záznamech ukázka spekter při přebuzení zesilovače a kvalitním příjmu DVB-T na k59:



## Spektrum signálů pro limitní zajištění kvalitního příjmu (VBER < 2 e-04)



(16) PR = 37 dB, zesilovač Dipol LNA 101



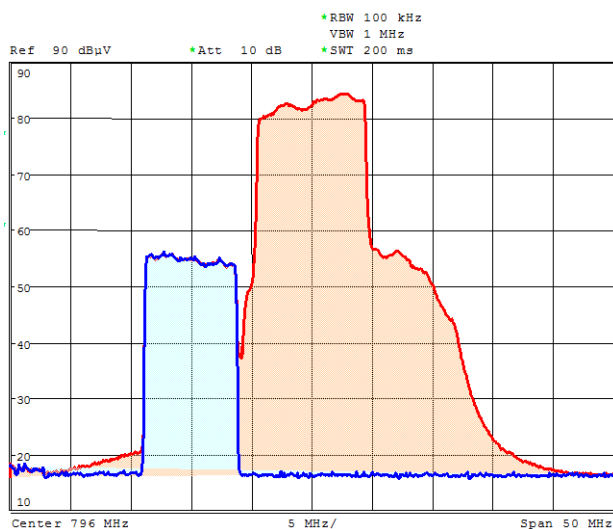
(17) PR = 38 dB, zesilovač Terra AB010

ad b) Kanál k60

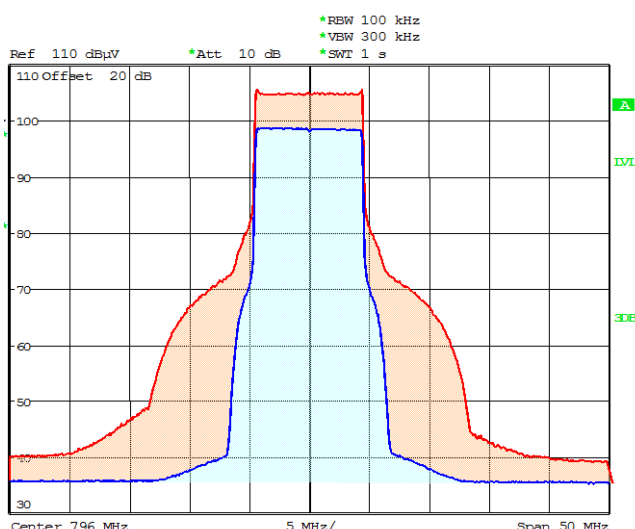
Při příjmu kanálu k60 je nutno počítat s možností rušení spodním ramenem (im produkty) signálu LTE, a proto je vždy v tomto případě pro nerušený příjem nutná nižší úroveň signálu LTE než v případě příjmu nižších kanálů DVB-T.

*Při příjmu kanálu k60 je nutno brát v úvahu dva druhy rušících signálů:*

- I. Rušení přebuzením aktivních prvků nebo TV přijímače (zde vždy vlivem im produktů, zasahujících do k60 a snižujících odstup C/N, v případě pasivního příjmu tyto produkty vznikají v obvodech přijímače) - v textu již zmíněno - viz ukázka spekter:



(18) Spektrum signálů k60 + LTE  
BTS LTE on / off

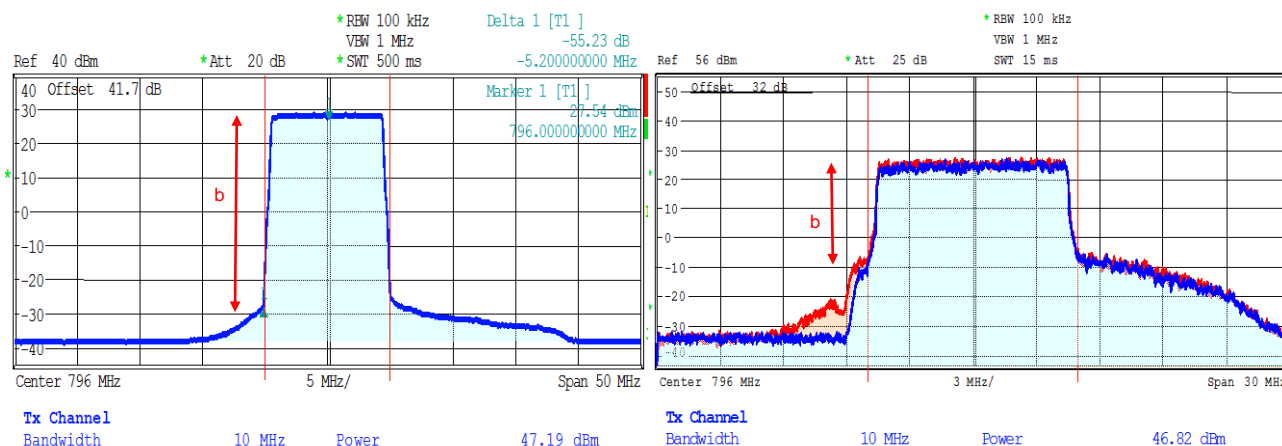


(19) Spektrum signálu LTE na výst. zesilovače,  
úroveň signálu snížena o 10 dB  
(simulace generátorem LTE)

## II. Rušením nežádoucího vyzařování Tx BTS LTE v pásmu mimopásmového vysílání (OoB).

Oba výše popisované jevy mohou působit společně. Pokud při praktickém šetření stížnosti se po zařazení filtru situace nezlepší (a je dodržena hodnota PR), může se jednat o variantu rušení emisemi Tx BTS.

Jako velmi orientační posouzení může sloužit spektrum BTS, zejména „strmá“ část bloku LTE (tj. o kolik dB je potlačen nástup ramene im emisí od vrcholu spektra. Pro ilustraci jsou uvedena spektra již dříve zmíněných BTS LTE „A“ a „B“:



(20) Spektrum Tx BTS „A“

(21) Spektrum Tx BTS LTE „B“  
filtr pro k60 na výstupu BTS

Porovnáním obou obrázků (potlačení b = cca 55 dB „A“ a cca 35 „B“) je zřejmé, že u BTS „B“ by mohly nastat problémy s emisemi v k60 (bez externího filtru).

Stejné orientační posouzení přebuzení nějakého prvku v cestě přijímaného kanálu lze využít i u signálu DVB-T, kde „strmá“ část boku spektra (tedy „b“) by měla být min. 20 dB.

### 4.4 Problematika ochranných opatření

Problematika postupu při šetření rušení příjmu signálu DVB-T signálem LTE je zpracována v dokumentu „*Postup při šetření rádiového příjmu provozem vysílacích rádiových zařízení širokopásmových mobilních radiokomunikačních sítí*“, který je uveden na webových stránkách ČTÚ.

Vhodnou variantu ochranných opatření (zařazení filtru, výměna zesilovačů, změna konfigurace přijímacího systému) zvolí servisní firma a není záležitostí ČTÚ (lze pouze poskytnout technické konzultace, návrh v závěru šetření).

#### Filtry pro potlačení signálů LTE

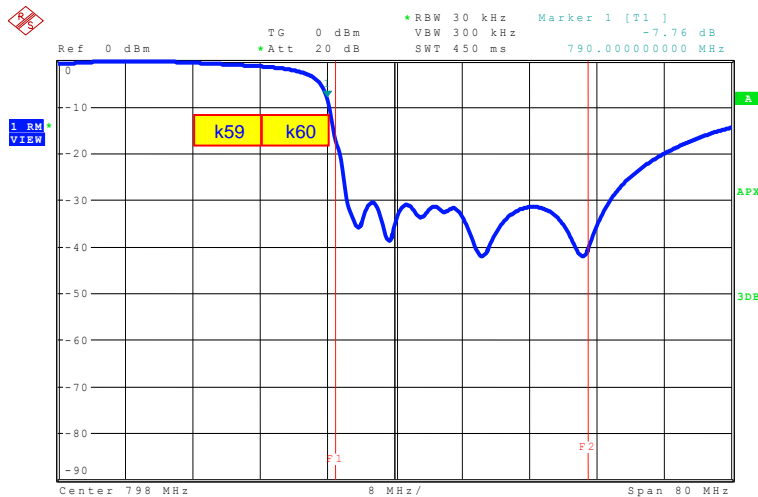
Při přípravě i v rámci vlastního experimentu se ČTÚ poměrně detailně zabýval problematikou filtrů pro potlačení signálů systému LTE 800 MHz. Byly měřeny parametry několika filtrů a některé byly testovány při praktickém šetření rušení i při laboratorní simulaci problémů s rušením. Seznam měřených filtrů spolu s výsledky měření je uveden v Příloze B této zprávy.

Podle způsobu obvodového řešení lze používané filtry rozdělit na 2 skupiny:

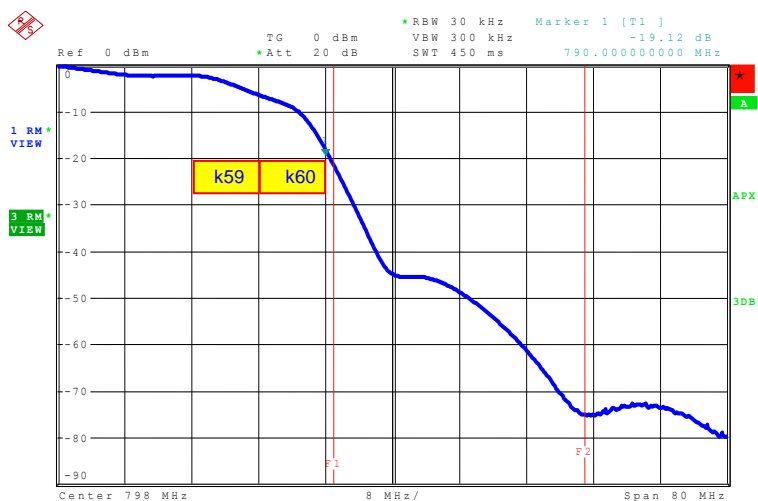
- filtr typu dolní propust - běžné LC dolní propusti, případně doplněné rezonančními obvody pro rejekci v pásmu LTE,
- filtry typu pásmová zadrž – velmi selektivní obvody (keramické filtry, LC obvody s vysokým Q), mají velmi strmou hranu a lze je využít pro příjem k60 a potlačení i prvního 10 MHz bloku LTE 806 MHz. Cena tohoto typu filtru je samozřejmě podstatně vyšší, než u typu a).

Vlastní volba typu filtru závisí na nejvyšším přijímaném kanálu DVB-T a na kmitočtu (pásmu) BTS LTE, který chceme potlačit. Při posuzování parametrů filtrů je vhodné vycházet z grafické prezentace kmitočtové charakteristiky (číselné údaje jsou mnohdy na první pohled nedosažitelné nebo nadhodnocené).

V této části zprávy uvádíme pro informaci průběh průchozího útlumu u námi při experimentu nejčastěji používaných filtrů Macab LTE 3410 (do k59) a Johansson 6025 (do k60).



(22) Charakteristika filtru Johansson 6025  
(F1 ⇔ F2 pásmo BTS LTE)



(23) Charakteristika filtru Macab LTE 3410  
(F1 ⇔ F2 pásmo BTS LTE)

## 5. Analýza výsledků experimentu

Mnohé skutečnosti získané v průběhu experimentu jsou zapracovány do textu zprávy.

*Po analýze zjištěných skutečností lze konstatovat:*

1. Podání na rušení TV příjmu bylo méně, než byl náš původní předpoklad. Příčin může být několik, např.:
  - vzhledem k tomu, že vysílání BTS LTE bylo časově omezeno a dopředu známé, někteří diváci nemuseli reagovat,
  - nedostatečnou informovanost občanů je možno vyloučit – při pohybu po „rušené“ lokalitě jsme se přesvědčili o jejich dobré informovanosti,
  - počet lokalit, kde byl experiment prováděn, je nízký a ze statistického hlediska může jít o odchytku jedním směrem.
2. Podle předpokladu bude největším problémem používání širokopásmových zesilovačů s velkým ziskem, umístěných přímo u antény (bez vstupního konektoru). Zde je nutno zesilovač nahradit symetrizačním členem (v budoucnu jistě budou k dispozici zesilovače tohoto provedení s filtrem LTE), následuje filtr LTE a vhodně vybraný zesilovač (s minimem zisku podle útlumu rozvodu, s dostatečnou přebuditelností).
3. Dalšími problémy budou zejména:
  - aktivní prvky s nízkou odolností proti přebuzení silným signálem – u správně navrženého rozvodu by „nejslabším“ článkem vzhledem k intermodulační odolnosti měl být TV přijímač (STB), pak funguje posuzování podle hodnoty ochranného poměru (PR),
  - příliš velký zisk zesilovačů v přijímacím řetězci, takže dochází snáze k přebuzení a doprovodným degradujícím jevům,
  - používání přijímacích systémů z „analogové“ éry – množství antén, zesilovačů, selektivních i širokopásmových prvků v rozvodu, které způsobují zvýšenou citlivost systému na rušení signálem LTE,
  - nevhodné slučování signálů z několika antén (rozhodně není dostatečný pouze polarizační útlum mezi signály s V nebo H polarizací). Polarizace signálu LTE je  $\pm 45^\circ$ , proti lineární polarizaci (H/V) lze počítat s útlumem cca 4 dB, závisícím na odrazech v místě TV antény.
4. Realizace ochranných opatření – i když to není v kompetenci ČTÚ, je třeba upozornit na některá základní pravidla:
  - je vhodné použít filtr, který potlačuje celé pásmo BTS LTE, tj. od 791 MHz (pokud bude platit dohoda mezi operátory o tomto systému). Pak totiž nedojde k situaci, že při spuštění BTS dalšího operátora dojde k opakování stížností,
  - ochranná opatření by měla být provedena tak, aby kvalita signálu DVB-T měla určitou rezervu proti dalším degradujícím vlivům (pokud je to samozřejmě vzhledem k signálu DVB-T možné).
5. Problém příjmu kanálu k60 – tento problém je popsán v textu zprávy. Jelikož je převažující rušení spodním ramenem signálu BTS LTE (jedná se o produkty 3. řádu), lze s úspěchem využít faktu, že snížením signálu LTE (i DVB-T) o 1 dB se sníží úroveň im produktů o 3 dB. Pokud je tedy úroveň signálů DVB-T dostatečná, lze prostým zařazením útlumového článku např. 6 dB na vstup přebuzeného prvku docílit potlačení im produktů o 18 dB, což je významné (a cenově nesrovnatelné s filtrem na k60).

## 6. Závěr

*Výsledky experimentu pro ověření dopadu provozu sítě LTE 800 MHz na příjem signálů DVB-T, popsané v této zprávě umožnily:*

1. Ověřit postupy při šetření rušení pro možnost vytvoření a úprav metodických pokynů.
2. Spolu s dalším laboratorním měřením posoudit odolnost různých typů zesilovačů a TV přijímačů (STB) proti rušení signálem LTE.
3. Získat materiály pro školení servisních firem i interní školení pracovníků ČTÚ.
4. Provést úpravu dokumentu „*Postup při šetření rušení rádiového příjmu provozem vysílacích rádiových zařízení širokopásmových mobilních radiokomunikačních sítí*“.
5. Navrhnout způsob zkráceného postupu v případě rušení TV příjmu signálem DVB-T pro urychlení realizace potřebných ochranných opatření.

Ve zprávě (Příloha A) jsou pro informaci uvedeny i výsledky testu EMC mezi systémy GSM-R a LTE 800 MHz.

Čj. ČTÚ-179 806/2012-620 II. vyř.  
Odbor kontroly a ochrany spotřebitele

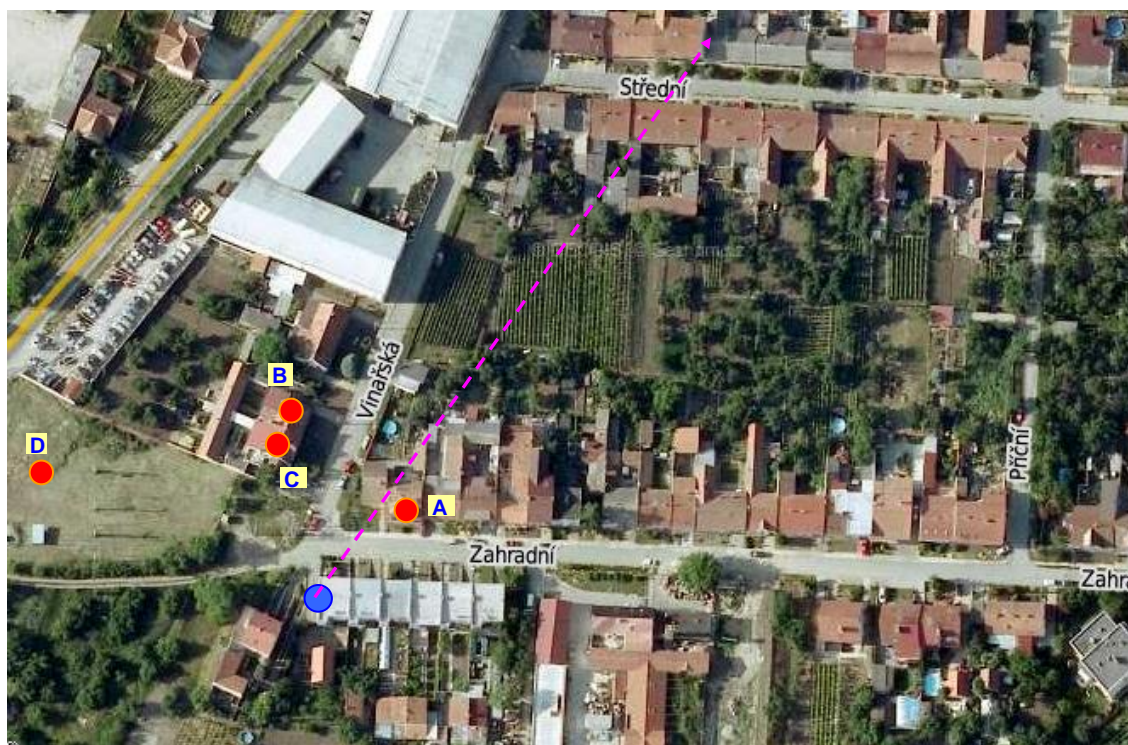
## **Příloha A**

Podrobné výsledky experimentu.

1. Velké Pavlovice
2. Louka
3. Kratochvilka
4. Dvůr Králové nad Labem
5. Rtyně v Podkrkonoší
6. EMC ITE vs GSM-R

## 1. Velké Pavlovice

umístění BTS LTE : RD Zahradní 41  
loc: : 48N 53 45,9; 16 E 484 1,8  
EIRP BTS : 65 dBm  
hlavní směr záření : 30°  
provoz BTS : 29.9. – 4.10.2013 v dohodnutých časech,  
datum měření : 3. a 4.10.2013



Umístění : **BTS LTE** (max. směr záření AS), **rušené přijímací systémy**



Fotografie umístění antény BTS

## A. Velké Pavlovice, Zahradní 60

místo měření : Zahradní 60, Kurdíkovi  
datum měření : 3. a 4.10.2013

### Přijímací zařízení :

anténní systém : 5 x ant. Yagi (viz foto)  
rozvod : neumožněn přístup – předpoklad více zesilovačů + pasivní prvky pro původní analogový příjem, příjem DVB-T SVK na ant. s horizontální polarizací !!

TV přijímač : LCD LG  
vzdálenost k BTS LTE : 30 m  
úroveň signálu LTE : xx  
projevy rušení : signál LTE zcela znemožní příjem DVB-T  
příčina rušení : přebuzení předzesilovačů – překročení hodnot PR i Oth  
**Kurdíkovi odmítli měření na přijímacím systému a jeho prohlídku :**

poznámka : pro optimalizaci systému by bylo třeba odstranit všechny zbytečné prvky (antény, selektivní části rozvodu ...)

### Měření v měřicím voze:

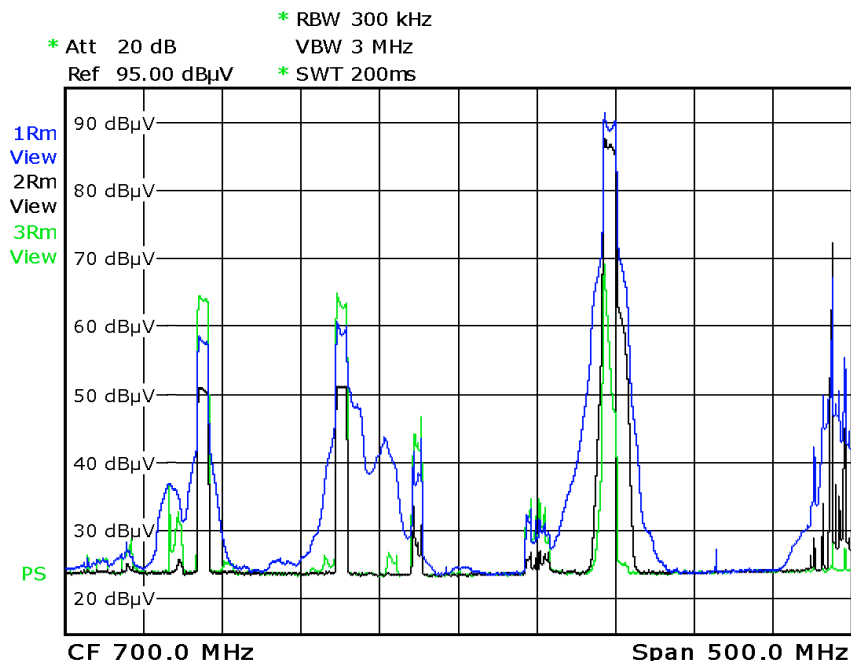
bez signálu BTS LTE : příjem na k29, k40, k46 s kvalitou Q5, signál k59(MUX4) není vlivem terénu možno přijímat (nízká E)  
se signálem LTE : pasivně - ETL Q5, STB (EFL100) Q1  
pas. s filtrem - vše Q5  
zesil. 15 dB - bez filtru Q1, s filtrem Q5  
int. elmag. pole LTE : 124 dB $\mu$ V/m



Anténní systém na RD Zahradní 60, měřicí vůz při srovnávacím měření

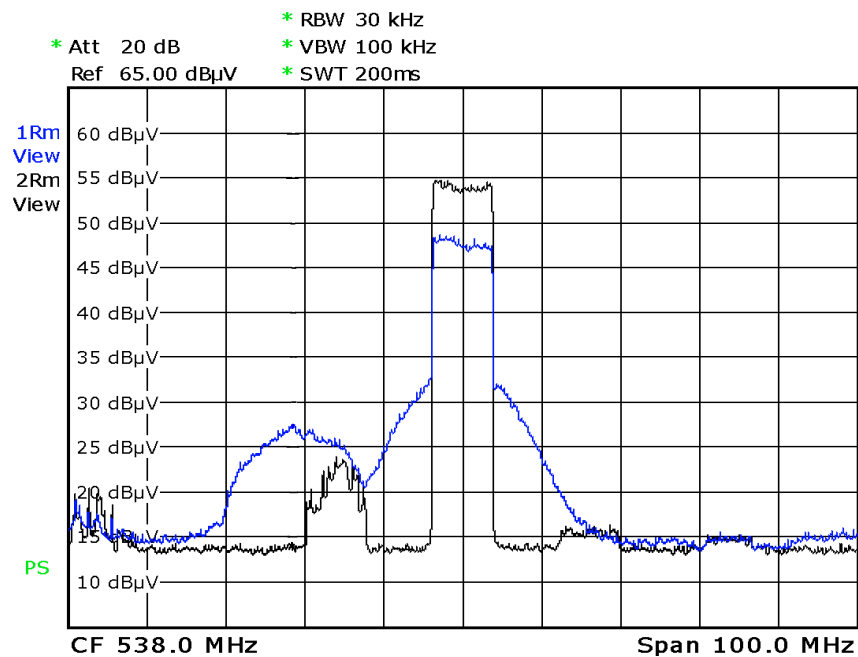


## Měření v měřicím voze



Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření v měř. voze před RD :

- pasivní příjem s anténou FT01
- zařazen zesilovač 15 dB
- zařazen filtr + zesilovač 15 dB



Detail spektra (k29) při měření v měř. voze :

- zařazen zesilovač 15 dB
- zařazen filtr + zesilovač 15 dB

Název obce :	<b>Velké Pavlovice</b>					adresa :	Zahradní 60					č. akce / měření :	1 / A							
jméno :	Kurdíkovi					kontakt :	neposkytnut-					měřeno :	počet osob :							
<b>Popis přijímacího zařízení :</b>																				
antény :	A: zesil. : <input type="checkbox"/>					B: zesil. : <input type="checkbox"/>					C: zesil. : <input type="checkbox"/>					D:				
rozvod :	zesilovače :					popis :					Neumožněno přístup									
	sluč. / rozb. zásuvky					popis :														
						počet :					další prvky rozvodu :									
<b>Naměř.hodnoty rozvod</b>				BTS LTE : off / on								po úpravách								
k	MUX	U <sub>Rx</sub>	E	PR	Q	MER	C/N	CBER		VBER		Q	PR	MER	poznámka	č. obr.				
29	1																			
40	2																			
46	3	<b>Měření neumožněno</b>																		
59	4																			
LTE		U <sub>Rx</sub>			E :								U <sub>Rx</sub>							
<b>Naměřené hodnoty - měřicí vůz</b>				MOMS : C2																
místo měření :		Zahradní 60					48 N 53 46,3					16 E 48 42,4					měř. přístroje : FSQ8, ETL, Wisi FT1, zesilovač AB010, filtr Macab LTE-3410			
k	MUX	U <sub>Rx</sub>	E	PR	Q	MER	C/N	CBER		VBER		poznámka								
29	1	64	79	41	5	5	30,1	29	42	40	2,3 E-6	6,2 E-5	0,0 E-9	0,0 E-9	hodnoty při BTS "on" jsou pro zesilovač 15 dB s filtrem					
40	2	65	81	39	5	5	30,7	28	43	41	3,4 E-7	2,5 E-6	0,0 E-9	0,0 E-9	-"					
46	3	68	85	36	5	5	30,4	27	45	42	1,2 E-8	3,3 E-7	0,0 E-9	0,0 E-9	-"					
59	4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x						
LTE		U <sub>Rx</sub> 104,5			E : 123,5															
BTS LTE :				f <sub>centr.</sub> = 796 MHz				BW= 10 MHz (A1.1 + A2.1)				EIRP = 65 dBm								

## B. Velké Pavlovice, Vinařská 4

místo měření : Vinařská 4, Burešovi  
datum měření : 7. a 8.10.2013

### Přijímací zařízení :

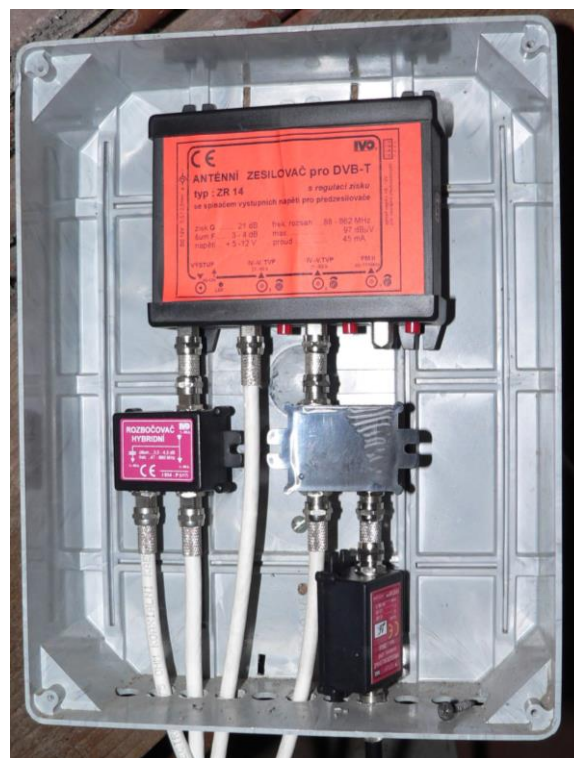
anténní systém : 2 x ant. Yagi + 1 x LPA (viz foto)  
rozvod : předzesilovač IVO ZK10 pro příjem k25 (Zlín)  
domovní zesilovač IVO ZR14  
hybridní slučovač + rozbočovač  
TV přijímač : LCD Samsung + přenosný CRT  
vzdálenost k BTS LTE : 52 m  
úroveň signálu LTE : 108 dB $\mu$ V  
projevy rušení : signál LTE zcela znemožní příjem DVB-T  
příčina rušení : - není dodržen ochranný poměr (PR) k40, k57  
- předzesilovač i zesilovač jsou přebuzeny  
- na vstupu TV jsou překročeny hodnoty PR i práh přebuzení (Oth)  
ochranná opatření : filtr zařazen před předzesilovač pro k25, pak vše Q5  
**Vzhledem k překročení hodnoty PR a Oth signálem BTS LTE by ochranná opatření hradil operátor**

### Měření v měřicím voze:

bez signálu BTS LTE : příjem na k25, k29, k40, k55, k56, k57 s kvalitou Q5,  
přijem signálu k59 (MUX4) není možný (nízká E)  
se signálem LTE : pasivně - ETL Q5, STB (EFL100) Q5  
zesil. 15 dB - vše Q5 s filtrem Macab LTE 3410  
int. elmag. pole LTE : 126 dB $\mu$ V/m

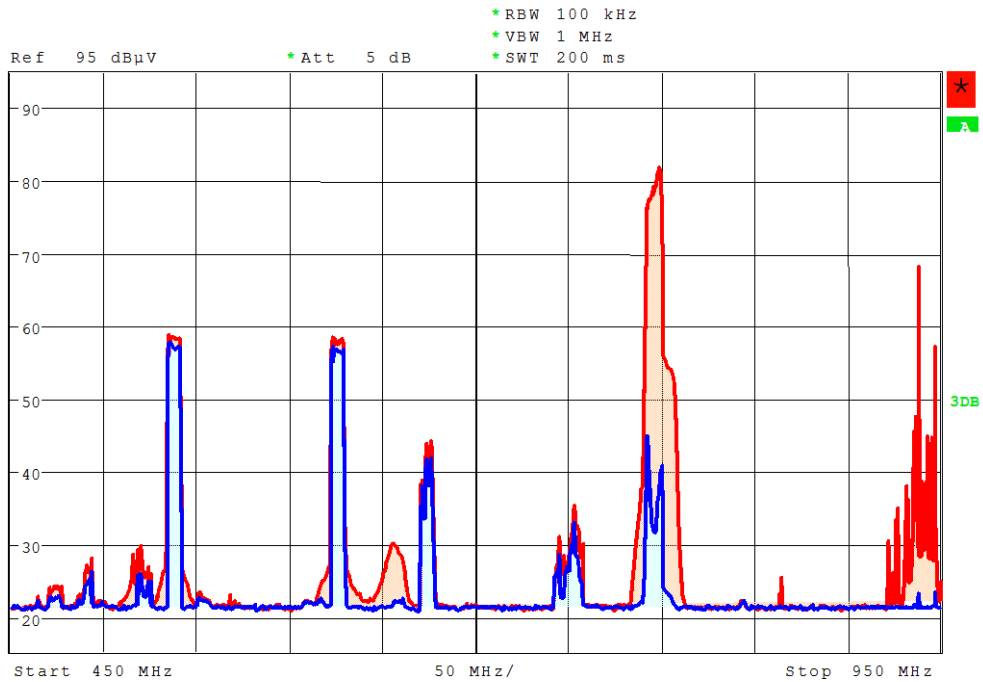


Anténní systém Vinařská 4



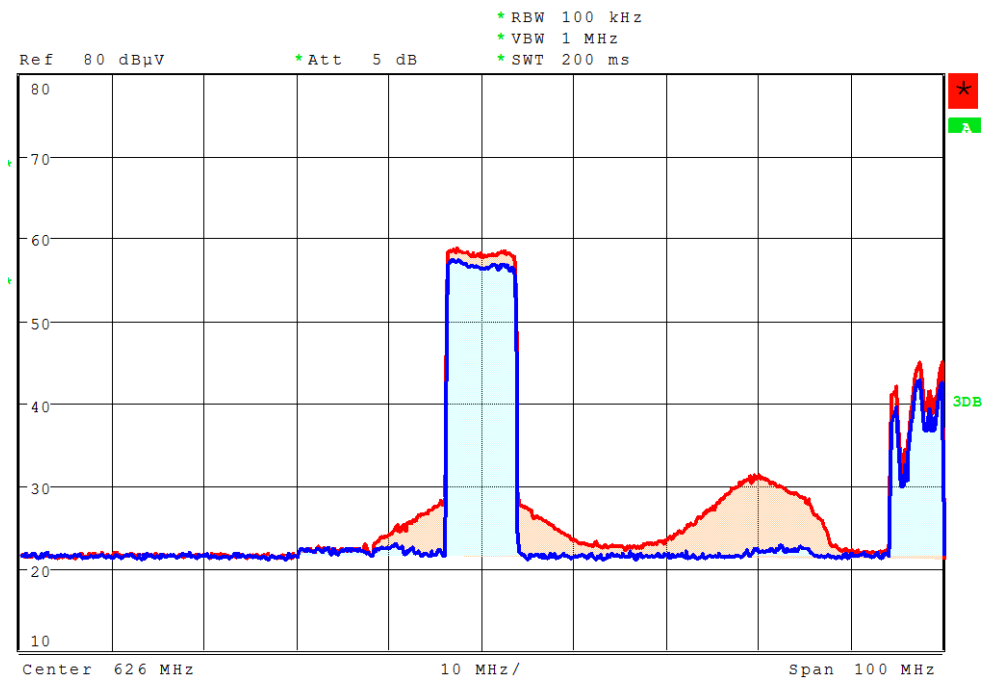
Hlavní stanice domovního rozvodu

## Měření v měřicím voze



Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření v měř. voze mezi RD Vinařská 4 a 5 :

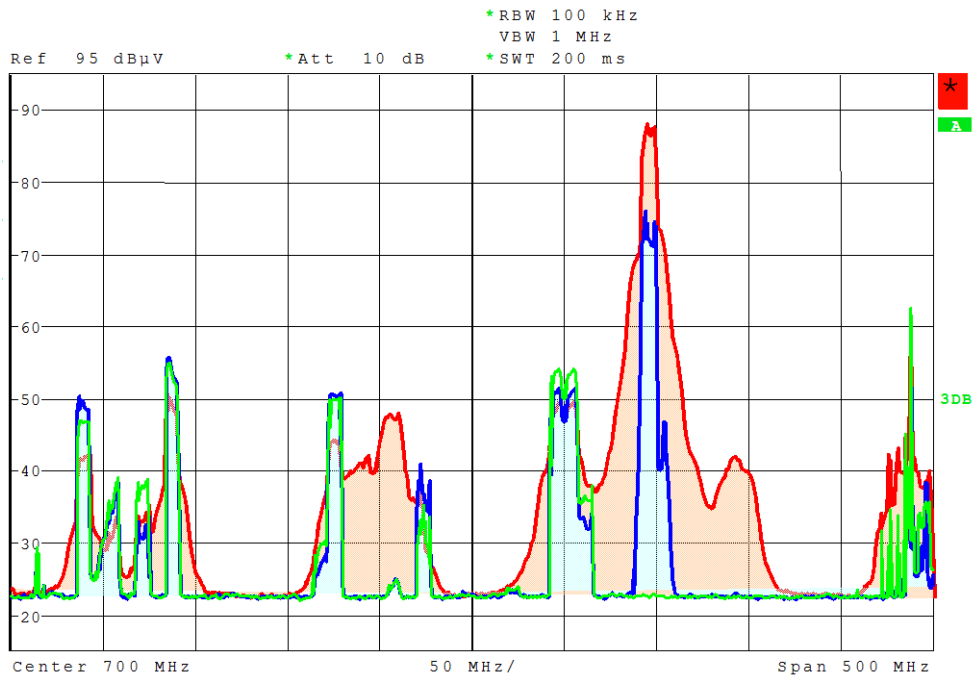
- zařazen zesilovač 15 dB, BTS LTE on, bez filtru
- zařazen zesilovač 15 dB, BTS on, s filtrem



Detail spektra (k29) při měření v měř. voze :

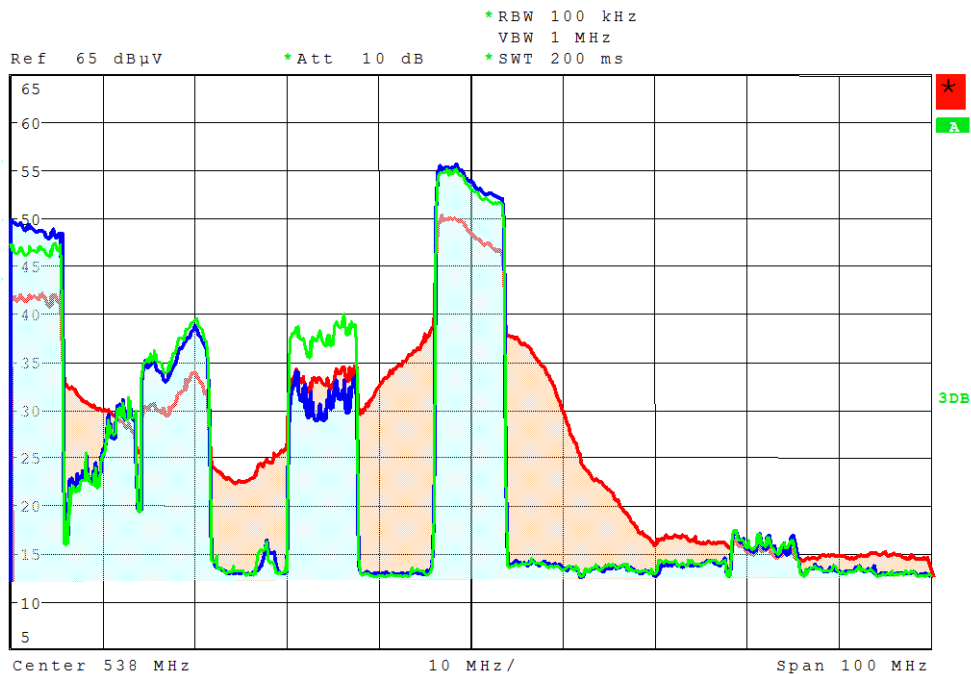
- zařazen zesilovač 15 dB, BTS LTE on, bez filtru
- zařazen zesilovač 15 dB, BTS on, s filtrem

## Měření na rozvodu (vstup TV přijímače)



Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření signálů na vstupu TV přijímače :

- BTS LTE on původní stav
- BTS LTE on, před předzesilovač k25 zařazen filtr
- BTS LTE off



Detail spektra (k25, k27, k29) :

- BTS LTE on
- BTS on, s filtrem
- BTS LTE off

Název obce :	<b>Velké Pavlovice</b>				adresa :	Vinařská 4				č. akce / měření :	1 / B								
jméno :	<b>Burešovi</b>				kontakt :	606 131 014				měřeno :	7.a 8.10.2013		počet osob:	2					
<b>Popis přijímačio zařízení :</b>																			
antény :	A: Yagi 10 prvků zesil :				B: Yagi 10 prvků zesil. :				C: LPA 12 prvků zesil.:		k25		D:						
rozvod :	zesilovače :		popis :		širokopásmový domovní zesilovač IVO, typ ZR14, vstupy 2x UHF, 1x VHF, 1x FM, předzesilovač IVO ZK11, k25														
	sluč. / rozb.		popis :		1x hybridní rozbočovač pro sloučení 2x UHF; 1X rozbočovač na výstupu ŠPZ														
	zásuvky		počet :		2		další prvky rozvodu :		napájecín výhybka u TV přijímače										
TV přijímače / STB			počet : 2			typ : LCD Samsung + Přenosný CRT													
<b>Naměř.hodnoty rozvod</b>				BTS LTE :		off / on		měř. přístroje :		ETL,FSP 40, filtr Macab 4310		po úpravách							
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q		MER		C/N		CBER		VBER		Q	PR	MER	F	poznámka
29	1	71	x	-36	5	1	34,1	x	44	10	0,0 E-8	x	0,0 E-9	x	5	-25	32,2	x	před zesilovačem pro k25 zařazen filtr
40	2	67	x	-40	5	1	32,4	x	42	11	0,0 E-8	x	0,0 E-9	x	5	-29	30,1	x	"
46	3	51	x	-56	1	1	17,2	x	23	4	6,1 E-2	x	1,0 E-2	x	1	-45	16,9	x	na k 46 není anténa
55	SVK	72	x	-35	5	1	35,8	x	33	5	0,0 E-8	x	0,0 E-9	x	5	-25	33,9	x	před zesilovačem pro k25 zařazen filtr
56	SVK	72	x	-35	5	1	36,5	x	34	3	2,6 E-7	x	0,0 E-9	x	5	-24	35,1	x	"
57	SVK	55	x	-52	5	1	31,1	x	29	3	3,2 E-6	x	4,2 E-7	x	5	-41	29,8	x	"
25	3	66	x	-41	5	1	21,5	x	28	12	1,6 E-5	x	0,0 E-9	x	5	-28	20,7	x	"
LTE		U <sub>RX</sub> 108 dBuV								U <sub>RX</sub> 94 dBuV/m				F x = zařazen filtr před zesil. K25					
<b>Naměřené hodnoty - měřicí vůz</b>														MOMS C2		(hodnoty platí pro zařazení zesilovače 15 dB bez filtru LTE)			
místo měření :		mezi RD Vinařská 4 a 5				48 N 53 46,3				16 E 48 42,4				měř. přístroje : ETL, EFL100, FSQ8, FSP40, filtr Macab LTE-3410					
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q		MER		C/N		CBER		VBER		poznámka				
29	1	72	73	-29	5	5	35,4	30,1	44	32	1,8-9	1,1 E-4	0,0 E-9	9,3 E-8					
40	2	71	74	-30	5	5	35,5	30,5	42	34	0,0-8	2,3 E-4	0,0 E-9	1,5 E-9					
46	3	77	79	-24	5	5	32,5	29,8	45	40	6,3-9	3,1 E-4	0,0 E-9	6,3 E-9					
55	SVK	70	73	-31	5	5	35,6	32,3	40	33	0,8-8	8,0 E-3	0,0 E-9	0,4 E-8					
56	SVK	70	73	-31	5	5	36,2	30,1	41	34	0,9-8	9,6 E-3	0,0 E-9	5,3 E-8					
59	4	41	73	-60	1	1	17,3	x	16	6	x	x	x	x					
LTE		U <sub>RX</sub> : 101 dBuV - ant. směr TV Mikulov								E : 106 dBuV/m - ant. směr TV Mikulov, 126 dBuV/m ant. směr BTS LTE									
BTS LTE : f <sub>centr.</sub> = 796 MHz BW= 10 MHz (A1.1 + A2.1)														EIRP = 65 dBm					

### C. Velké Pavlovice, Vinařská 5

místo měření : Vinařská 5, Pláteníkovi  
datum měření : 7. a 8.10.2013

#### Přijímací zařízení :

anténní systém : 5 x Yagi, + 1 x X Color, 1 x soufáz. („síto“), 1 x FM všesměr  
rozvod : 3 x předzesilovač. 1 x „domovní“ zesilovač (no name)  
hybridní slučovač, selektivní slučovače produkce Antech  
anténní sestava pro příjem původních analogových signálů  
(R6, R9, k24, k26, k47, k49, k50, k53, k56 ...)  
TV přijímač : LCD Orava  
vzdálenost k BTS LTE : 47 m  
úroveň signálu LTE : 85 dB $\mu$ V  
projevy rušení : signál LTE zcela znemožní příjem DVB-T vlivem im produktů,  
vzniklých přebuzením zesilovačů v rozvodu  
u signálů ze SVK vlivem nízké úrovně není dodržen ochranný  
poměr (PR)  
ochranná opatření : při pokusu provést měření na různých bodech přijímacího zaří-  
zení bylo zjištěno, že montáž všech konektorů („F“), spojují-  
cích jednotlivé prvky systému je provedena neodborně (zcela  
zkorodované stínění koax. kabelů pouze s náhodným doty-  
kem s konektory). Po prvním rozpojení přijímací cesty bylo  
nutno konektor opravit - detailní měření proto nebylo možno  
realizovat.

Filtr na vstupu TV přijímače situaci nezměnil, ochranná  
opatření díky int. elmag. pole 123 dB $\mu$ V/m by hradil operátor

#### Měření v měřicím voze:

bez signálu BTS LTE : příjem na k25, k29, k40, k55, k56, k57 s kvalitou Q5,  
přijem signálu k59 (MUX4) není možný (nízká E)  
se signálem LTE : pasivně - ETL Q5, STB (EFL100) Q5  
zesil. 15 dB - vše Q5  
int. elmag. pole LTE : 123 dB $\mu$ V/m

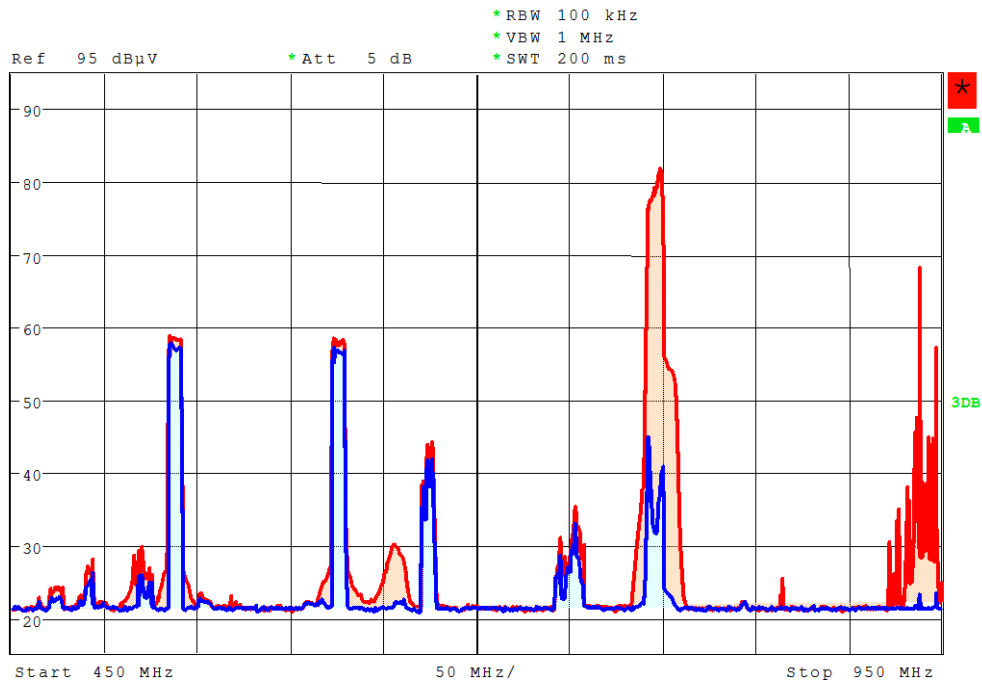


Anténní systém Vinařská 5



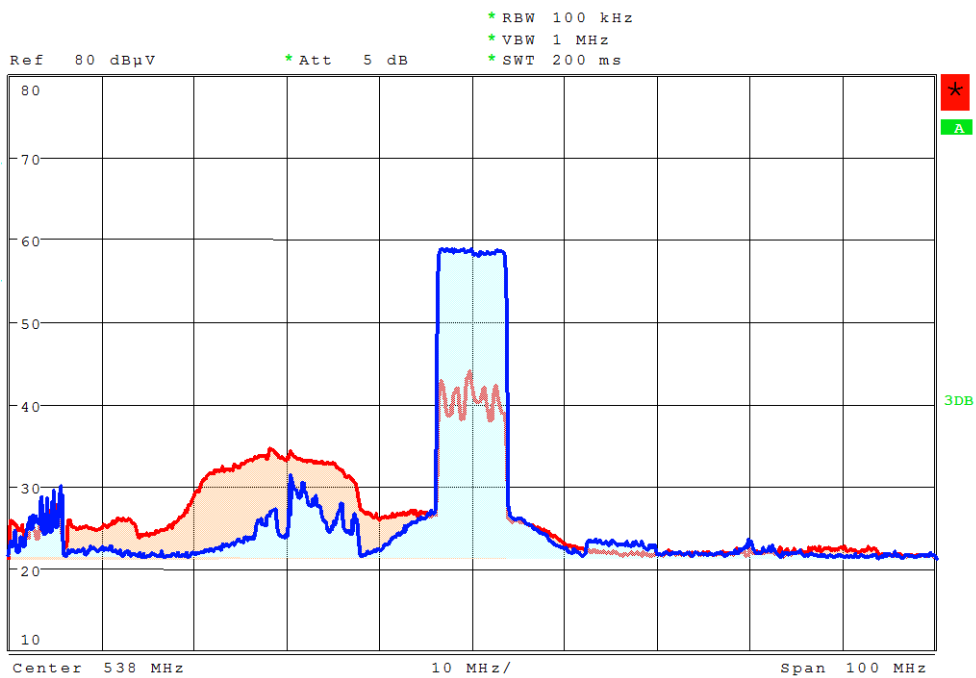
Hlavní stanice domovního rozvodu

## Měření v měřicím voze



Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření v měř. voze mezi RD Vinařská 4 a 5 :

- zařazen zesilovač 15 dB, BTS LTE on, bez filtru
- zařazen zesilovač 15 dB, BTS on, s filtrem

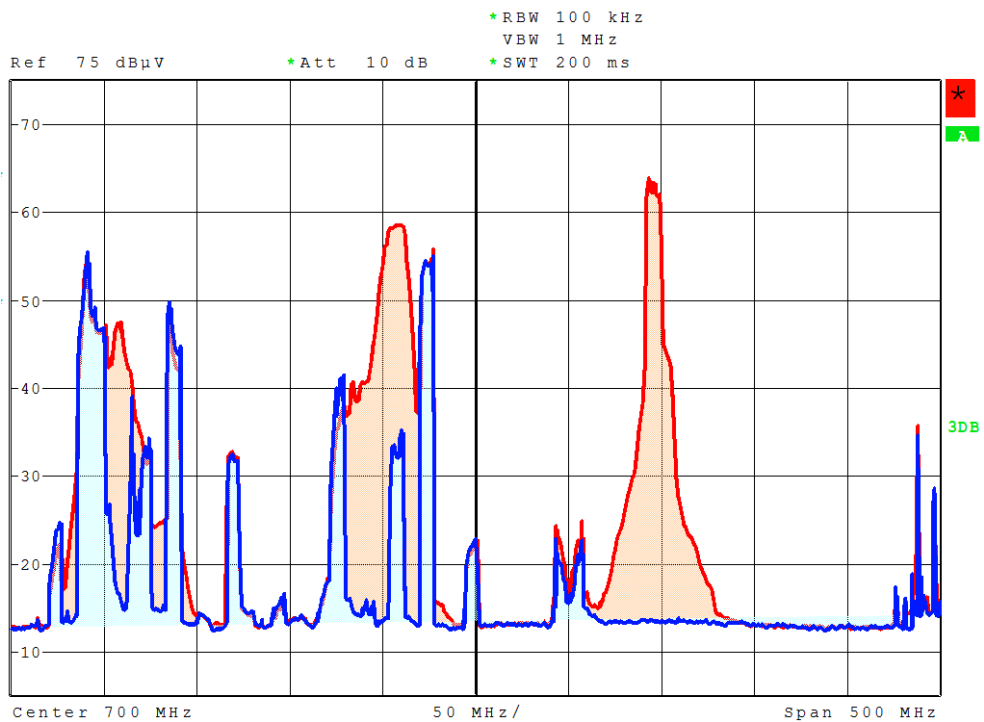


Vliv směrovosti měřicí antény – spektrum v okolí k29 :

- ant. nasměrována na TV vysílač, bez filtru
- anténa nasměrována na BTS LTE, bez filtru (rozdíl azimutů cca 70 °)

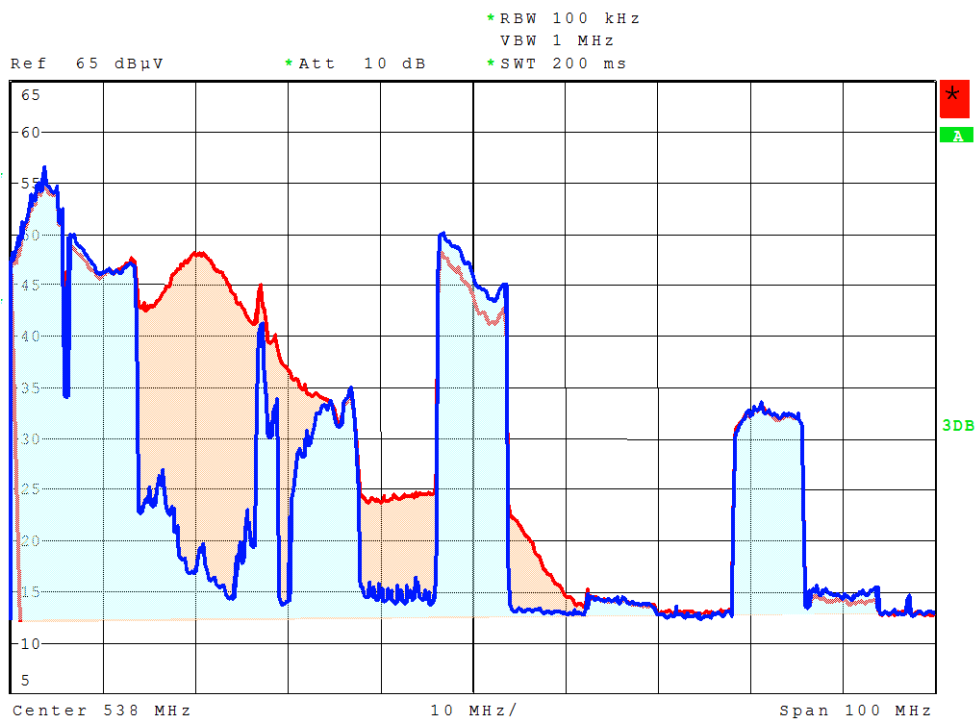


## Měření na rozvodu (vstup TV přijímače)



Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření signálů na vstupu TV přijímače :

- BTS LTE on
- BTS LTE off



Detail spektra (centr k29) :

- BTS LTE on
- BTS LTE off

Název obce :	<b>Velké Pavlovice</b>										adresa : Vlnářská 5				č. akce / měření : 1 / C													
jméno :	<b>Pláteníkovi</b>										kontakt :				měřeno : 7.a.10.2013		počet osob: 2											
<b>Popis přijímacího zařízení :</b>																												
antény :	A: 5 x Yagi					zesil : <input type="checkbox"/>					B: X color					zesil. : <input type="checkbox"/>					C: souřazová		zesil.: <input checked="" type="checkbox"/>		D: všesměr FM pol. H			
rozvod :	zesilovače :					popis :					1 x "domovní" zesilovač (no name), 3 x kanálové zesilovače Antech																	
	sluč. / rozb.					popis :					selektivní slučovače pro původní analogové signály																	
	zásuvky					počet :					1		další prvky rozvodu :					napájecín výhybka u TV přijímače										
TV přijímače / STB					počet : 1					typy . LCD ORAVA																		
<b>Naměř.hodnoty rozvod</b>																												
					BTS LTE :					off / on		měř. přístroje : ETL, FSP 40, filtr Macab					po úpravách											
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q		MER		C/N		CBER			VBER		Q	PR	MER	F	poznámka								
29	1	65	x	-20	5	1	33,5	x	35	15	0,0 E-9		x	0,0 E-8		x	1			x	Filtr zařazen na vstup TV přijímače							
40	2	58	x	-27	5	1	24,9	x	26	8	3,0 E-3		x	0,0 E-8		x	1			x	"							
46	3	72	x	-13	5	1	32,2	x	44	15	0,0 E-8		x	0,0 E-8		x	1			x	"							
55	SVK	39	x	-46	3	1	18,8	x	18	12	2,7 E-2		x	5,1 E-6		x	1			x	"							
56	SVK	38	x	-47	3	1	19,0	x	19	12	6,4 E-2		x	2,0 E-3		x	1			x	"							
57	SVK	28	x	-57	1	1	x	x	x	x	x		x	x		x	1			x	"							
LTE		U <sub>RX</sub> 85 dBuV										U <sub>RX</sub>						F x = filtr před TV přijímačem										
<b>Naměřené hodnoty - měřící vůz</b>																												
MOMS C2 (hodnoty platí pro zařazení zesilovače 15 dB bez filtru LTE)																												
místo měření :					mezi RD Vlnářská 4 a 5					48 N 53 46,3					16 E 48 42,4			měř. přístroje : ETL, EFL100, FSQ8, FSP40, zes. AB 010, filtr Macab LTE-3410										
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q		MER		C/N		CBER			VBER		poznámka												
29	1	72	73	-29	5	5	35,4	30,1	44	32	1,8-9		1,1 E-4		0,0 E-9		9,3 E-8											
40	2	71	74	-30	5	5	35,5	30,5	42	34	0,0-8		2,3 E-4		0,0 E-9		1,5 E-9											
46	3	77	79	-24	5	5	32,5	29,8	45	40	6,3-9		3,1 E-4		0,0 E-9		6,3 E-9											
55	SVK	70	73	-31	5	5	35,6	32,3	40	33	0,8-8		8,0 E-3		0,0 E-9		0,4 E-8											
56	SVK	70	73	-31	5	5	36,2	30,1	41	34	0,9-8		9,6 E-3		0,0 E-9		5,3 E-8											
59	4	41	73	-60	1	1	17,3	x	16	6	x		x		x		x											
LTE		U <sub>RX</sub> : 101 dBuV - ant. směr TV Mikulov										E : 106 dBuV/m - ant. směr TV Mikulov, 126 dBuV/m ant. směr BTS LTE																
BTS LTE : f <sub>centr.</sub> = 796 MHz BW= 10 MHz (A1.1 + A2.1) EIRP = 65 dBm																												

## 2. Louka (okr. Hodonín)

umístění BTS LTE : RD Louka č.p. 160  
loc: : 48 N 45 56,8; 17 E 29 35,2  
EIRP BTS : 65 dBm  
hlavní směr záření : 150°  
provoz BTS : 17.10. – 23.10.2013 v dohodnutých časech,  
datum měření : 21. až 23.10.2013



Umístění : **BTS LTE** (max. směr záření AS), rušené přijímací systémy



Umístění antény BTS



Pohled od antény BTS

## A. Louka, č.p. 275

místo měření : Louka 275, Vašicovi  
datum měření : 21.10.2013

### Přijímací zařízení :

anténní systém : pasivní LPA UHF (viz foto)  
rozvod : pasivní rozvod pro 1 přijímač  
TV přijímač : STB ECG DVT 860  
vzdálenost k BTS LTE : 395 m  
úroveň signálu LTE : 90,5 dB $\mu$ V na vstupu STB  
projevy rušení : signál LTE zcela znemožní příjem DVB-T  
příčina rušení : nevhodně nasměrovaná přijímací anténa na TV Brno  
místo na TV Zlín, překročena hodnota ochr. poměrů (PR)  
zařazením filtru Macab LTE 3410 před STB bylo rušení  
příjmu signálů DVB-T zcela odstraněno  
ochranná opatření : **nevhodně nasměrovaná anténa, úpravy by hradil majitel  
přijímacího zařízení**  
poznámka : **přijímací anténa je nasměrována (ne zcela přesně) pro příjem  
signálu ze SFN Brno (k29, k40, k46, k59), signály ze SFN Zlín  
(k25, k33, k49) mají podstatně vyšší úroveň. Při nasměrování  
na TV Zlín je dodržen PR a kvalita je Q5**

### Měření v měřicím voze:

bez signálu BTS LTE : příjem na k25, k33, k49 s kvalitou Q5, signály k29, k40 a k46  
při pečlivém nasměrování přij. antény rovněž s kvalitou Q5  
se signálem LTE : pasivně - ETL Q5, STB (EFL100) Q5  
pas. s filtrem - vše Q5 (filtr Macab LTE-3410)  
zesil. AB 010 - bez filtru signály SFN Zlín Q5  
int. elmag. pole LTE : 106 dB $\mu$ V/m u RD

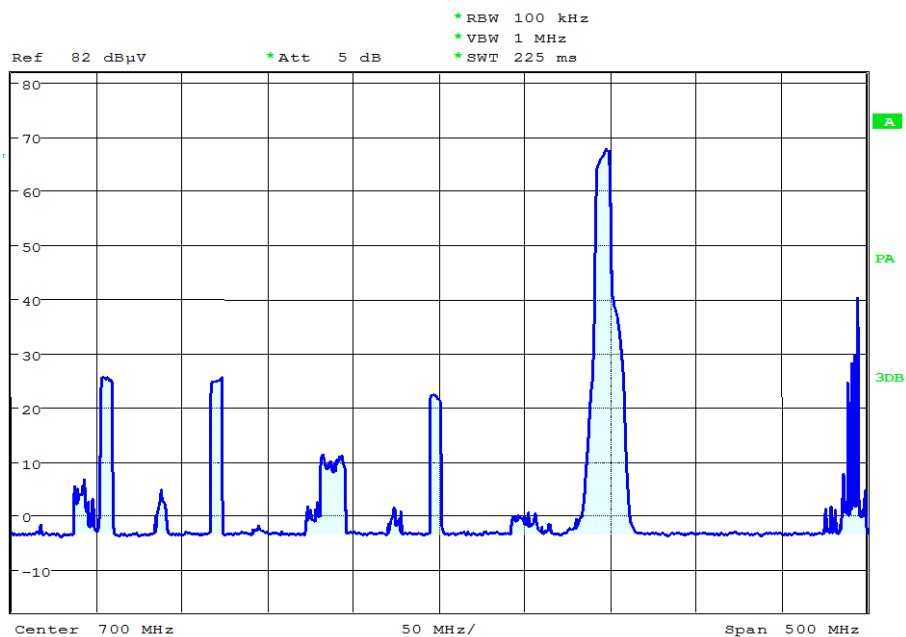


Přijímací antény

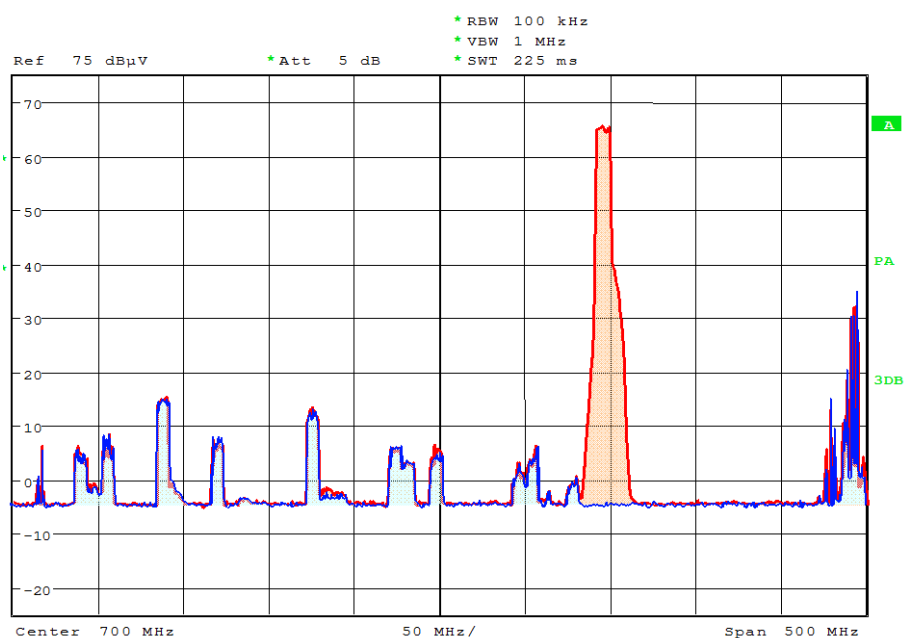


Set top box

## Měření v měřicím voze



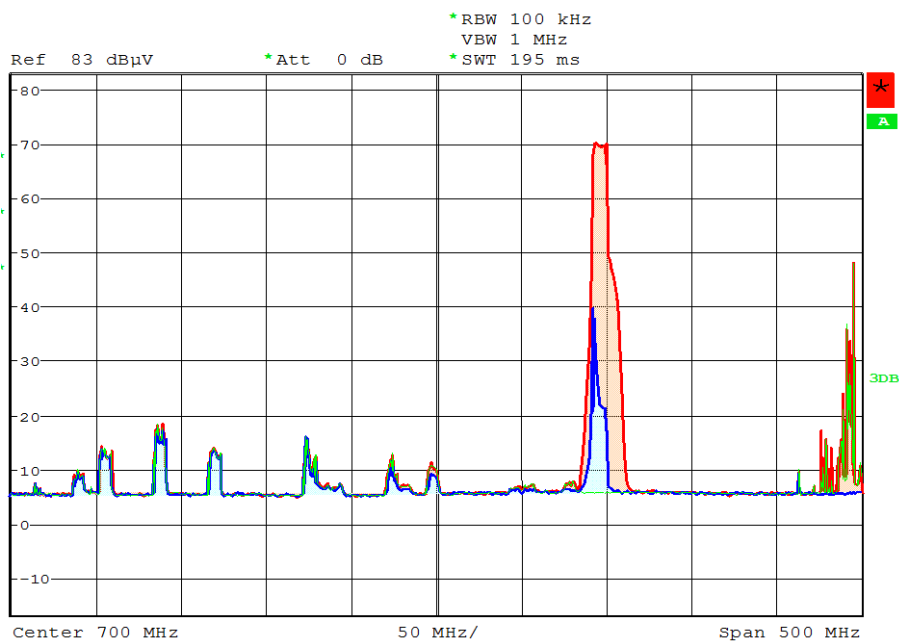
Spektrum signálů v pásmu 450-950 MHz při měření v měř. voze před RD č.p. 275 (pasivně, nasměrováno na TV Zlín)



Spektrum signálů v pásmu 450-950 MHz při měření v měř. voze před RD č.p. 275

- měřicí anténa nasměrována jako přij. anténa systému,
- použit zesilovač AB 010,
- BTS LTE on. / off.
-

## Měření na rozvodu (vstup set top boxu)



Spektrum signálů v pásmu 450-950 MHz na vstupu STB

- BTS LTE off.
- BTS LTE on.
- BTS LTE on. + filtr Macab LTE 3410

Název obce :	<b>Louka</b>				adresa :	Louka 275				č. akce / měření :	2/A																										
jméno :	<b>Vašicovi</b>				kontakt :					měřeno :	22.10.2013		počet osob:	5																							
<b>Popis přijímacího zařízení :</b>																																					
antény :	A: pasivní LPA				zesil :					B:	zesil. :								C:	zesil.:								D:									
rozvod :	zesilovače :				popis :				bez zesilovače																												
	sluč. / rozb. zásuvky				popis :								počet :				1				další prvky rozvodu :																
TV přijímače / STB					počet :				1				typy .				STB ECG DVT 860																				
<b>Naměř.hodnoty rozvod</b>														BTS LTE :				off / on				měř. přístroje :				ETL, FSP 40, filtr Macab				po úpravách							
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q		MER		C/N		CBER		VBER		Q	PR	MER	F	poznámka																		
25	3	30,1	x	-50	5	1	19,6	x	20,0	x	1,9 E-2	x	3,1 E-5	x	5	30	19,2	x	I přes velmi slabý naměřený signál byl příjem																		
33	1	30,6	x	-60	5	1	18,8	x	19,5	x	2,8 E-2	x	7,1 E-6	x	5	29	18,5	x	na přijímači ECG bez degradací																		
49	2	28,0	x	-62	1	1	x	x	16,0	x	x	x	x	x	x	x	x	x																			
29	1	34,0	x	-56	5	1	22,5	x	22,5	x	x	x	5,6 E-6	x	5	26	21,5	x																			
40	2	30,7	x	-60	5	1	17,8	x	2,0	x	5,2 E-2	x	4,4 E-5	x	5	31	17,8	x																			
LTE		U <sub>RX</sub> 90,5 dBμV												U <sub>RX</sub> 49 dBμV				F x = filtr před TV přijímačem																			
<b>Naměřené hodnoty - měřící vůz</b>														MOMS A																							
místo měření :				u domu č.275				48 N 54 46				17 E 29 44				měř. přístroje :				ETL, EFL100, FSP40,																	
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q		MER		C/N		CBER		VBER		poznámka																						
25	3	42,5	57,5	-44	5	5	30,2	29,8	31,0	28,0	0 E-8	0 E-8	0 E-8	0 E-8	směr TV Zlín, bez zesilovače a filtru																						
33	1	43,5	58,7	-43	5	5	29,9	30,1	32,5	31,0	1,2 E-7	7,2 E-6	0 E-8	0 E-8	směr TV Zlín, bez zesilovače a filtru																						
49	2	40,5	57,0	-46	5	5	25,8	22,5	28,5	27,0	7,4 E-6	0 E-8	1,8 E-7	0 E-8	směr TV Zlín, bez zesilovače a filtru																						
															U <sub>RX</sub> = 90,6 dBμV směr LTE vysílač																						
LTE		U <sub>RX</sub> : 87 dBμV								E : 106 dBuV/m																											
BTS LTE :														f <sub>centr.</sub> = 796 MHz				BW= 10 MHz (A1.1 + A2.1)				EIRP = 65 dBm															

## B. Louka, č.p. 108

místo měření : Louka 108, Krchálkovi  
datum měření : 22.10.2013

### Přijímací zařízení :

anténní systém : 2 x aktivní síto (zes. EMOS ASP8 26 dB) H + V (viz foto)  
rozvod : zesilovač Alcad AM-356  
TV přijímač : TV LG 82 cm LCD  
vzdálenost k BTS LTE : 160 m  
úroveň signálu LTE : 102 dB $\mu$ V na vstupu TV přijímače  
projevy rušení : signál LTE zcela znemožní příjem DVB-T  
příčina rušení : překročení prahu přebuzení (Oth) TV přijímače při prahové intenzitě elmag. pole signálů DVB-T  
ochranná opatření : zařazením filtru Macab LTE 3410 před ŠPZ (za předzesilovač v anténě !), bylo rušení odstraněno (při odpojení ant. s vertikální pol. pro příjem signálů ze SVK). Pro odstranění rušení i při příjmu slovenských programů by bylo třeba zařadit filtr i do cesty signálu antény s polarizací V.  
poznámka : **Vzhledem k intenzitě elmag. pole signálu LTE 121 dB $\mu$ V/m by náklady na ochranná opatření hradil operátor z technického hlediska by bylo vhodnější zařadit filtr(y) před anténní předzesilovač – což by reprezentovalo předzesilovač nahradit symetrizačním členem a použít externí předzesilovač**

### Měření v měřicím voze:

bez signálu BTS LTE : příjem na k29, k40, k46 s kvalitou Q5  
se signálem LTE : pasivně - ETL Q5, STB (EFL100) Q1  
pas. s filtrem - vše Q5 (filtr Macab LTE-3410)  
zesil. AB 010 - bez filtru Q1, s filtrem a odpoj. anténou s polarizací V (SVK) vše Q5  
int. elmag. pole LTE : 121 dB $\mu$ V/m u RD



Přijímací antény

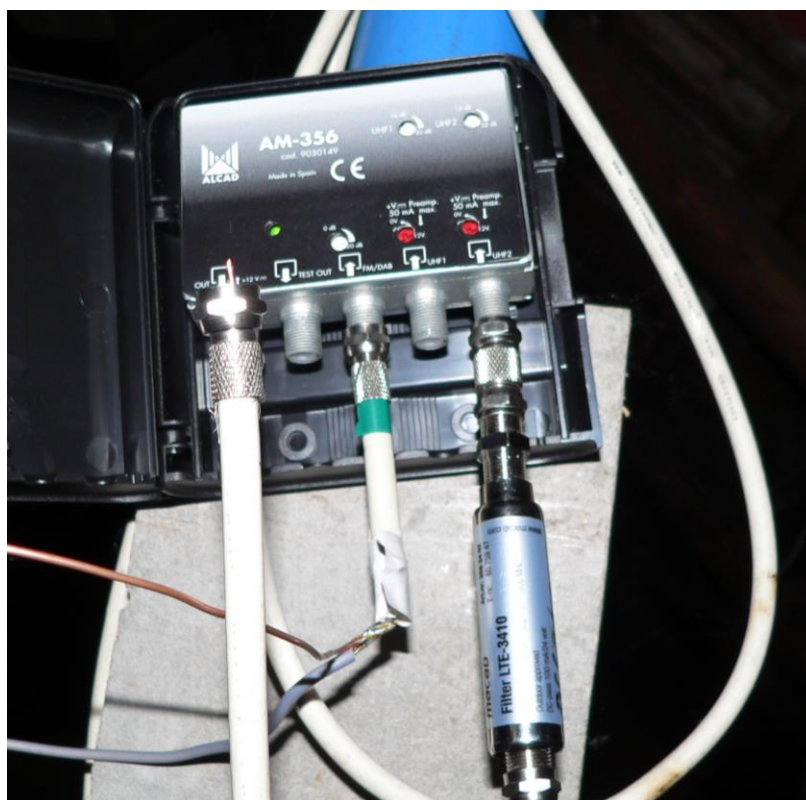


Ant. krabíčka s předzesilovačem



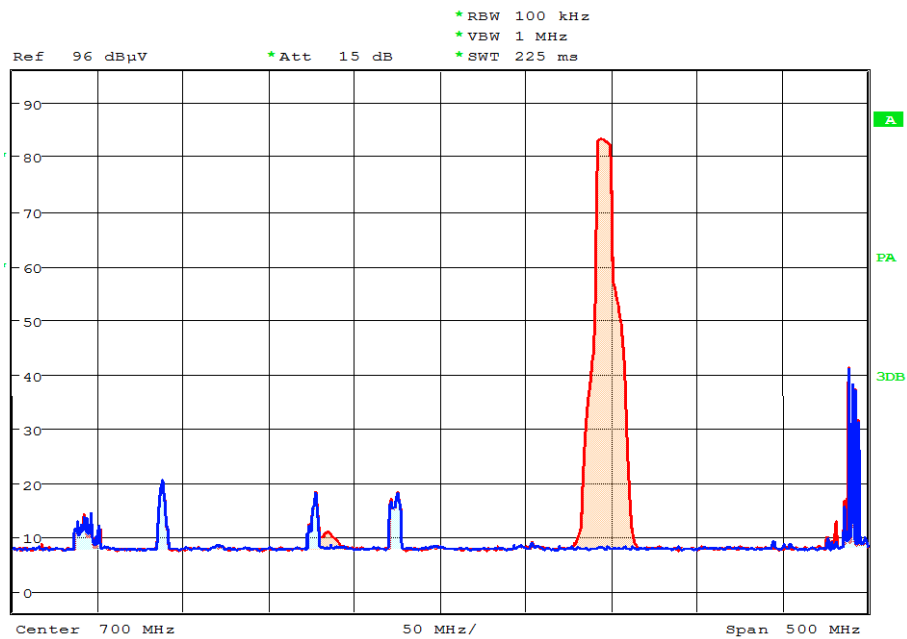


ŠPZ ALCAD AM-356 v provozním zapojení



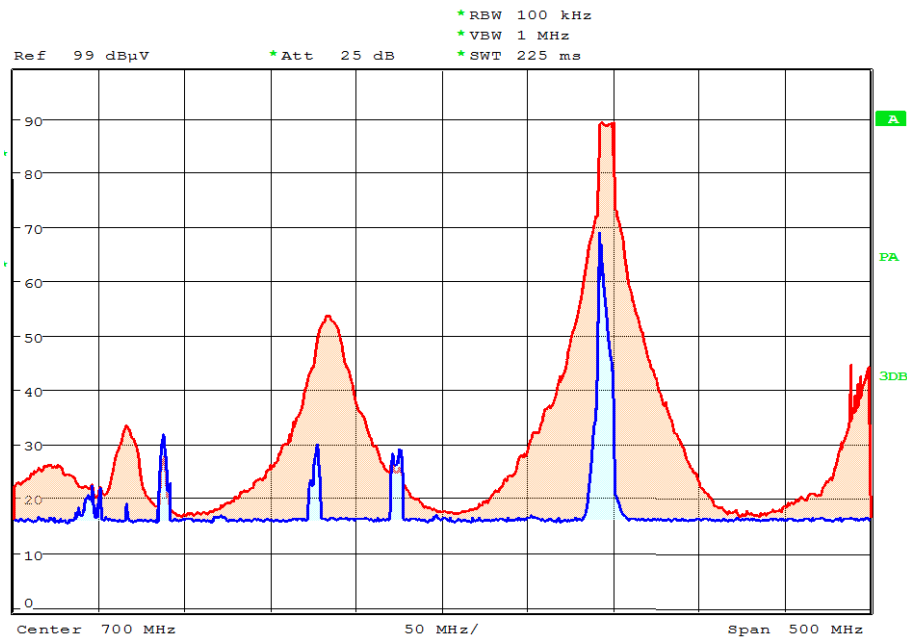
ŠPZ ALCAD AM-356 při odpojení UHF antény „V“ a zařazení filtru Macab 3410

## Měření v měřicím voze



*Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření v měř. voze u RD Louka 108  
(bez zesilovače, polarizace H, směr měřicí antény jako přijímací anténa (H) na RD )*

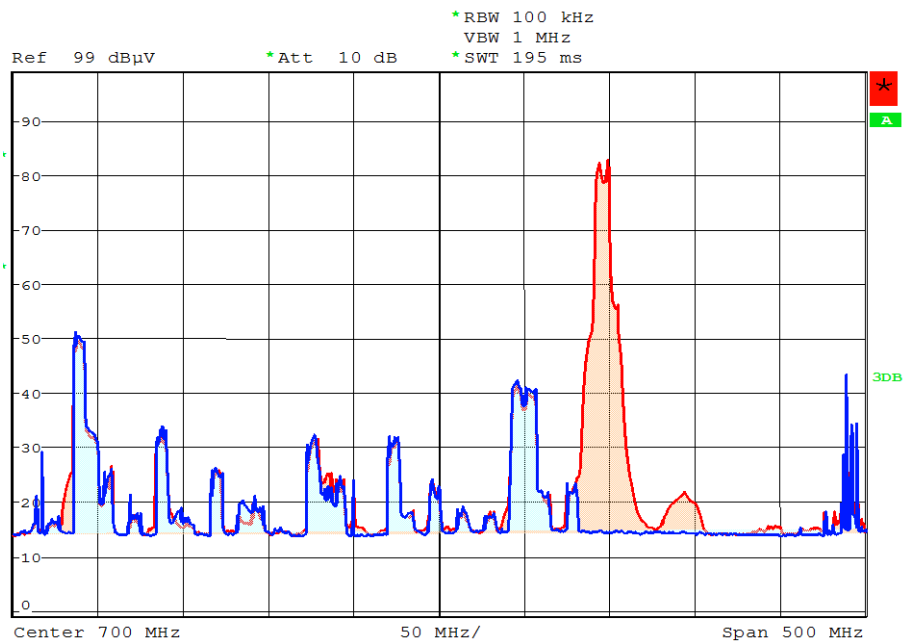
- BTS LTE on, bez filtru
- BTS off, bez filtru



*Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření v měř. voze u RD Louka 108*

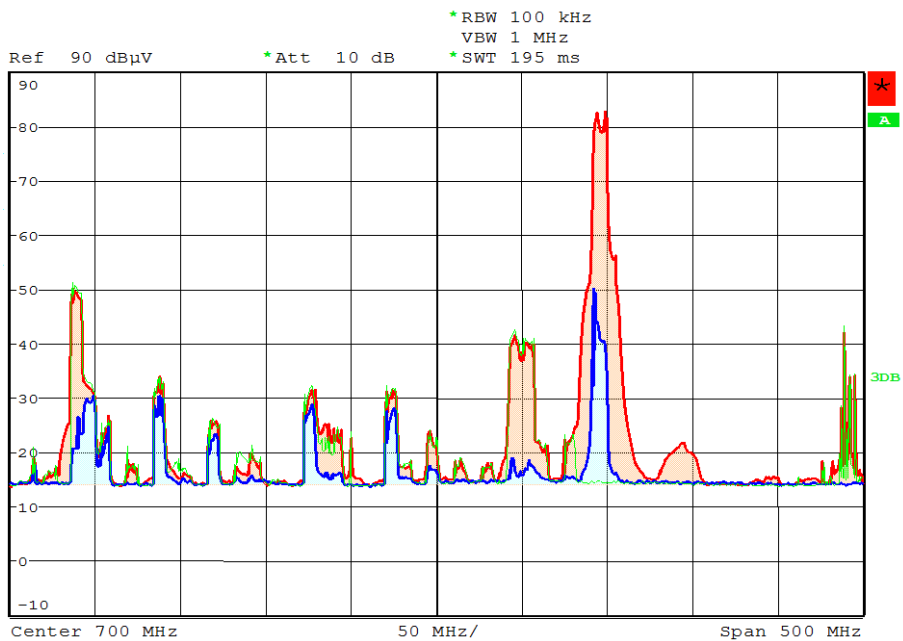
- zesilovač AB010, BTS LTE on
- zesilovač AB010, BTS on, filtr Macab LTE 3410

## Měření na rozvodu (vstup TV přijímače)



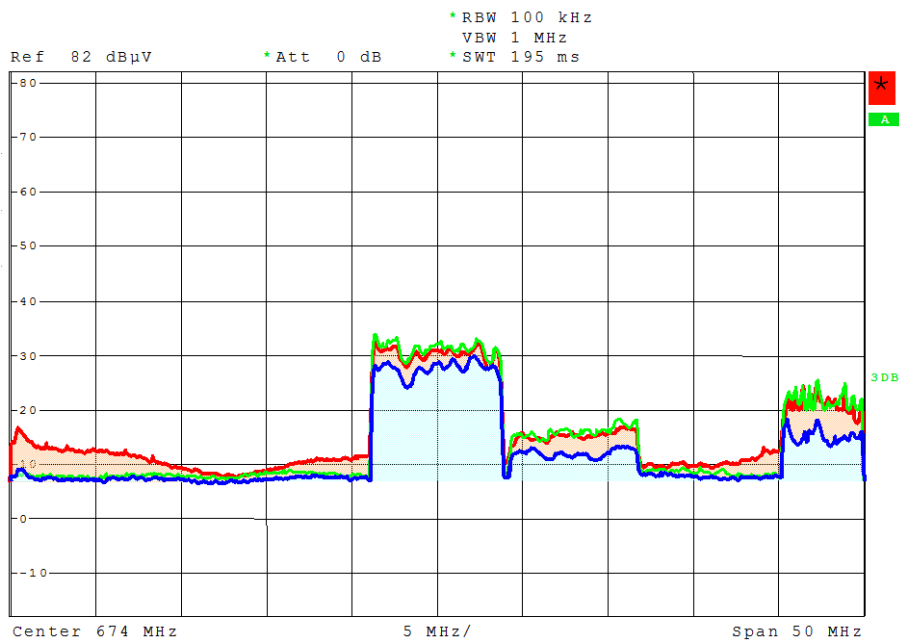
Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření signálů na vstupu TV přijímače :  
(provozní stav)

- BTS LTE on
- BTS LTE off



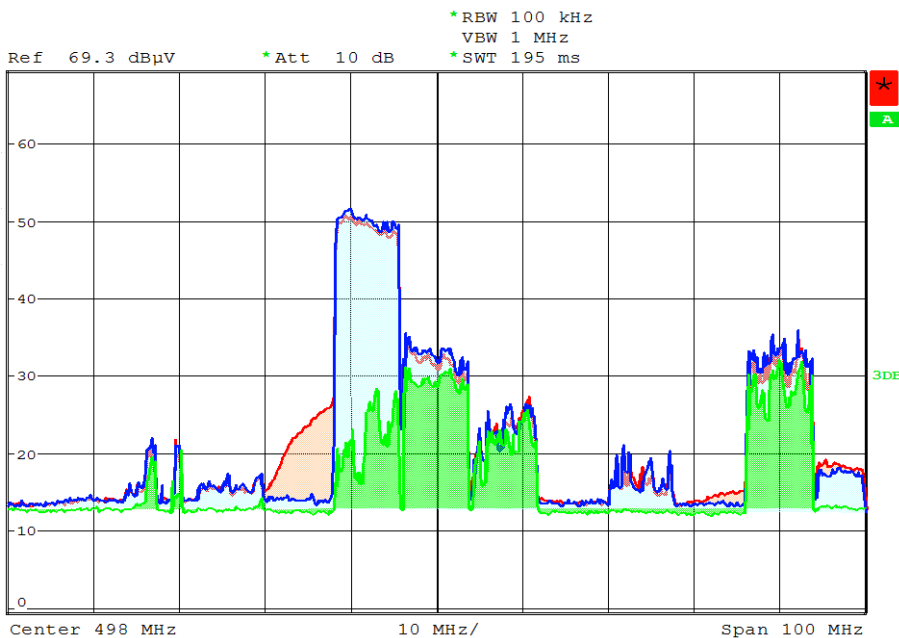
Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření signálů na vstupu TV přijímače :

- BTS LTE on, bez filtru
- BTS on, s filtrem Macab 7410, odpojena anténa „V“ (SVK)
- BTS LTE off



Spektrum signálů k46, k47 a k49

- BTS LTE on, bez filtru
- BTS on, s filtrem Macab 7410, odpojena anténa „V“ (SVK)
- BTS off, původní stav



Spektrum signálů k21 - k30 :

- BTS LTE on, bez filtru
- BTS off, původní stav
- BTS LTE on, s filtrem LTE a odpojením ant. „V“

Název obce :	<b>Louka</b>		adresa :	Louka 108		č. akce / měření :	2/B												
jméno :	<b>Krchálkovi</b>		kontakt :	728 725 658		měřeno :	22.10.2013	počet osob :	5										
<b>Popis přijímacího zařízení :</b>																			
antény :	A:	aktivní síto, H zesill. ASP8	x	B:	aktivní síto, V zesil..ASP8	x	C:	zesil.:	D:										
rozvod :	zesilovače :	popis: ALCAD AM-356, zisk 32 dB																	
	sluč. / rozb. zásuvky	popis :																	
		počet :	1	další prvky rozvodu :															
TV přijímače / STB	počet :	1	typ .	LG 82 cm LCD															
<b>Naměř.hodnoty rozvod</b>		BTS LTE :		off /	on	měř. přístroje :		ETL, FSP 40, filtr Macab	po úpravách										
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q	MER	C/N	CBER	VBER	Q	PR	MER	F	poznámka					
29	1	51,0	x	-51	5	1	20,7	17	19	18	1,8 E-2	6,9 E-2	2,0 E-5	3,5 E-3	5	-17	20,1	x	filtr LTE 3410 na vstupu ŠPZ, odpoj. ant. "V"
40	2	49,0	x	-53	5	1	20,4	x	18	16	2,1 E-2	x	1,6 E-5	x	5	19	19,6	x	filtr LTE 3410 na vstupu ŠPZ, odpoj. ant. "V"
46	3	48,0	x	-54	5	1	20,0	x	18	16	3,9 E-2	x	8,5 E-5	x	5	-21	19,7	x	filtr LTE 3410 na vstupu ŠPZ, odpoj. ant. "V"
																			Po spuštění LTE nešel žádný program.
																			Po vložení filtru do antény H šel obraz
																			pouze u českých programů (kostičkoval),
																			po odpojení antény V (slovencké programy)
																			byl obraz u českých programů již OK
LTE	U <sub>RX</sub>	102 dBμV bez filtru, 67 dBμV s filtrem								U <sub>RX</sub>	67 dBμV		F x = filtr před ŠPZ AM-356, odpoj. ant. "V"						
<b>Naměřené hodnoty - měřicí vůz</b>		MOMS A																	
místo měření :	u domu č.108		48 N 54 52		17 E 29 37		měř. přístroje :			ETL, EFL100, FSP40, zesil. TERRA AB 010, filtr Macab LTE 3410									
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q	MER	C/N	CBER	VBER	poznámka									
29	1	49,0	50,5	-21	5	5	19,8	19,4	27	27	2,9 E-2	2,4 E-2	9,5 E-6	6,4 E-6	se zesilovačem AB 010 při použití filtru Macab LTE 3410				
40	2	47,0	48,5	-23	5	5	20,3	20,1	25	25	1,7 E-2	2,1 E-2	1,1 E-6	5,9 E-6	se zesilovačem AB 010 při použití filtru Macab LTE 3410				
46	3	48,0	50,0	-22	5	5	20,8	20,0	26	26	5,9 E-3	8,7 E-3	1,1 E-7	5,3 E-6	se zesilovačem AB 010 při použití filtru Macab LTE 3410				
															U <sub>RX</sub> LTE = 102 dBμV pasivně, 110 dBμV se zesil. AB 010				
LTE	U <sub>RX</sub> :	102 dBμV bez filtru, 70 dBμV s filtrem								E :	121 dBuV/m								
BTS LTE :		f <sub>centr.</sub> = 796 MHz				BW= 10 MHz (A1.1 + A2.1)				EIRP = 65 dBm									

## C. Louka, č.p. 211

místo měření : Louka 211, Štědronštit  
datum měření : 23.10.2013

### Přijímací zařízení :

antennní systém : 1 x pasivní souřazová ant. (sítu) - viz foto  
rozvod : širokopásmový zesilovač TEROZ 417  
(G = 20 dB, U<sub>out.</sub> = 102 dB $\mu$ V)  
hybridní rozbočovač TEROZ (1/4)

TV přijímač : LED Philips 100 cm  
vzdálenost k BTS LTE : 460 m  
úroveň signálu LTE : 93 dB $\mu$ V na vstupu TV přijímače,  
100 dB $\mu$ V na výstupu ŠPZ Teroz

projevy rušení : signál LTE způsobí degradaci příjmu signálů DVB-T - HD  
příčina rušení : im produkty ŠPZ Teroz – nižší dynamický rozsah než  
je deklarováno výrobcem

ochranná opatření : zařazení filtru Macab LTE 3410 před ŠPZ zcela odstraní  
projevy rušení

poznámka : **Vzhledem k intenzitě elmag. pole signálu LTE (při použitím  
nasměrování antény E = 102 dB $\mu$ V/m) by náklady na ochran-  
ná opatření hradil majitel přijímacího zařízení (není překroče-  
na hodnota PR, Oth ani deklarovaná výst. úroveň zesilovače)  
Stejného efektu by bylo možno docílit vložení útlumového  
článku cca 6-10 dB před ŠPZ, ale s nepříznivými důsledky na  
odstup C/N u signálů na k41 a k42**

### Měření v měřicím voze:

bez signálu BTS LTE : příjem na k25, k33, k49, k41, k42 a k29 s kvalitou Q5,  
(při totožném nasměrování jako přijímací anténa na RD)

se signálem LTE : pasivně - u signálů HD kostičkování (Q1 - Q3)  
pas. s filtrem - vše Q5 (filtr Macab LTE-3410)  
zesil. AB 010 - bez filtru signály SFN Zlín Q5

int. elmag. pole LTE : 114 dB $\mu$ V/m u RD při nasměrování na BTS LTE,  
102 dB $\mu$ V/m u RD při nasměrování na TV Zlín

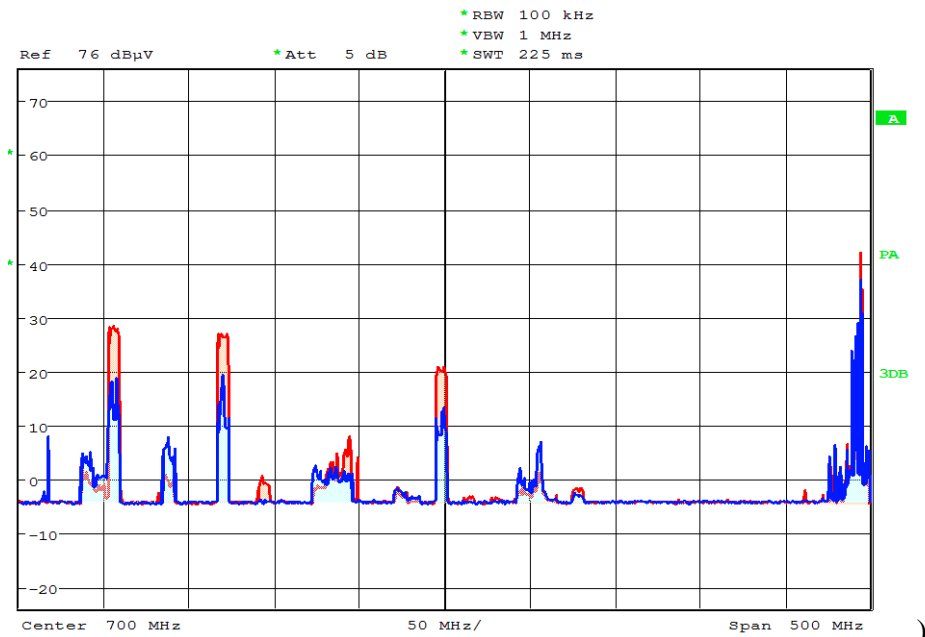


Přijímací anténa



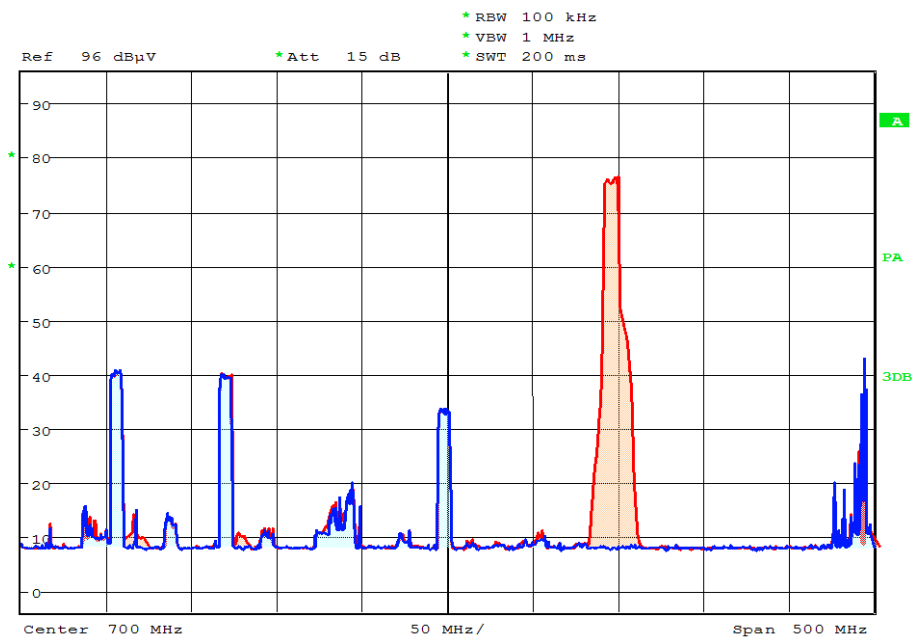
Zesilovač + rozbočovač

## Měření v měřicím voze



Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření v měř. voze u RD Louka 211 (bez zesilovače)

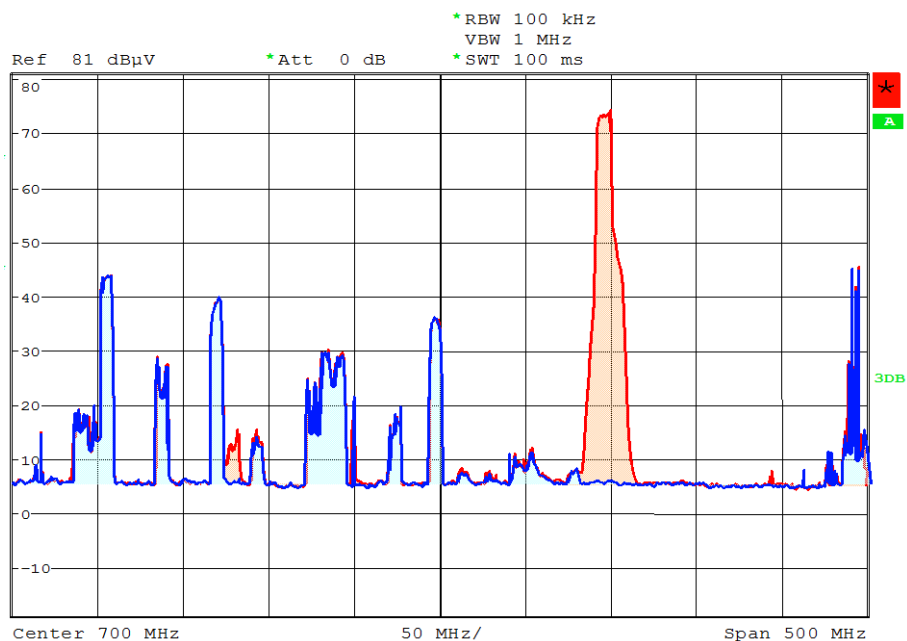
- anténa směr Zlín
- anténa směr Brno



Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření v měř. voze u RD Louka 211 (ant. směr Zlín, zesilovač AB 010 - k25, k33 a k 49, stejně jako anténa na RD)

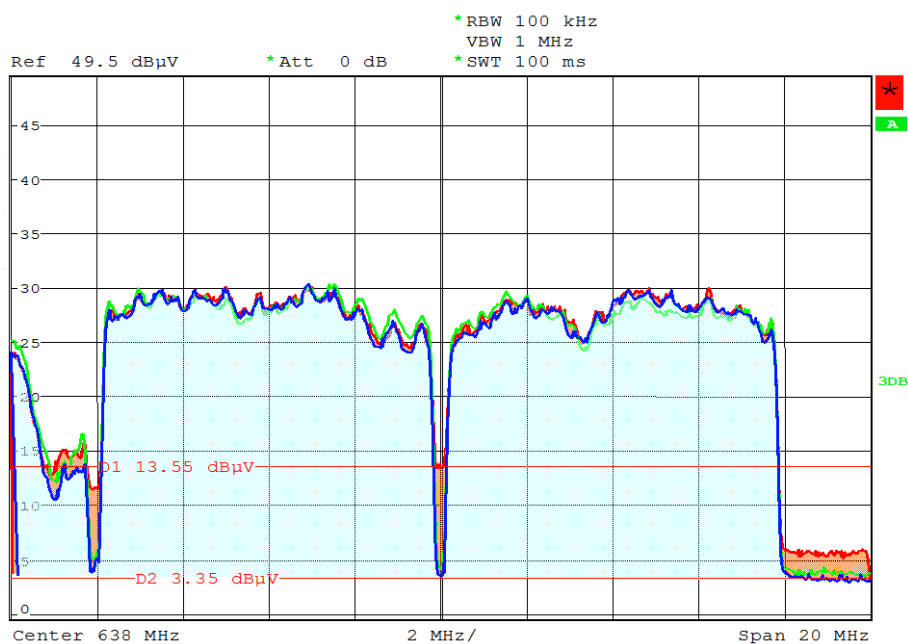
- zesilovač AB010, BTS LTE on
- zesilovač AB010, BTS LTE off

## Měření na rozvodu (vstup TV přijímače)



Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření signálů na vstupu TV přijímače :

- BTS LTE on
- BTS LTE off



Spektrum signálů k41(RS7) a k42 (MUX4) ze Zlína

- BTS LTE on (im produkt v k41 i k42) – vlivem nízkého C/I přijímač vypadává ze synchronizace
- BTS LTE on, filtr Macab LTE 3410
- BTS LTE off



Název obce :	<b>Louka</b>		adresa :	Louka 211		č. akce / měření :	2/C													
jméno :	<b>Štědronští</b>		kontakt :	606 763 716		měřeno :	22.10.2013	počet osob:	4											
<b>Popis přijímacího zařízení :</b>																				
antény :	A:	pasivní ITA - typ síťo	zesil :		B:	zesil. :		C:	zesil.:		D:									
rozvod :	zesilovače :	popis : ŠPZ TEROZ 417, zisk 20dB, Uo = 102 dBuV																		
	sluč. / rozb. zásuvky	popis :	hybridní rozbočovač čtyřnásobný																	
		počet :	4	další prvky rozvodu :																
TV přijímače / STB	počet :	1	typy .	PHILIPS LED 100cm																
<b>Naměř. hodnoty rozvod</b>		BTS LTE :		off /	on	měř. přístroje : ETL, FSP 40, filtr Macab			po úpravách											
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q	MER	C/N	CBER	VBER	Q	PR	MER	F	poznámka						
29	1	43	x	-44	5	1	21,2	21,1	23	22	1,5 E-2	2,1 E-2	6,7 E-6	5,9 E-6	5	-10	21,5	x	po vložení filtru OK	
25	3	60	x	-33	5	5	32,5	31,4	40	37	0 E-8	2,6 E-7	0 E-8	0 E-8	5	7	30,8	x		
33	1	58	x	-35	5	5	33,1	32,7	37	25	0 E-8	7,6 E-7	0 E-8	0 E-8	5	5	32,2	x		
41	RS7	47	x	-46	5	1	26,1	17,5	26	16	4,0 E-5	1,8 E-2	1,5 E-7	6,9 E-3	5	-5	24,9	x	po vložení filtru OK	
42	4	47	x	-46	5	1	27,8	16,9	26	16	2,1 E-5	4,6 E-2	5,1 E-7	8,9 E-3	5	-5	25,3	x	po vložení filtru OK	
49	2	52	x	-41	5	5	30,2	29,6	30	26	1,4 E-7	6,9 E-5	0 E-8	6,6 E-6	5	-1	27,14	x		
																				Po spuštění LTE na TV kostičkovaly HD programy
LTE	U <sub>RX</sub> 93 dBμV										U <sub>RX</sub> 51 dBμV	F x = filtr před ŠPZ Teroz 417								
<b>Naměřené hodnoty - měřicí vůz</b>		MOMS C2																		
místo měření :	u domu č.211		48 N 54 44		17 E 29 47		měř. přístroje : ETL, EFL100, FSP40. zesilovač TERRA AB 010, filtr Macab LTE 3410													
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q	MER	C/N	CBER	VBER	poznámka										
29	1	53	54	-13	5	5	23,2	22,7	35	34	3,8 E-5	7,2 E-4	0 E-8	0 E-8	při použití zesilovače AB 010 a filtru LTE 3410					
25	3	58	59	-8	5	5	29,5	27,4	37	35	7,2 E-6	3,3 E-5	0 E-8	0 E-8	při použití zesilovače AB 010 a filtru LTE 3410					
33	1	58	60	-8	5	5	30,4	29,6	37	35	6,4 E-5	2,2 E-4	0 E-8	0 E-8	při použití zesilovače AB 010 a filtru LTE 3410					
41	RS7	49	51	-17	5	5	26,7	24,1	31	30	4,1 E-4	5,9 E-4	1,9 E-7	7,2 E-7	při použití zesilovače AB 010 a filtru LTE 3410					
42	4	48	50	-16	5	5	26,3	23,9	30	28	5,2 E-4	7,8 E-4	0 E-8	0,00E+00	při použití zesilovače AB 010 a filtru LTE 3410					
49	2	53	56	-13	5	5	28,8	26,6	34	33	1,7 E-6	5,3 E-5	0 E-8	0 E-8	při použití zesilovače AB 010 a filtru LTE 3410					
LTE	U <sub>RX</sub> : 96 dBμV bez filtru, 64 dBμV s filtrem		E : 102 dBμV/m při směru antény na Zlín , 114 dBμV/m směr BTS LTE																	
BTS LTE :		f <sub>centr.</sub> = 796 MHz		BW= 10 MHz (A1.1 + A2.1)		EIRP = 65 dBm														

## D. Louka, č.p. 228

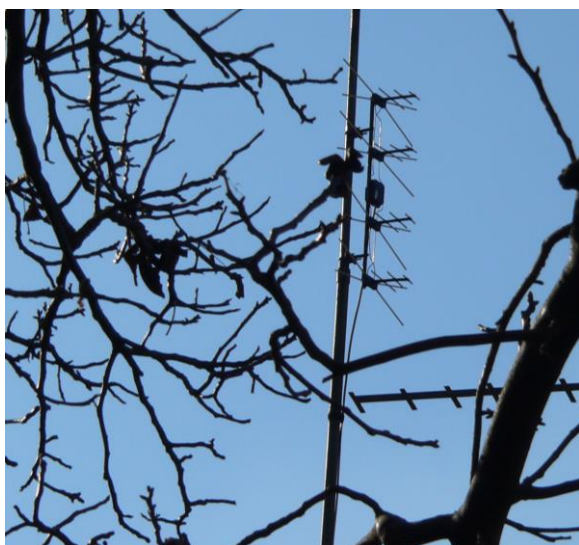
místo měření : Louka 211, Sečkařovi  
datum měření : 23.10.2013

### Přijímací zařízení :

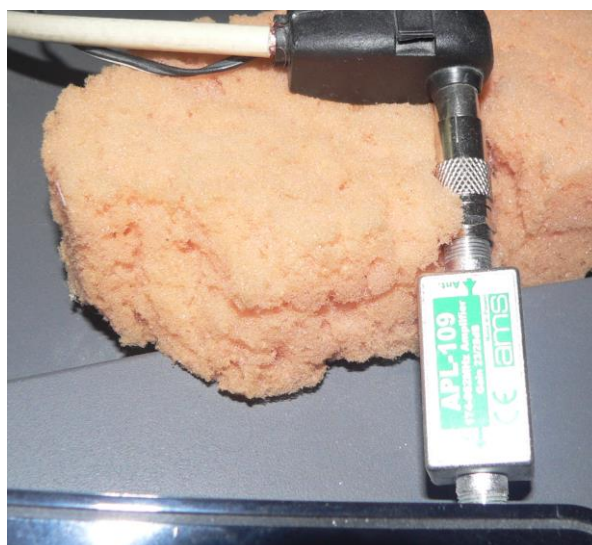
anténní systém : 1 x aktivní soufázová ant (síto) - zesilovač no name (POL)  
rozvod : průběžný zesilovač ams APL-109 (G = 23/29 dB)  
hybridní robočovač (1/4)  
TV přijímač : STB Hyundai  
vzdálenost k BTS LTE : 260 m  
úroveň signálu LTE : 101 dB $\mu$ V na vstupu TV přijímače (STB)  
projevy rušení : signál LTE znemožní příjem všech signálů DVB-T  
příčina rušení : - u TV přijímače (STB) dochází k překročení prahu přebuzení Oth (U = 101 dB $\mu$ V)  
- intenzita elmag. pole signálů DVB-T nedosahuje požadovaných hodnot podle dop. ITU-R BT.2036 a Plánu GE06  
ochranná opatření : zařazení filtru Macab LTE 3410 před průběžný zesilovač APL-109 (tj. za anténním předzesilovačem) odstraní rušení - příjem je bez degradace (Q5)  
Vzhledem k nízké intenzitě elmag. pole by náklady na ochranná opatření hradil majitel přijímacího zařízení  
poznámka : pro úpravy přijímacího zařízení by bylo vhodné použít anténu s užším vyzařovacím diagramem (problém echa), průběžný zesilovač s nižším ziskem a optimálně filtr zařadit před anténní předzesilovač (použít typ mimo anténní krabíčku)

### Měření v měřicím voze:

bez signálu BTS LTE : příjem na k29, k40, k46 a k59 je s kvalitou Q5, (pouze při použití zesilovače TERRA AB 010, jinak Q1)  
se signálem LTE : pasivně - vše Q1  
pas. s filtrem - vše Q1 (filtr Macab LTE-3410)  
zesil. AB 010 - bez filtru signály k29 - k46 Q5  
- s filtrem i k59 Q5  
int. elmag. pole LTE : 85 dB $\mu$ V/m u RD při nasměrování na BTS LTE,  
77 dB $\mu$ V/m u RD při nasměrování na TV Brno

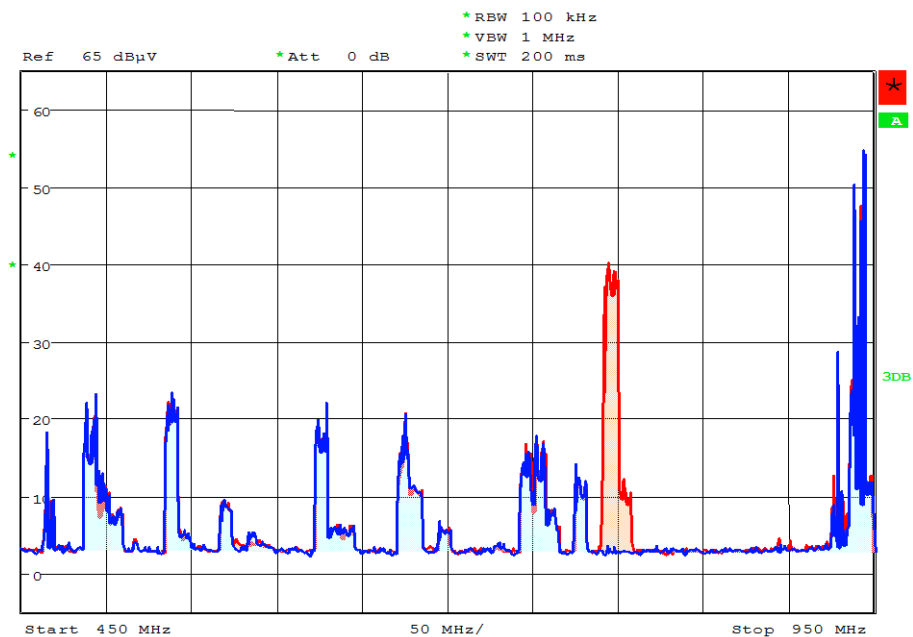


Přijímací anténa



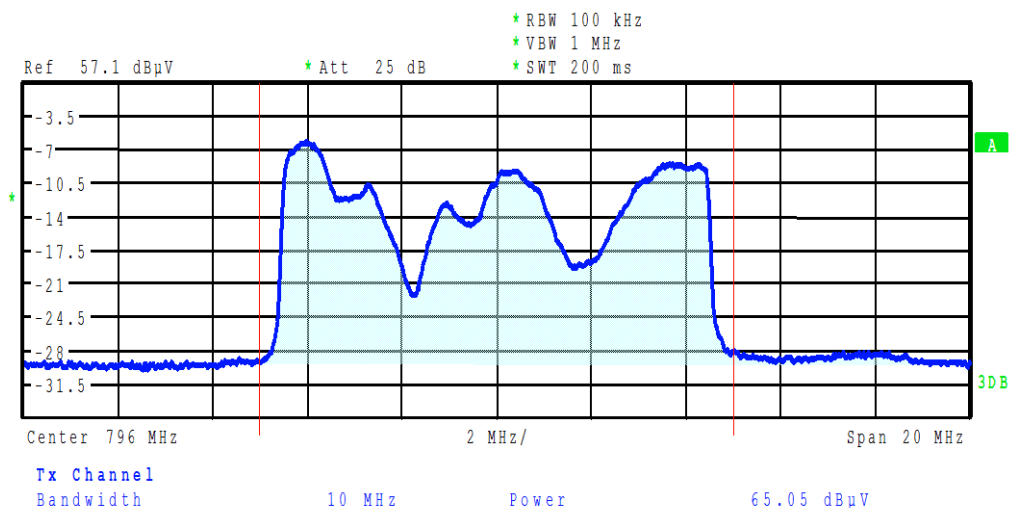
Průběžný zesilovač ams APL-109

## Měření v měřicím voze



Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření v měř. voze u RD Louka 228 (měřicí anténa nasměrována na TV Brno)

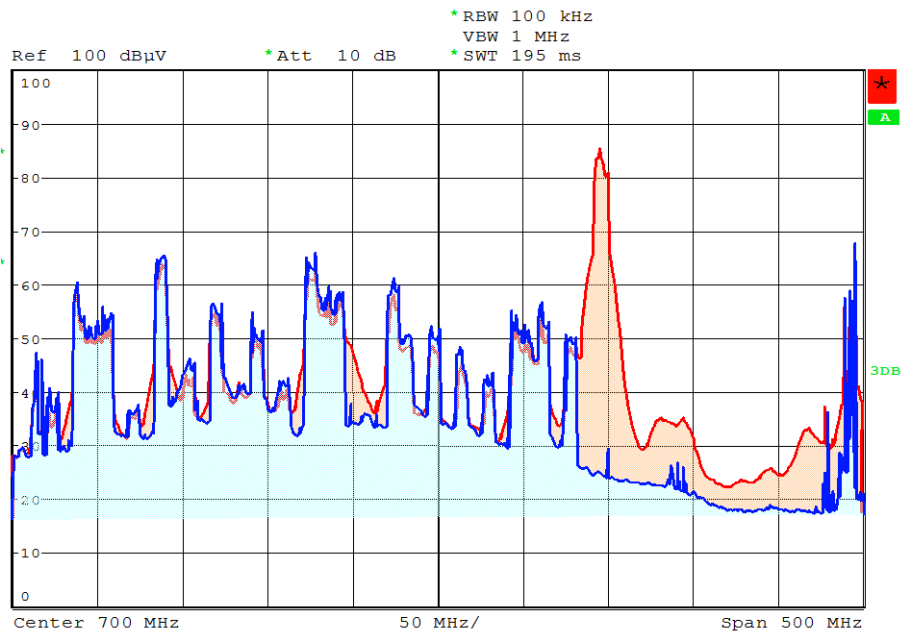
- BTS LTE on
- BTS LTE off



Průběh spektra a úroveň signálu BTS LTE na výstupu měřicí antény (směr BTS)

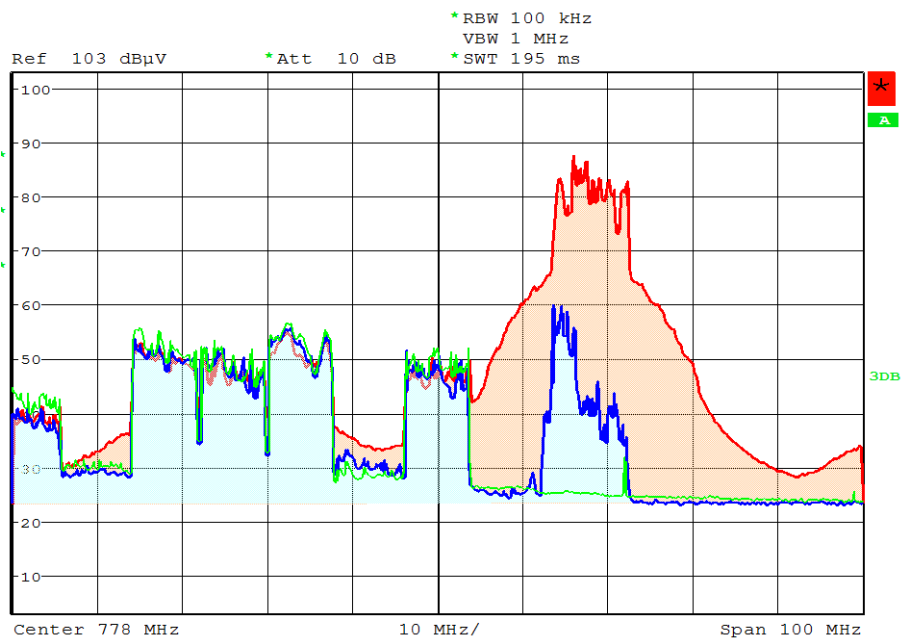
Rodinný dům č.p. 228 je již mimo hlavní svazek vyzařovacího diagramu vysílací antény BTS LTE, takže se ve zvýšené míře vyskytují odrazy.

## Měření na rozvodu (vstup STB Hyundai)



Spektrum v pásmu 450-950 MHz, měřeno na vstupu STB

- BTS LTE on
- BTS LTE off



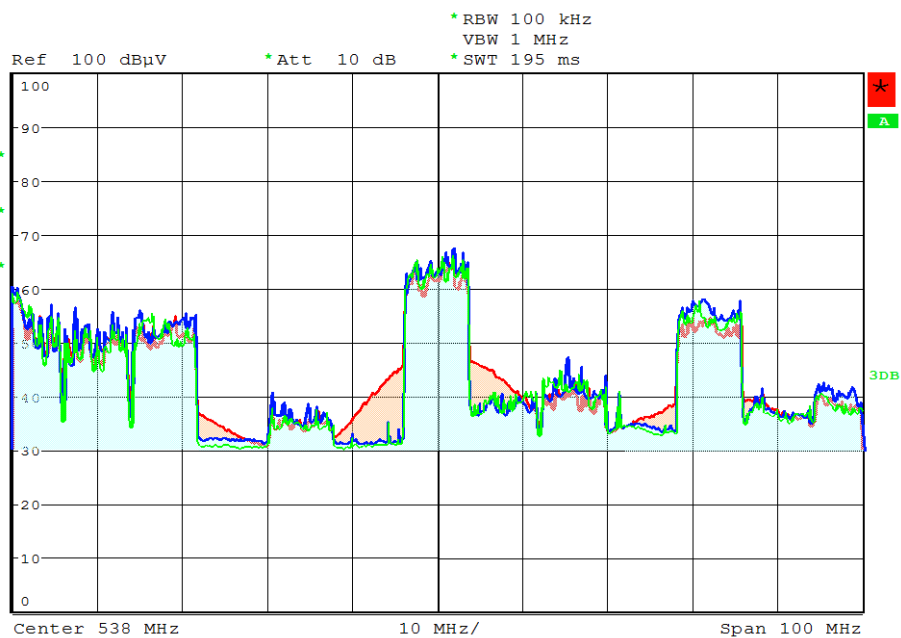
Spektrum signálů v okolí k59 (778 MHz =  $f_{centr}$ )

- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Macab LTE-3410 na vstupu průběžného zesilovače
- BTS LTE off



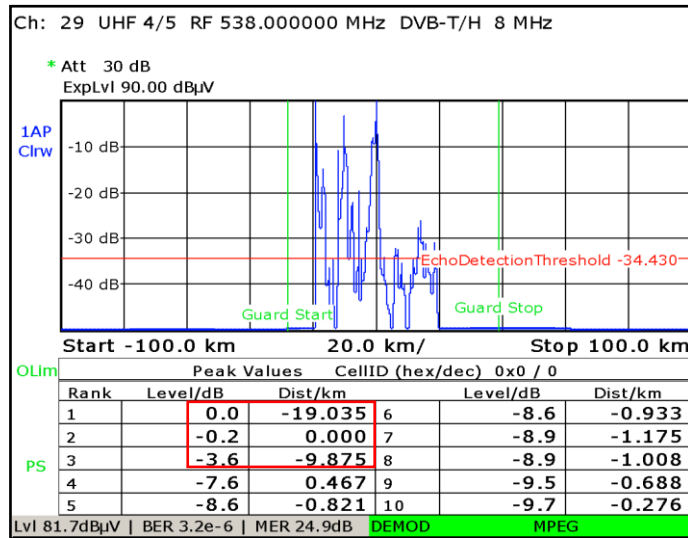
Spektrum signálů v okolí k40 (626 MHz =  $f_{centr}$ )

- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Macab LTE-3410 na vstupu průběžného zesilovače
- BTS LTE off

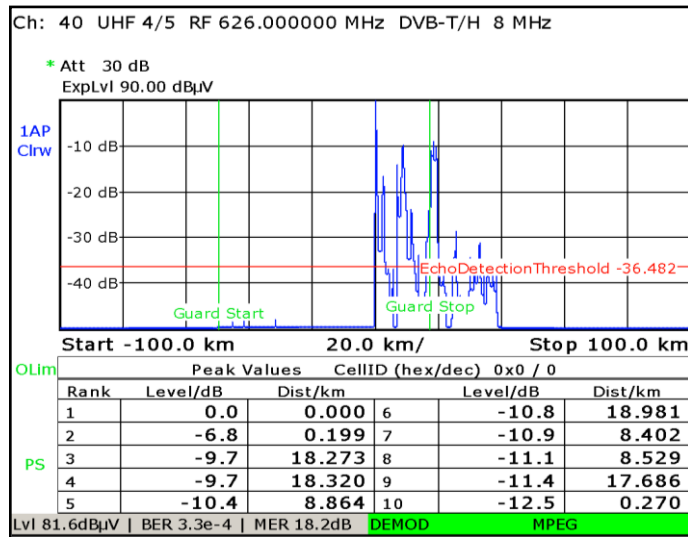


Spektrum signálů v okolí k29 (538 MHz =  $f_{centr}$ )

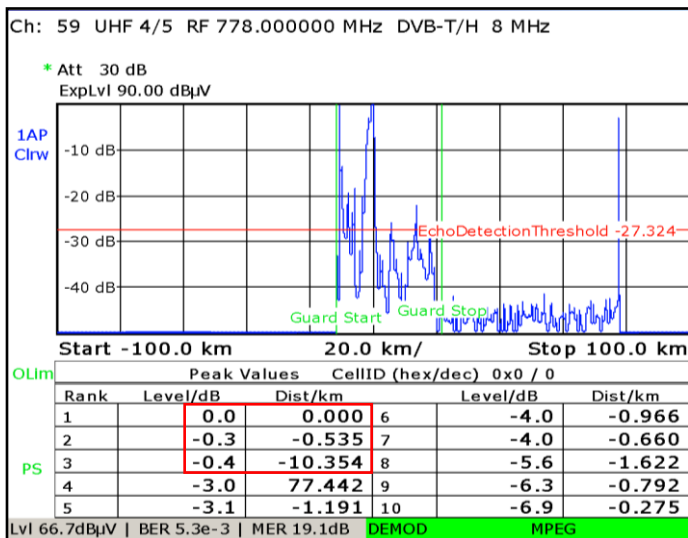
- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Macab LTE-3410 na vstupu průběžného zesilovače
- BTS LTE off



Impulzní odezva (echo) na k 29



Impulzní odezva (echo) na k 40

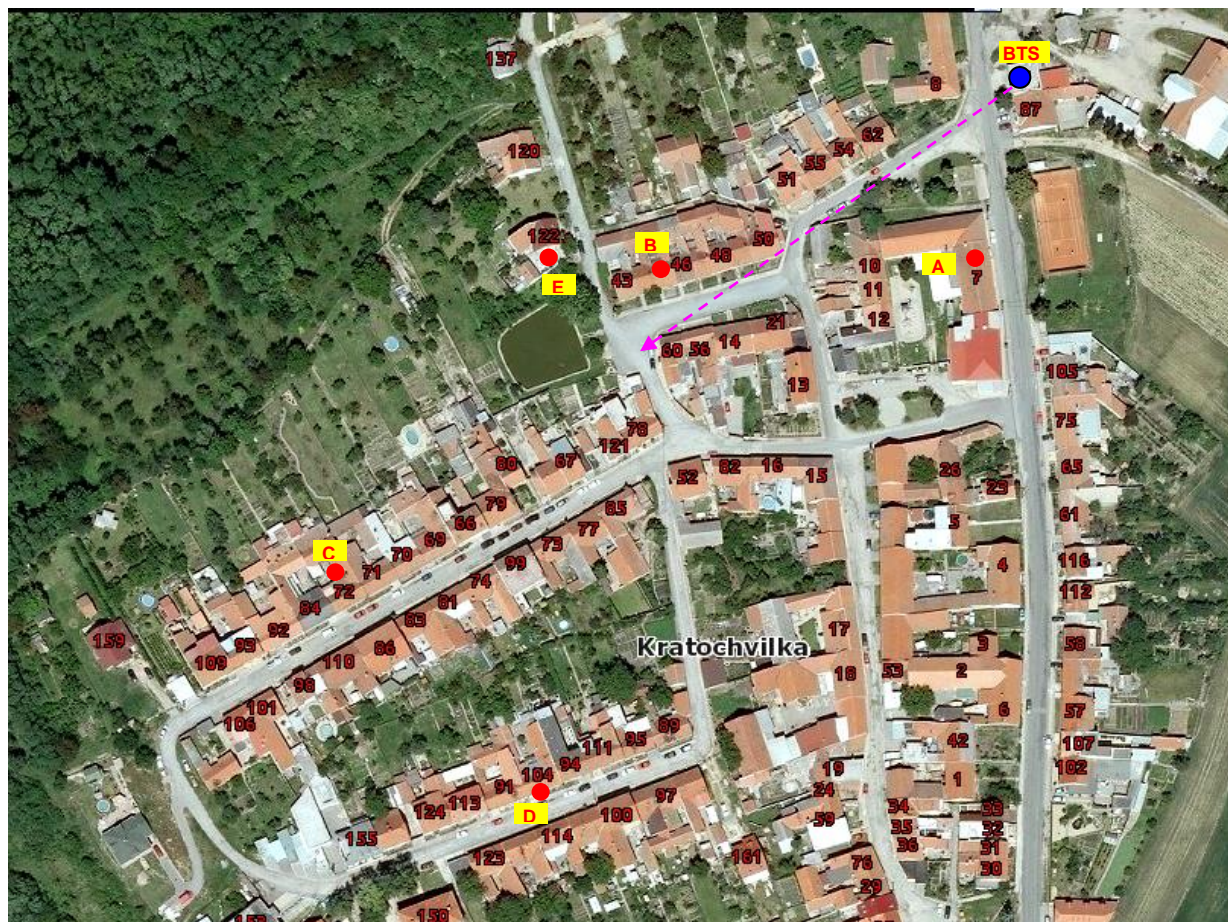


Impulzní odezva (echo) na k 59

Název obce :	<b>Louka</b>	adresa :	Louka 228	č. akce / měření :	2/D															
jméno :	<b>Sečkařovi</b>	kontakt :		měřeno :	23.10.2013	počet osob :	2													
<b>Popis přijímacího zařízení :</b>																				
antény :	A: aktivní ITA - typ síťo	zesil : no name	x	B:	zesil. :	C:	zesil.:	D:												
rozvod :	zesilovače :	popis :	průběžný zesilovač ams, typ APL-109, zisk 29 dB v UHF pásmu (POL)																	
	sluč. / rozb. zásuvky	popis :		další prvky rozvodu :																
TV přijímače / STB	počet :	1	typy .	TV WATSON CRT 63cm, + STB HYUNDAI																
<b>Naměř.hodnoty rozvod</b>		BTS LTE :	off /	on	měř. přístroje :	ETL, FSP 40, filtr Macab	po úpravách													
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q	MER	C/N	CBER	VBER	Q	PR	MER	F	poznámka						
29	1	81,7	x	-19	5	1	24,9	x	30	≈15	5,9 E-3	x	3,2 E-6	x	5	13	23,9	x	s filtrem před průběžným zesilovačem	
40	2	81,6	x	-19	5	1	18,2	x	28	≈10	8,8 E-3	x	3,3 E-4	x	5	13	21,4	x	s filtrem před průběžným zesilovačem	
46	4	76,5	x	-24	5	1	20,1	x	22	≈14	1,5 E-2	x	2,3 E-3	x	5	7	19,1	x	s filtrem před průběžným zesilovačem	
59	3	66,7	x	-34	5	1	19,1	x	20	≈7	3,0 E-2	x	5,3 E-3	x	5	-2	19,2	x	s filtrem před průběžným zesilovačem	
																				pozn.: hodnoty BER a MER jsou velmi časově nestabilní !
LTE	U <sub>RX</sub>	101 dBμV										U <sub>RX</sub>	67 dBμV		F x = filtr před průběžným zesilovačem					
<b>Naměřené hodnoty - měřící vůz</b>		MOMS C2																		
místo měření :	u domu č.228	48 N 54 56	17 E 29 21	měř. přístroje :	ETL, EFL100, FSP40, zesilovač AB 010, filtr Macab LTE-3410															
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q	MER	C/N	CBER	VBER	poznámka										
29	1	39,0	42	-19	5	5	20,9	20,5	22	21	1,0 E-2	6,9 E-2	1 E-7	5,4 E-6	se zesilovačem TERRA 010, bez použití filtru LTE					
40	2	36,5	41	-21	5	5	19,8	19,2	20	20	3,4 E-2	7,4 E-2	2,2 E-5	7,2 E-5	se zesilovačem TERRA 010, bez použití filtru LTE					
46	4	34,0	40	-24	5	5	19,7	19,1	18	18	1,9 E-2	3,8 E-3	1,2 E-5	8,9 E-6	se zesilovačem TERRA 010, bez použití filtru LTE					
59	3	33,5	40	-24	5	5	19,2	18,7	17	x	2,7 E-2	1,7 E-2	1,7 E-5	2,4 E-5	se zesilovačem TERRA 010, s použitím filtru Macab LTE-3410					
															U <sub>RX</sub> = 65 dBμV směr LTE vysílač					
LTE	U <sub>RX</sub> :	58 dBμV směr TV Brno					E :	77 dBuV/m směr TV Kojál, 85 dBuV/m směr BTS LTE												
BTS LTE :	f <sub>centr.</sub> = 796 MHz	BW= 10 MHz (A1.1 + A2.1)	EIRP = 65 dBm																	

### 3. Kratochvilka

umístění BTS LTE : objekt Sdružení dobrovolných hasičů Kratochvilka  
loc: : 49 N 09 28,29 16 E 22 36,62  
EIRP BTS : 65 dBm  
hlavní směr záření : 235°  
provoz BTS : 7.11. – 14.11.2013 v dohodnutých časech,  
datum měření : 11. až 14.11.2013



Umístění : **BTS LTE** (max. směr záření AS), rušené přijímací systémy



Anténa BTS



Pohled od anteny BTS



## A. Kratochvilka č.p. 7

místo měření : Kratochvilka č.p. 7, Restaurace  
datum měření : 12.11.2013

### Přijímací zařízení :

anténní systém : 1 x aktivní síto (předzesilovač v ant. krabice, bez údajů)  
rozvod : pasivní pro 1 přijímač  
TV přijímač : STB Technisat Digipal 2  
vzdálenost k BTS LTE : 60 m  
úroveň signálu LTE : 101 dB $\mu$ V na vstupu TV přijímače  
projevy rušení : signál LTE zcela znemožní příjem DVB-T  
příčina rušení : im produkty vytvořené v předzesilovači vlivem přebuzení silným signálem LTE. Porovnáním odstupů LTE/DVB-T v měř. voze a na rozvodu je zřejmé, že přijímací anténa není optimálně nasměrována na TV vysílače Brno (vzhledem ke změněné int. elmag. pole signálů DVB-T a předpokládanému zisku samotné antény  $\approx$  12 dB)  
ochranná opatření : podle předpokladu umístění filtru za předzesilovač nemá žádný vliv na degradaci signálů DVB-T.  
poznámka : **Vzhledem k intenzitě elmag. pole signálu LTE 127 dB $\mu$ V/m by ochranná opatření hradil operátor pro optimalizaci přijímacího systému by bylo nutno předzesilovač v anténí krabici nahradit symetrizačním členem a použít externí zesilovač s předřazeným filtrem. Je to reálná situace – ze stejného stanoviště bude zřejmě provozována eNodeB TCR**

### Měření v měřicím voze:

bez signálu BTS LTE : příjem na k29, k40, k46 a k59 s kvalitou Q5  
se signálem LTE : pasivně - ETL Q5, STB (EFL100) Q1  
pas. s filtrem - vše Q5 (filtr Macab LTE-3410)  
zesil. 15 dB - bez filtru Q1, s filtrem vše Q5  
int. elmag. pole LTE : 127 dB $\mu$ V/m u RD

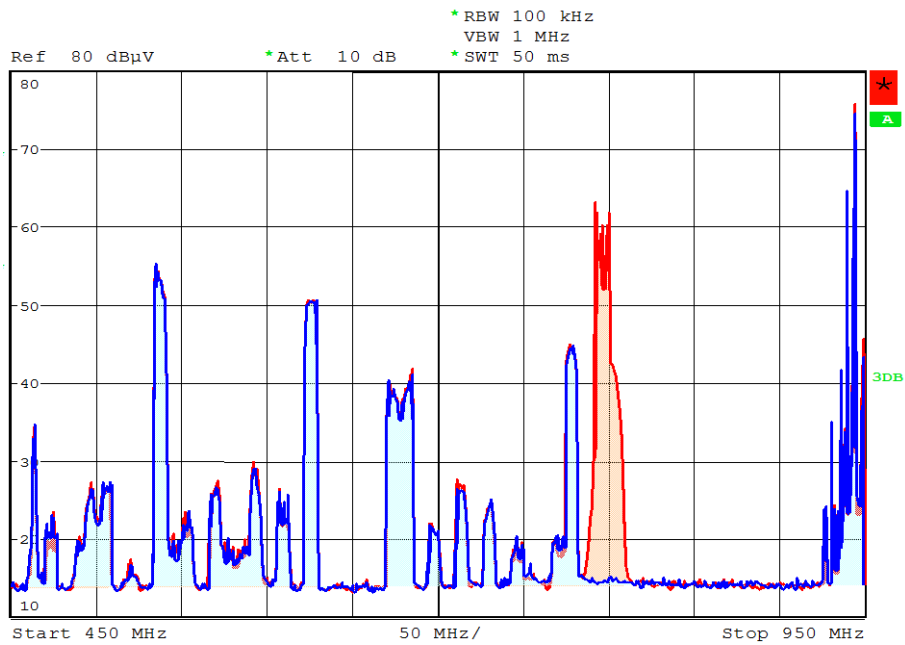


Rušená a měřicí anténa



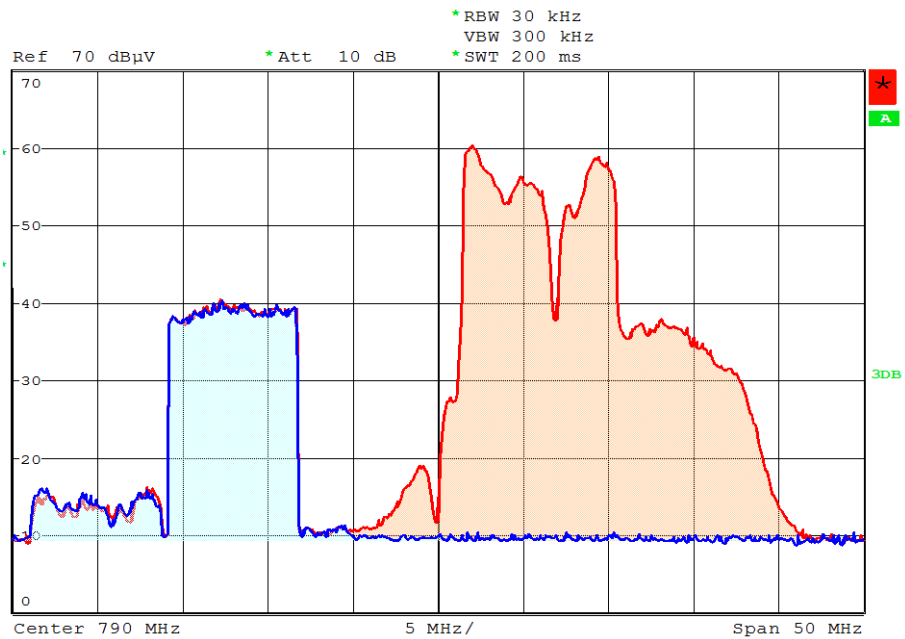
STB TechniSat Digipal 2

## Měření v měřicím voze



Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření v měř. voze u č.p. 7 Kratochvilka  
(se zesilovačem AB010, bez filtru)

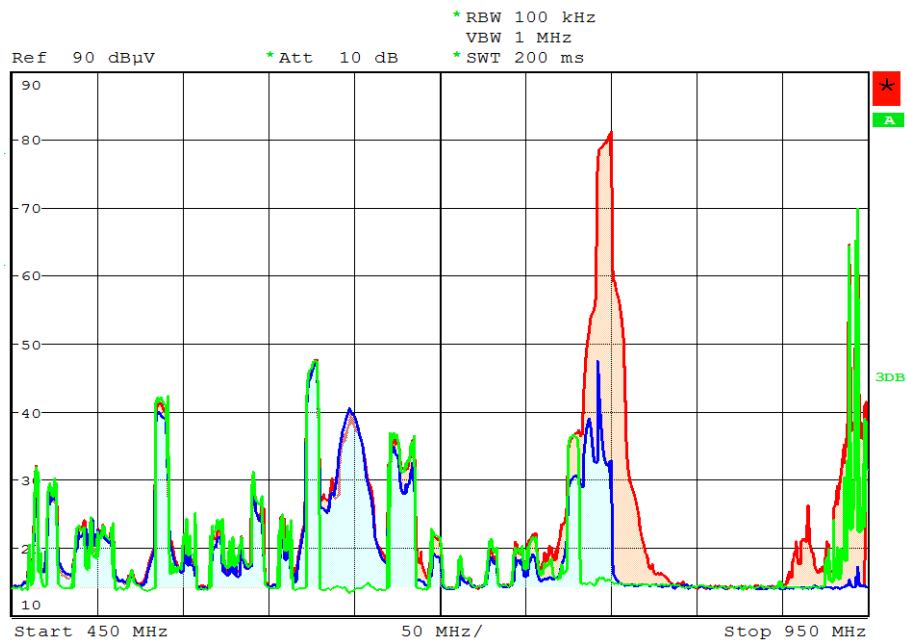
- BTS LTE on
- BTS off



Spektrum signálů k58, k59 a LTE

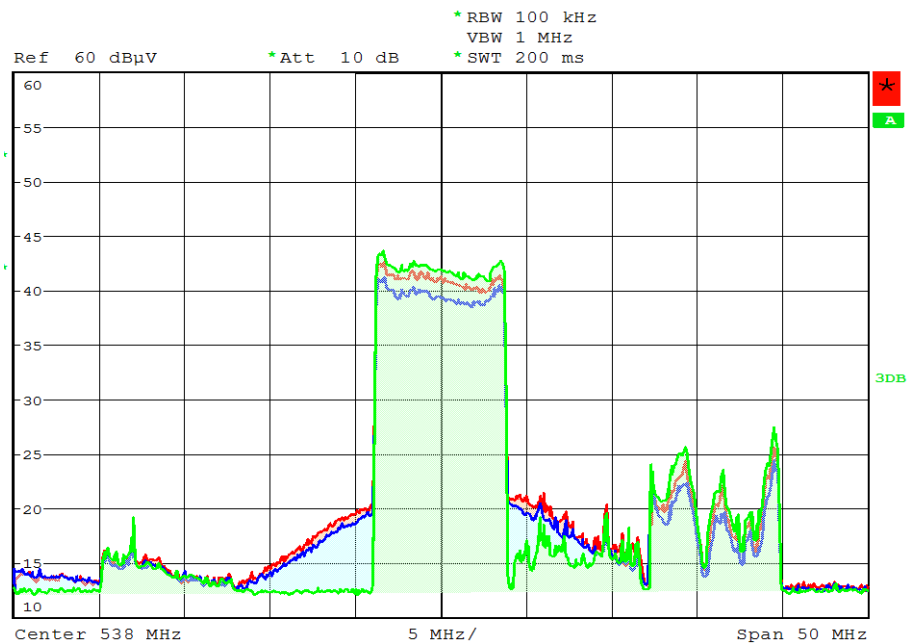
- BTS LTE on
- BTS off

## Měření na rozvodu (vstup TV přijímače)



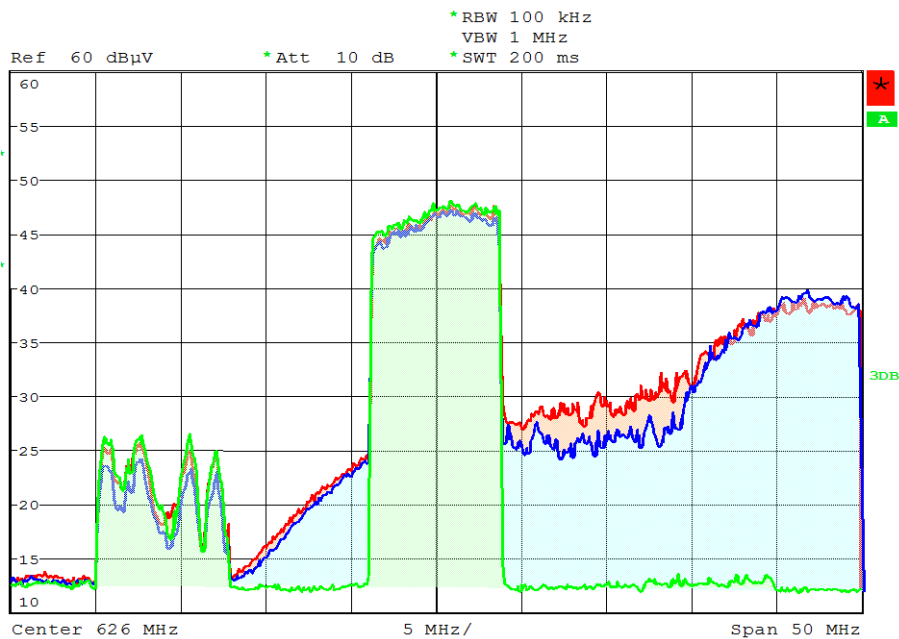
Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření signálů na vstupu TV přijímače :

- BTS LTE on
- BTS LTE on, s filtrem Macab LTE-3410
- BTS LTE off



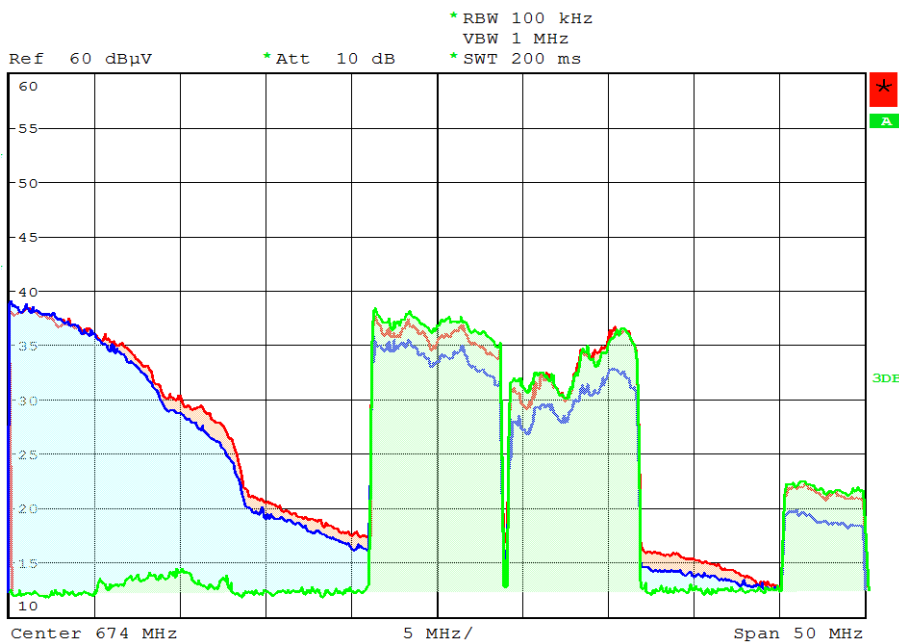
Spektrum v okolí kanálu k29 (centr) :

- BTS LTE on, bez filtru
- BTS on, s filtrem Macab LTE-3410
- BTS LTE off



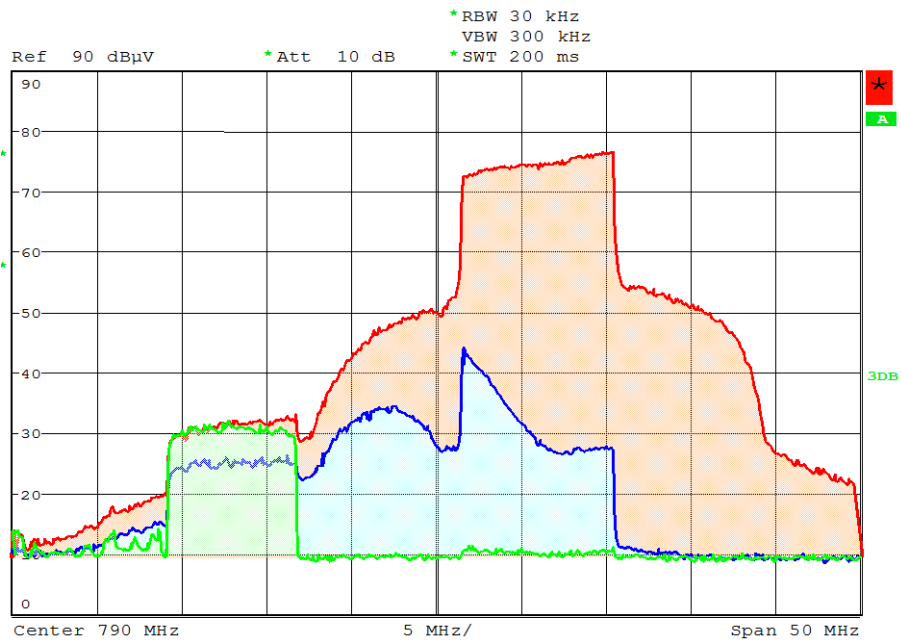
Spektrum v okolí kanálu k40 (centr) :

- BTS LTE on, bez filtru
- BTS on, s filtrem Macab LTE-3410
- BTS LTE off



Spektrum signálů k46 – k47 :

- BTS LTE on, bez filtru
- BTS on, s filtrem Macab LTE-3410
- BTS LTE off



Spektrum signálu DVB-T k59 a LTE

- BTS LTE on, bez filtru
- BTS LTE on, s filtrem Macab LTE-3410
- BTS LTE off

Název obce :	<b>Kratochvilka</b>				adresa :	Kratochvilka 7				č. akce / měření :	3/A								
jméno :	<b>Restaurace</b>				kontakt :	723 165 929				měřeno :	12.11.2013		počet osob :	-					
<b>Popis přijímacího zařízení :</b>																			
antény :	A: aktivní ITA - typ síto zesil :				x	B: zesil. :					C: zesil.:					D:			
rozvod :	zesilovače :		popis :		předzesilovač umístěn v ant. krabice - nedostupný														
	sluč. / rozb. zásuvky		popis :		ne														
			počet :		1		další prvky rozvodu :		xx										
TV přijímače / STB			počet :		1		typy .		STB Technisat Digipal 2 + TV Philips CRT 82 cm										
<b>Naměř.hodnoty rozvod</b>				BTS LTE :				off /	on	měř. přístroje : ETL, FSP 40, filtr Macab				po úpravách					
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q		MER		C/N		CBER		VBER		Q	PR	MER	F	poznámka
29	1	59,4	x	-41	5	1	30,8	17,5	27	19	6,9 E-4	5,8 E-2	0 E-8	6,1 E-4	3	-9	17,4	x	
40	2	64,3	x	-37	5	1	31,7	18	32	16	4,3 E-4	5,1 E-2	0 E-8	2,1 E-3	1	-4	18,2	x	
46	4	53,9	x	-47	5	1	30,3	18,4	27	18	1,2 E-6	3,8 E-2	0 E-8	2,1 E-3	1	-14	19,6	x	
59	3	53,1	x	-48	5	1	26,4	x	23	x	3,2 E-3	x	0 E-8	x	1	-15	x	x	
																			anténní zesilovač nebyl dostupný
																			filtr byl vložen až za zesilovač pro omezení úrovně LTE na vstupu STB
LTE		U <sub>RX</sub> 101 dBμV												U <sub>RX</sub> 67 dBμV		F x = filtr mezi předzesilovačem a STB			
<b>Naměřené hodnoty - měřící vůz</b>														MOMS A					
místo měření :				u domu č.7				49 N 9 26,3				16 E 22 36,5				měř. přístroje : ETL, EFL100, FSP40, zes. TERRA AB010, filtr Macab LTE-3410			
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q		MER		C/N		CBER		VBER		poznámka				
29	1	70,4	71	-11	5	5	34,5	34,4	40	40	2,0 E-6	2 E-6	0 E-8	0 E-8	se zesilovačem AB010 (15 dB), bez filtru LTE				
40	2	67,2	69	-14	5	5	30,7	30,2	36	36	8,8 E-4	1,2 E-3	0 E-8	0 E-8	se zesilovačem AB010 (15 dB), bez filtru LTE				
46	4	55,9	57	-25	5	5	31,5	31,6	26	26	0 E-8	0 E-8	0 E-8	0 E-8	se zesilovačem AB010 (15 dB), bez filtru LTE				
59	3	61,4	63	-20	5	5	29,3	28,3	32	32	7,7 E-4	1,5 E-3	0,5 E-8	0 E-8	se zesilovačem AB010 (15 dB), bez filtru LTE				
															U <sub>RX</sub> = 108,5 dBμV směr BTS LTE				
LTE		U <sub>RX</sub> : 81 dBμV						E : 100 dBμV/m směr TV, 127 dBμV/m směr BTS LTE											
BTS LTE :				f <sub>centr.</sub> = 796 MHz BW= 10 MHz (A1.1 + A2.1)				EIRP = 65 dBm											

## **B. Kratochvilka č.p. 45**

místo měření : Kratochvilka č.p. 45, Maňákovi  
datum měření : 13.11.2013

### **Přijímací zařízení :**

antennní systém : 1 x aktivní síto (předzesilovač Imex SRVS v ant. krabičce)  
rozvod : pasivní pro 1 přijímač  
TV přijímač : Samsung LCD 82 cm  
vzdálenost k BTS LTE : 140 m  
úroveň signálu LTE : 104 dB $\mu$ V na vstupu TV přijímače  
projevy rušení : signál LTE zcela znemožní příjem DVB-T  
příčina rušení : im produkty vytvořené v předzesilovači vlivem přebuzení silným signálem LTE, blokování předzesilovače  
ochranná opatření : podle předpokladu umístění filtru za předzesilovač nemá žádný vliv na degradaci signálů DVB-T.  
**Vzhledem k intenzitě elmag. pole signálu LTE 124 dB $\mu$ V/m by ochranná opatření hradil operátor.**  
poznámka : pro optimalizaci přijímacího systému by bylo nutno předzesilovač v anténí krabičce nahradit symetrizačním členem a použít externí zesilovač s předřazeným filtrem. Je to reálná situace – ze stejného stanoviště bude zřejmě provozována eNodeB TCR.

### **Měření v měřicím voze:**

bez signálu BTS LTE : příjem na k29, k40, k46 a k59 s kvalitou Q5  
se signálem LTE : pasivně - ETL Q5, STB (EFL100) Q1  
pas. s filtrem - vše Q5 (filtr Macab LTE-3410)  
zesil. 15 dB - bez filtru Q1, s filtrem vše Q5  
int. elmag. pole LTE : 124 dB $\mu$ V/m u RD – směr BTS LTE  
105 dB $\mu$ V/m u RD – směr TV Brno

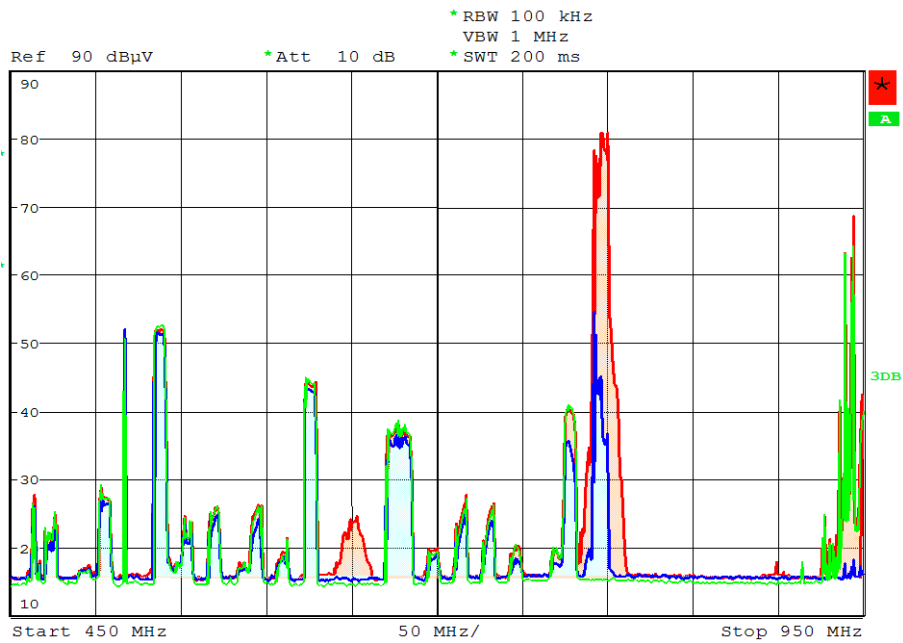


Rušená anténa



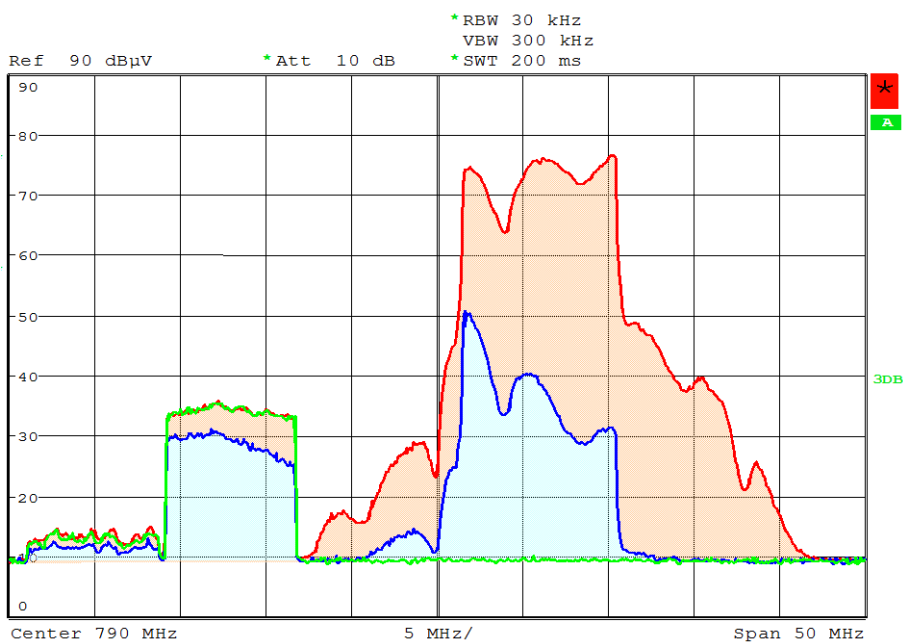
Detail antény s předzesilovačem

## Měření v měřicím voze



Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření v měř. voze u č.p. 7 Kratochvilka (se zesilovačem AB010)

- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Macab LTE-3410
- BTS LTE off



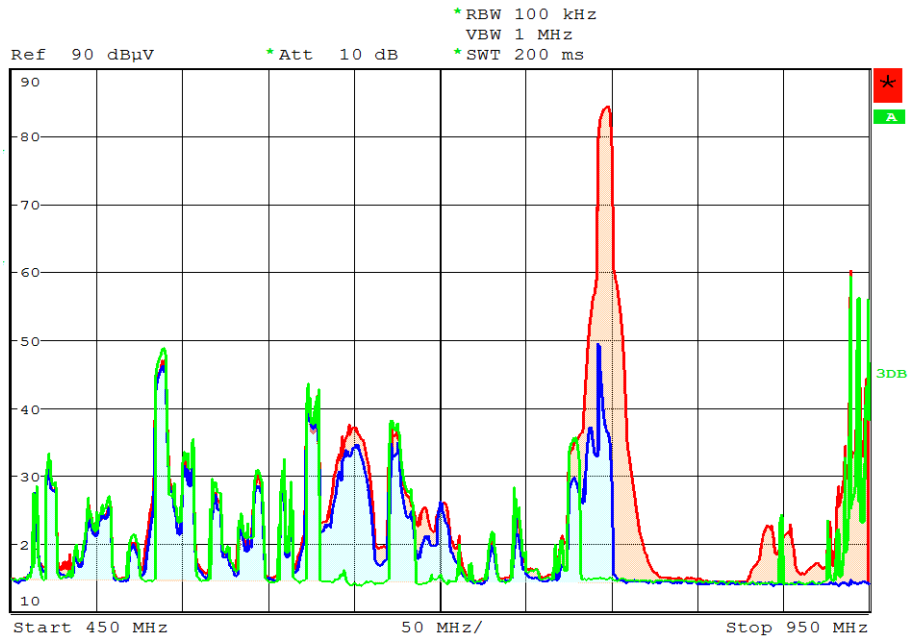
Spektrum signálů DVB-T k59 a LTE

- BTS LTE on, bez filtru
- BTS LTE on, s filtrem Macab LTE-3410



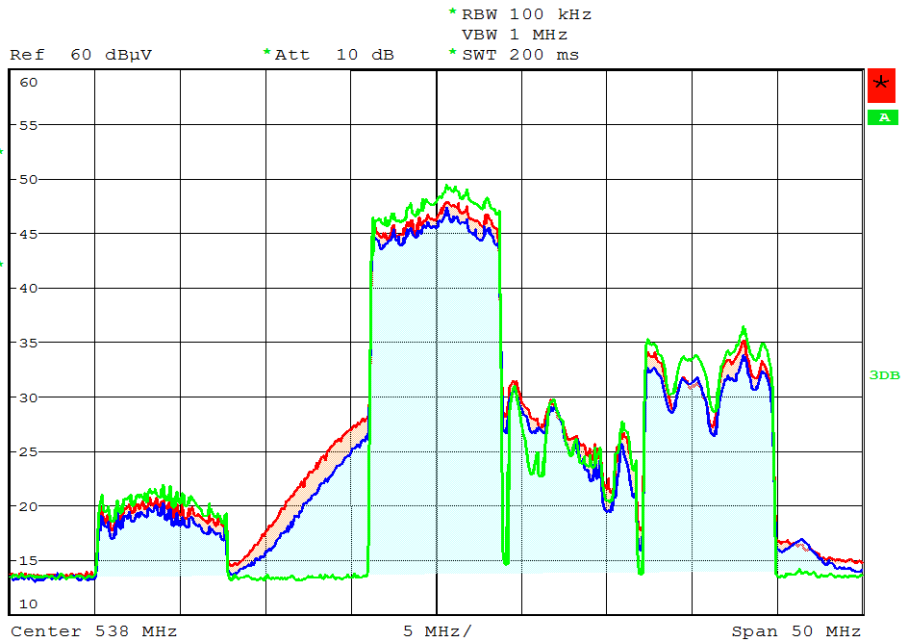
- BTS LTE off

### Měření na rozvodu (vstup TV přijímače)



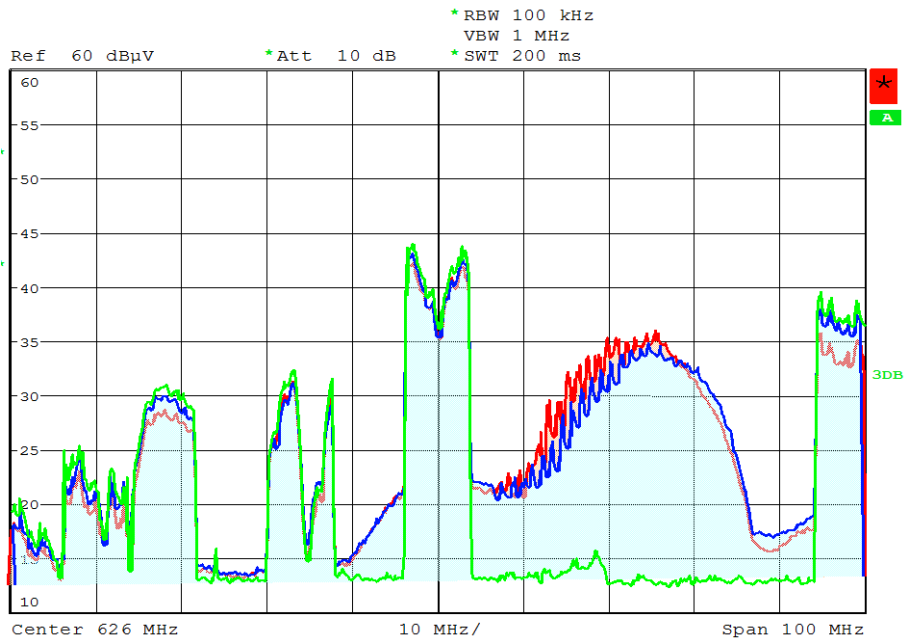
Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření signálů na vstupu TV přijímače :

- BTS LTE on
- BTS LTE on, s filtrem Macab LTE-3410
- BTS LTE off



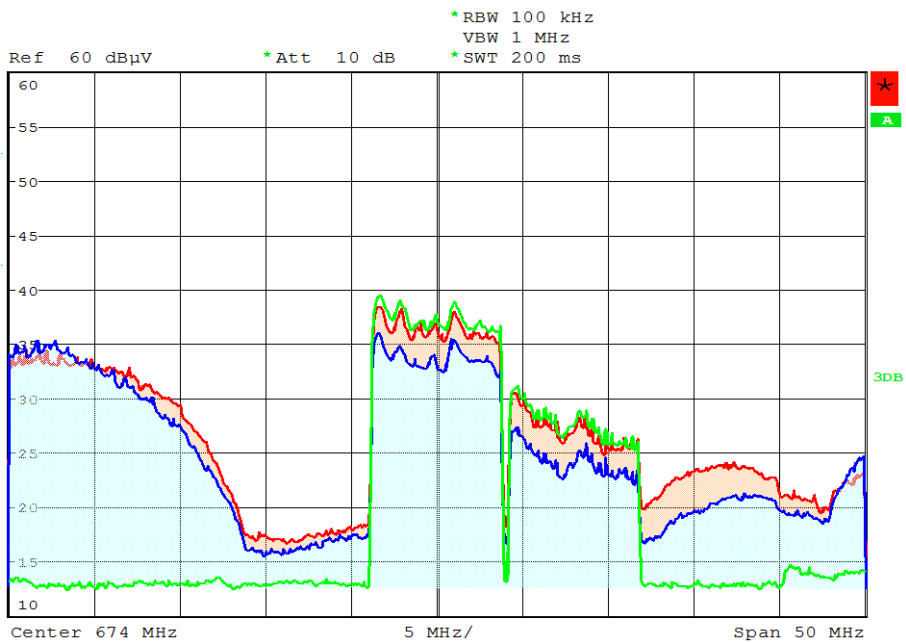
Spektrum v okolí kanálu k29 (centr) :

- BTS LTE on
- BTS LTE on, s filtrem Macab LTE-3410
- BTS LTE off



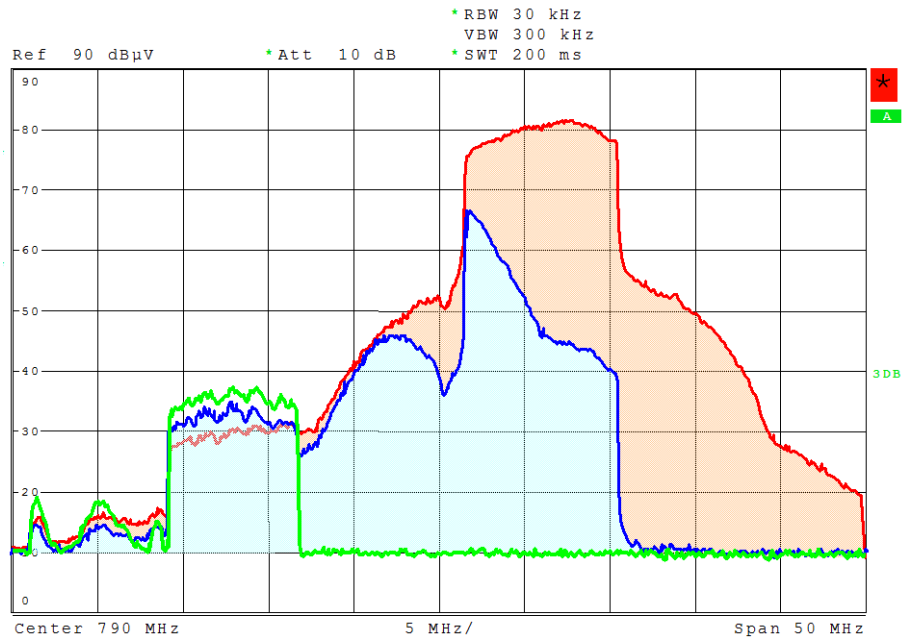
Spektrum v okolí kanálu k40 (centr) :

- BTS LTE on
- BTS LTE on, s filtrem Macab LTE-3410
- BTS LTE off



Spektrum v okolí kanálu k46 (centr) :

- BTS LTE on
- BTS LTE on, s filtrem Macab LTE-3410
- BTS LTE off



*Spektrum signálů DVB-T k59 a LTE*

- BTS LTE on, bez filtru
- BTS LTE on, s filtrem Macab LTE-3410
- BTS LTE off

Název obce :	<b>Kratochvilka</b>				adresa :	Kratochvilka 45				č. akce / měření :	3/B										
jméno :	<b>Maňákovi</b>				kontakt :	605 356 205				měřeno :	13.11.2013		počet osob:	2							
<b>Popis přijímacího zařízení :</b>																					
antény :	A: aktivní ITA - typ síto zesil :				x	B: zesil. :					C: zesil.:			D:							
rozvod :	zesilovače :		popis :		předzesilovač integrován do antény - Imex STVS																
	sluč. / rozb. zásuvky		popis :		bez dalších prvků																
			počet :		další prvky rozvodu :				xx												
TV přijímače / STB			počet :		1		typy .		Samsung LCD 82 cm												
<b>Naměř.hodnoty rozvod</b>				BTS LTE :		off / on		měř. přístroje :				ETL, FSP 40, filtr Macab				po úpravách					
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q		MER		C/N		CBER		VBER		Q	PR	MER	F	poznámka		
29	1	65,2	x	-39	5	1	27,8	16,3	35	18	2,0 E-3	7,9 E-2	3,7 E-8	7,9 E-3	3	-4	16,5	x			
40	2	59,2	x	-45	5	1	24,9	16,9	30	19	1,1 E-3	7,5 E-2	0,9 E-8	8,0 E-3	3	-10	17,6	x			
46	4	55,2	x	-49	5	1	26,3	x	26	15	1,6 E-3	x	0 E-8	x	1	x	x	x			
59	3	52,7	x	-51	5	1	26,0	x	25	6	4,4 E-4	x	3,4 E-6	x	1	x	x	x			
																			anténní zesilovač nebyl dostupný		
																			filtr byl vložen až za zesilovač (před TV)		
LTE	U <sub>RX</sub> 104 dBμV												U <sub>RX</sub> 68 dBμV				F x = filtr před TV přijímačem				
<b>Naměřené hodnoty - měřící vůz</b>														MOMS A							
místo měření :				u domu č.45				49 N 9 25,2				16 E 22 31,2				měř. přístroje : ETL, EFL100, FSP40, zesilovač AB 010, filtr Macab LTE-3410					
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q		MER		C/N		CBER		VBER		poznámka						
29	1	70,4	72	-28	Q5	Q5	35,5	33,1	42	37	0 E-9	0 E-9	0 E-8	0 E-9	se zesilovačem AB 010, bez filtru LTE						
40	2	62,2	64	-36	Q5	Q5	31,1	28,4	30	27	2,6 E-4	9,6 E-4	0 E-8	0 E-8	se zesilovačem AB 010, bez filtru LTE						
46	4	55,4	57	-41	Q5	Q5	30,0	28,4	23	21	7,6 E-8	1,8 E-6	0 E-8	0 E-8	se zesilovačem AB 010, bez filtru LTE						
59	3	58,0	61	-37	Q5	Q5	27,2	22,0	28	19	3,0 E-3	1,6 E-2	5,7 E-8	5,8 E-6	se zesilovačem AB 010, bez filtru LTE						
LTE	U <sub>RX</sub> : 98 dBμV								E : 105 dBμV/m - směr TV vys., 124 dBμV/m směr BTS LTE												
BTS LTE :														f <sub>centr.</sub> = 796 MHz BW= 10 MHz (A1.1 + A2.1)				EIRP = 65 dBm			

## C. Kratochvilka č.p. 72

místo měření : Kratochvilka č.p. 72, Břínkovi  
datum měření : 12.11.2013

### Přijímací zařízení :

anténní systém : 1 x aktivní síto (předzesilovač v ant. krabičce, bez údajů)  
rozvod : pasivní pro 1 přijímač  
TV přijímač : Funai LCD 66 cm  
vzdálenost k BTS LTE : 280 m  
úroveň signálu LTE : 104 dB $\mu$ V na vstupu TV přijímače  
projevy rušení : signál LTE zcela znemožní příjem DVB-T  
příčina rušení : im produkty vytvořené v předzesilovači vlivem přebuzení silným signálem LTE., blokování předzesilovače  
ochranná opatření : podle předpokladu umístění filtru za předzesilovač nemá žádný vliv na degradaci signálů DVB-T.  
poznámka : **Vzhledem k intenzitě elmag. pole signálu LTE 117 dB $\mu$ V/m by ochranná opatření hradil operátor pro optimalizaci přijímacího systému by bylo nutno předzesilovač v anténí krabičce nahradit symetrizačním členem a použít externí zesilovač s předřazeným filtrem. Je to reálná situace – ze stejného stanoviště bude provozována eNodeB TCR.**

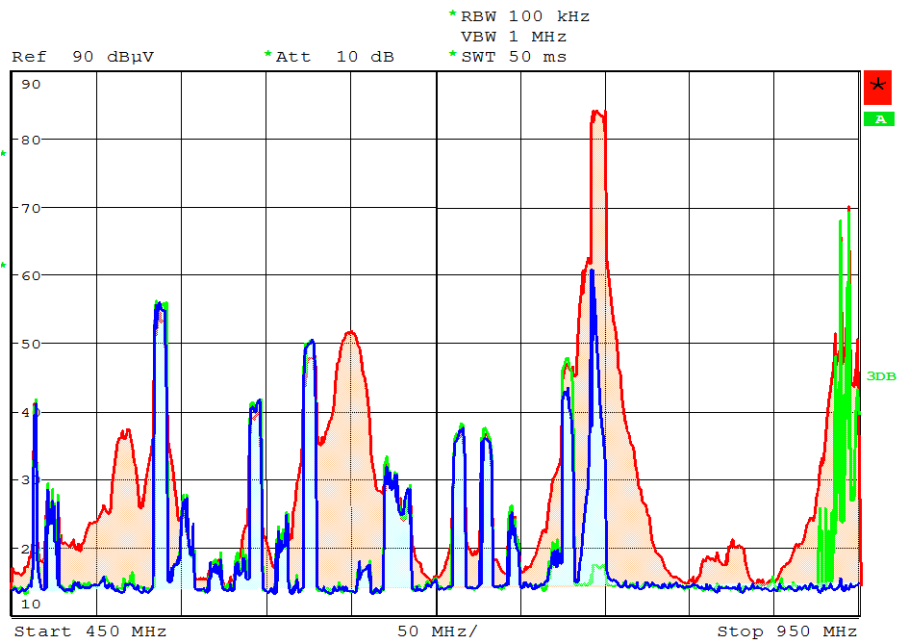
### Měření v měřicím voze:

bez signálu BTS LTE : příjem na k29, k40, k46, k59 s kvalitou Q5  
se signálem LTE : pasivně - ETL Q5, STB (EFL100) Q1  
pas. s filtrem - vše Q5 (filtr Macab LTE-3410)  
zesil. 15 dB - bez filtru Q1, s filtrem vše Q5  
int. elmag. pole LTE : 110 dB $\mu$ V/m u RD (měř. anténa)  
117 dB $\mu$ V/m na úrovni přij. antény na RD



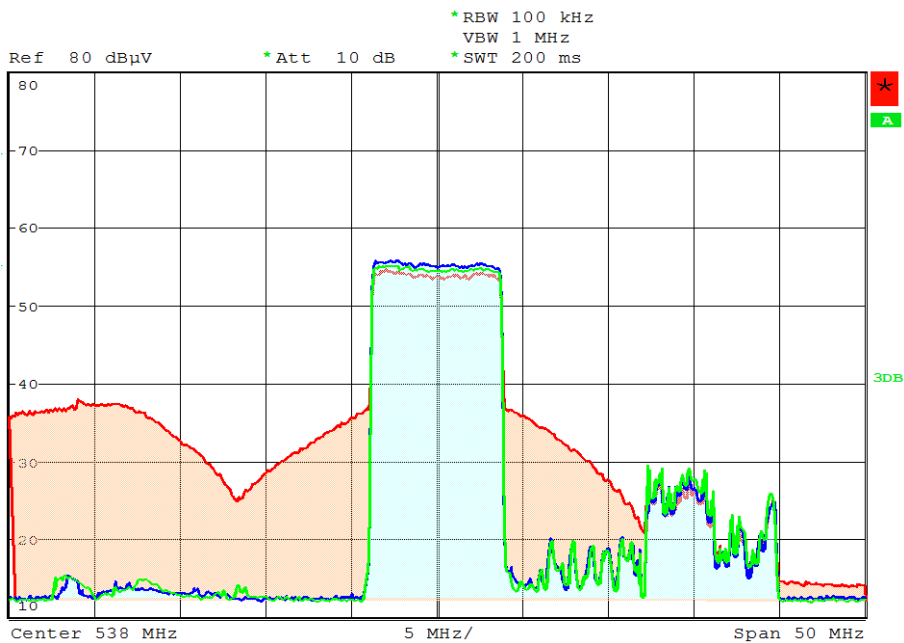
Rušená aktivní přijímací anténa

## Měření v měřicím voze



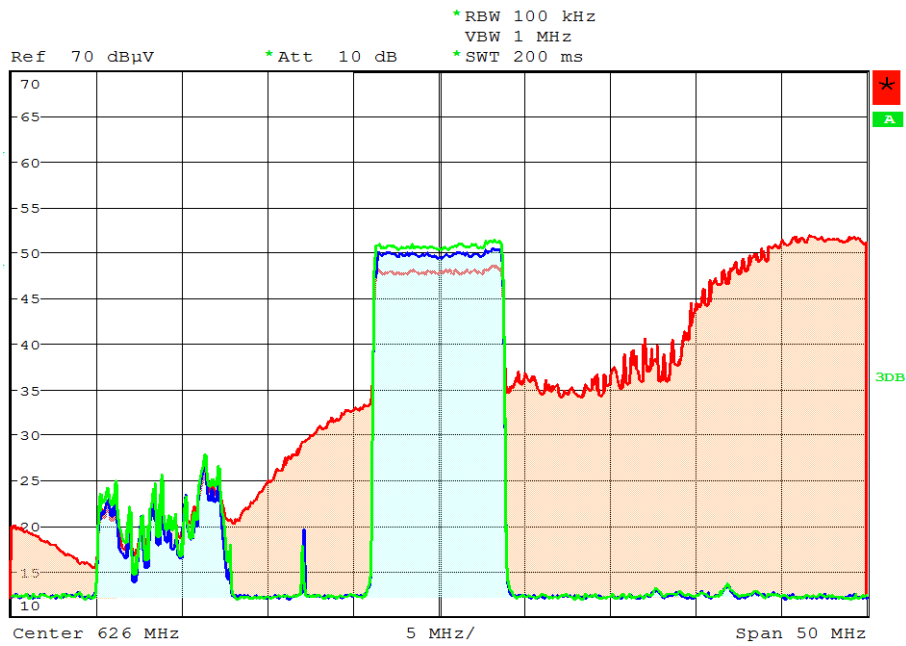
Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření v měř. voze u č.p. 72 Kratochvilka (se zesilovačem AB 010)

- BTS LTE on, bez filtru
- BTS LTE on, filtr Macab LTE-3410
- BTS LTE off



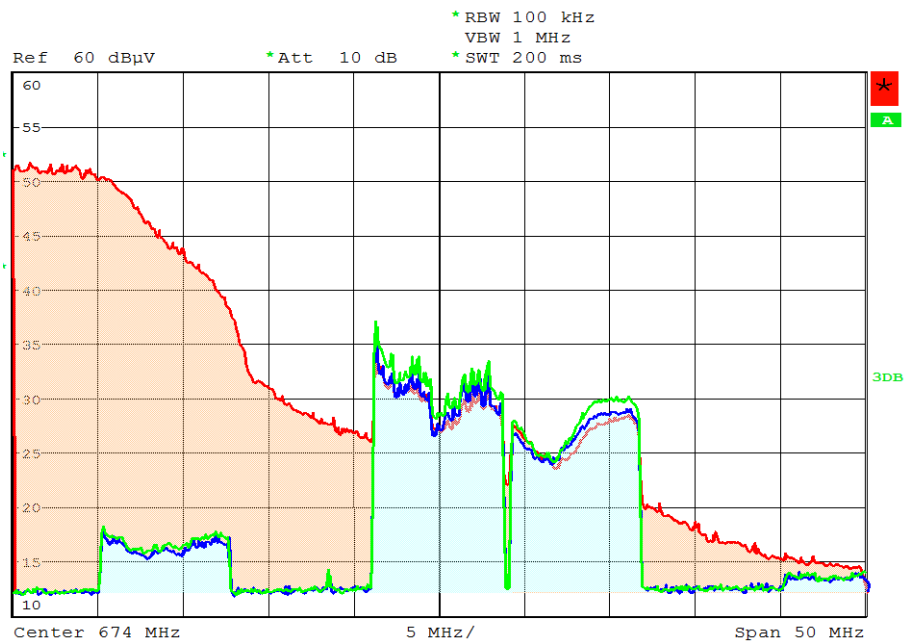
Spektrum v okolí kanálu k29 (centr) :

- BTS LTE on, bez filtru
- BTS LTE on, s filtrem Macab LTE-3410
- BTS LTE off



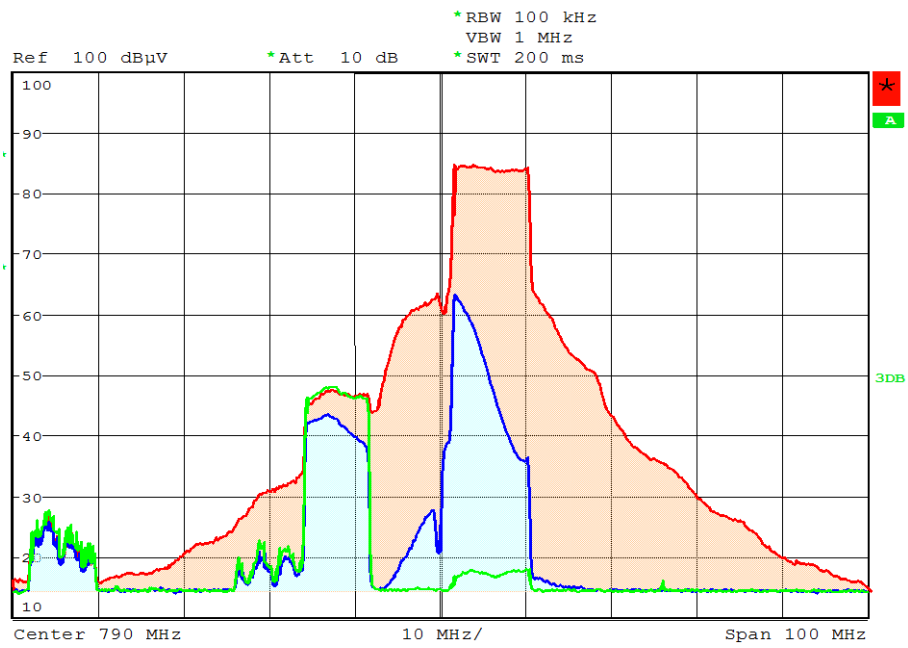
Spektrum v okolí kanálu k40 (centr) :

- BTS LTE on, bez filtru
- BTS LTE on, s filtrem Macab LTE-3410
- BTS LTE off



Spektrum v okolí kanálu k46 (centr) :

- BTS LTE on, bez filtru
- BTS LTE on, s filtrem Macab LTE-3410
- BTS LTE off

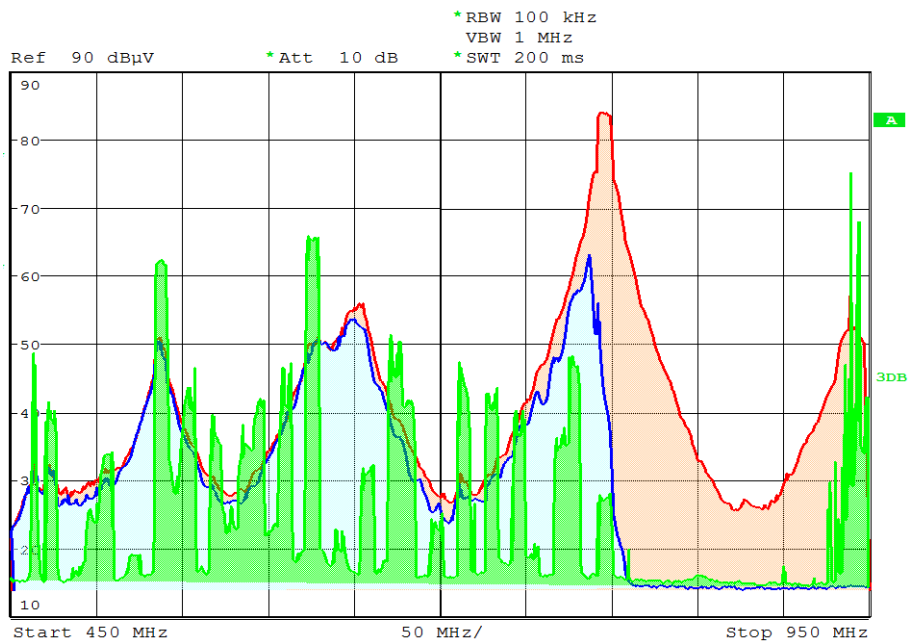


Spektrum signálů DVB-T k59 a LTE

- BTS LTE on, bez filtru
- BTS LTE on, s filtrem Macab LTE-3410
- BTS LTE off

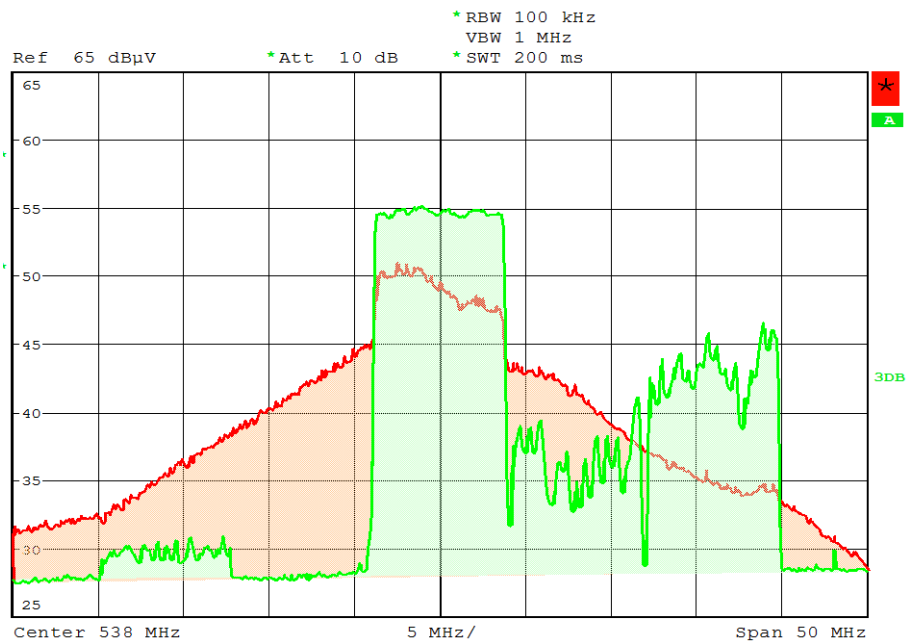


## Měření na rozvodu (vstup TV přijímače)



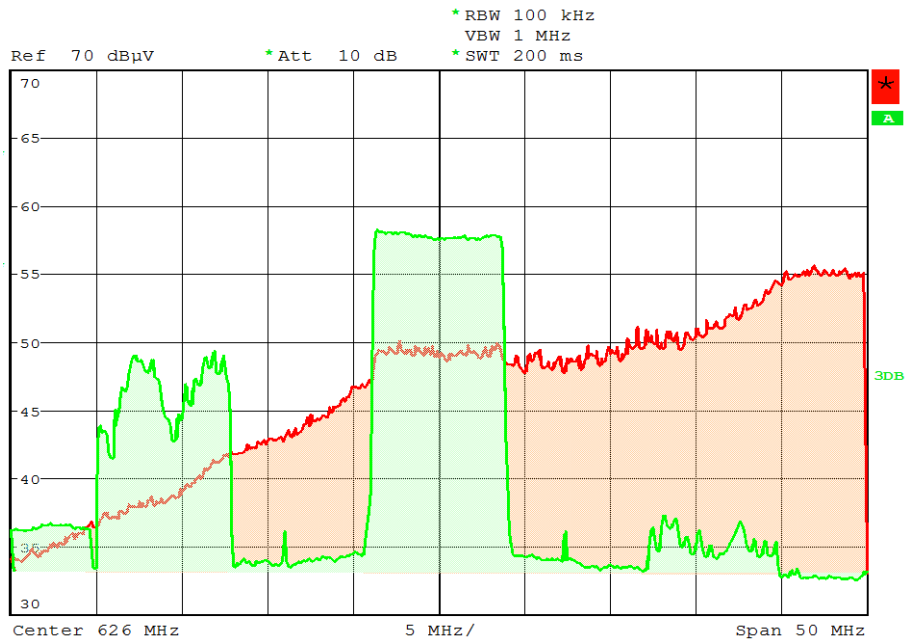
Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření signálů na vstupu TV přijímače :

- BTS LTE on, bez filtru
- BTS LTE on, s filtrem Macab LTE-3410 za předzesilovačem (vstupu TV)
- BTS LTE off



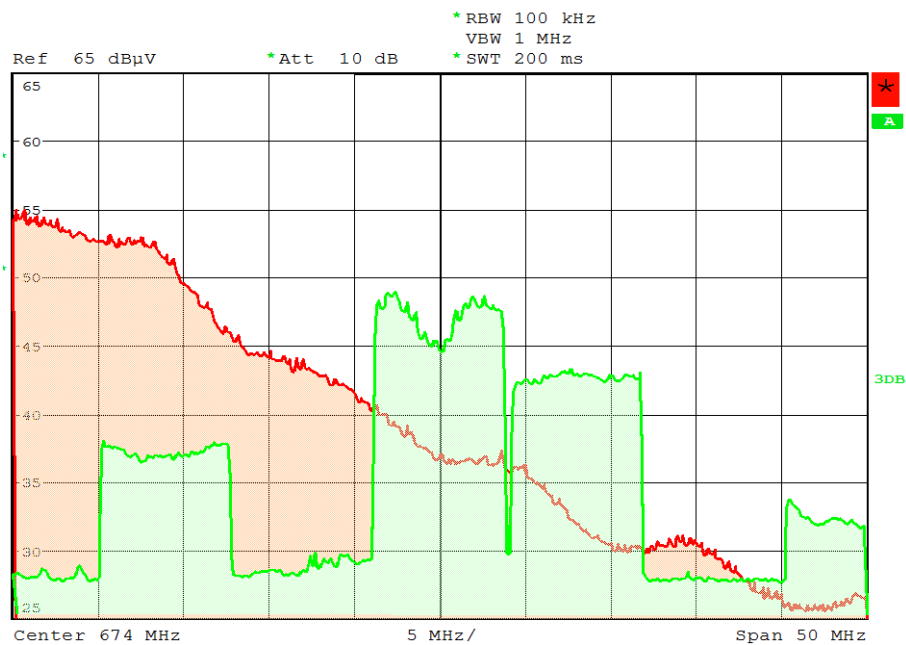
Spektrum v okolí kanálu k29 (centr) :

- BTS LTE on, bez filtru
- BTS LTE off



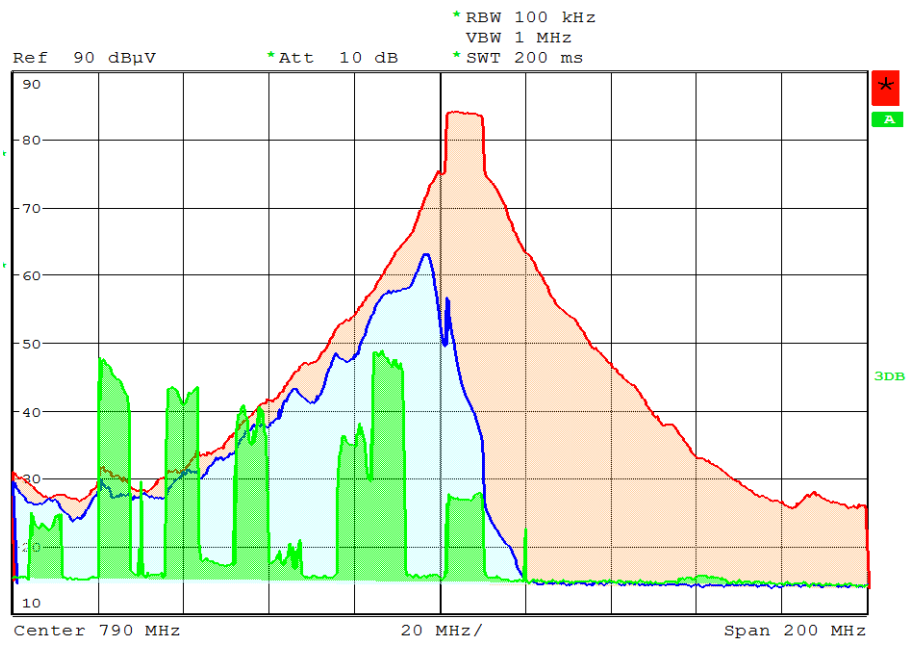
*Spektrum v okolí kanálu k40 (centr) :*

- BTS LTE on, bez filtru
- BTS LTE off



*Spektrum v okolí kanálu k46 (centr) :*

- BTS LTE on, bez filtru
- BTS LTE off



Spektrum signálů DVB-T k59 a LTE

- BTS LTE on, bez filtru
- BTS LTE on, s filtrem Macab LTE-3410
- BTS LTE off

Název obce :	<b>Kratochvilka</b>				adresa :	Kratochvilka 72				č. akce / měření :	3/C										
jméno :	<b>Břínkovi</b>				kontakt :	737 003 506				měřeno :	12.11.2013		počet osob:	3							
<b>Popis přijímacího zařízení :</b>																					
antény :	A: aktivní ITA - typ síto zesil :				x	B: zesil. :					C: zesil.:					D:					
rozvod :	zesilovače :		popis:		předzesilovač integrován do antény																
	sluč. / rozb. zásuvky		popis :		hybridní rozbočovač 1/2																
			počet :		2		další prvky rozvodu :														
TV přijímače / STB			počet :		2		typy .		2 x FUNAI LCD 66cm												
<b>Naměř.hodnoty rozvod</b>				BTS LTE :				off /	on	měř. přístroje : ETL, FSP 40, filtr Macab				po úpravách							
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q		MER		C/N		CBER		VBER		Q	PR	MER	F	poznámka		
29	1	79	x	-25	5	1	34,6	x	43	<5	6,9 E-8	x	0 E-8	x	1	0	x	x			
40	2	83	x	-21	5	1	35,4	x	45	<5	0 E-8	x	0 E-8	x	1	4	x	x			
46	4	67	x	-37	5	1	28,6	x	28	<5	1,3 E-4	x	0 E-8	x	1	-12	x	x			
59	3	64	x	-40	5	1	24,0	x	32	<5	8,2 E-3	x	1,9 E-4	x	1	x	x	x			
																			anténní zesilovač nebyl dostupný		
																			filtr byl vložen až za zesilovač		
LTE	U <sub>RX</sub> 104 dBμV													U <sub>RX</sub> 78 dBμV		F x = filtr před TV přijímačem					
<b>Naměřené hodnoty - měřící vůz</b>														MOMS A							
místo měření :				u domu č.72				49 N 9 21,4				16 E 22 26,6				měř. přístroje : ETL, EFL100, FSP40, zesilovač AB010, filtr Macab LTE-3410					
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q		MER		C/N		CBER		VBER		poznámka						
29	1	73	75	5	5	5	35,7	35,8	43	41	0 E-8	0 E-8	0 E-8	0 E-8	se zesilovačem AB 010 a filtrem Macab LTE-3410						
40	2	67	69	-1	5	5	35,8	35,9	38	37	0 E-8	0 E-8	0 E-8	0 E-8	se zesilovačem AB 010 a filtrem Macab LTE-3410						
46	4	49	51	-17	5	5	25,3	24,9	21	20	4,3 E-3	5,1 E-3	0 E-8	2,4 E-8	se zesilovačem AB 010 a filtrem Macab LTE-3410						
59	3	64	67	-4	5	5	34,2	66,9	33	29	0 E-8	0 E-8	0 E-8	0 E-8	se zesilovačem AB 010 a filtrem Macab LTE-3410						
															Bez filtru kvalita Q1, pouze k29 s Q5						
															PR = ochr. poměr s filtrem						
LTE	U <sub>RX</sub> : 104dBμV (bez filtru), 68dBμV (s filtrem)								E : 110 dBμV/m (117 dBμV/m na úrovni přij. antény na RD)												
BTS LTE :														f <sub>centr.</sub> = 796 MHz		BW= 10 MHz (A1.1 + A2.1)		EIRP = 65 dBm			

## D. Kratochvilka č.p. 104

místo měření : Kratochvilka č.p. 104, Novákovi  
datum měření : 13.11.2013

### Přijímací zařízení :

anténní systém : 2 x parabolická anténa s LNC pro satelitní příjem  
rozvod : pasivní pro 1 sat. přijímač  
TV přijímač : satelitní přijímač Mascom  
vzdálenost k BTS LTE : 290 m  
úroveň signálu LTE : pod úrovní spektra signálu 1. sat. mf  
projevy rušení : údajně občasné výpadky (čtverečkování) – bez souvislosti s provozem BTS LTE  
příčina rušení : nezjištěna, nesouvisí s provozem BTS LTE  
ochranná opatření : žádná  
poznámka : pro informaci je uveden jeden z příkladů, kde stížnost na rušení je z principu neopodstatněná. Byla zjišťována možnost pronikání signálu BTS LTE do rozvodu 1. mf – pronikání nebylo zjištěno. Int. elmag. pole LTE u satelitního přijímače byla cca 90 dB $\mu$ V/m.

### Měření v měřicím voze u RD :

bez signálu BTS LTE : příjem na k29, k40, k46, k59 s kvalitou Q5  
se signálem LTE : pasivně - ETL Q5, STB (EFL100) Q1  
pas. s filtrem - vše Q5 (filtr Macab LTE-3410)  
zesil. 15 dB - bez filtru Q1, s filtrem vše Q5  
int. elmag. pole LTE : 111 dB $\mu$ V/m u RD

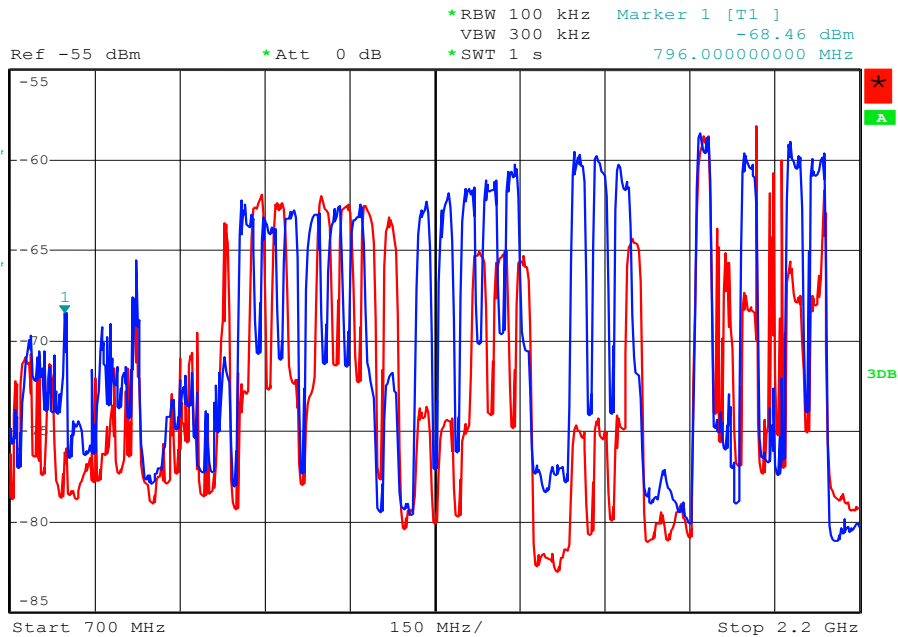


Parabolické přijímací antény



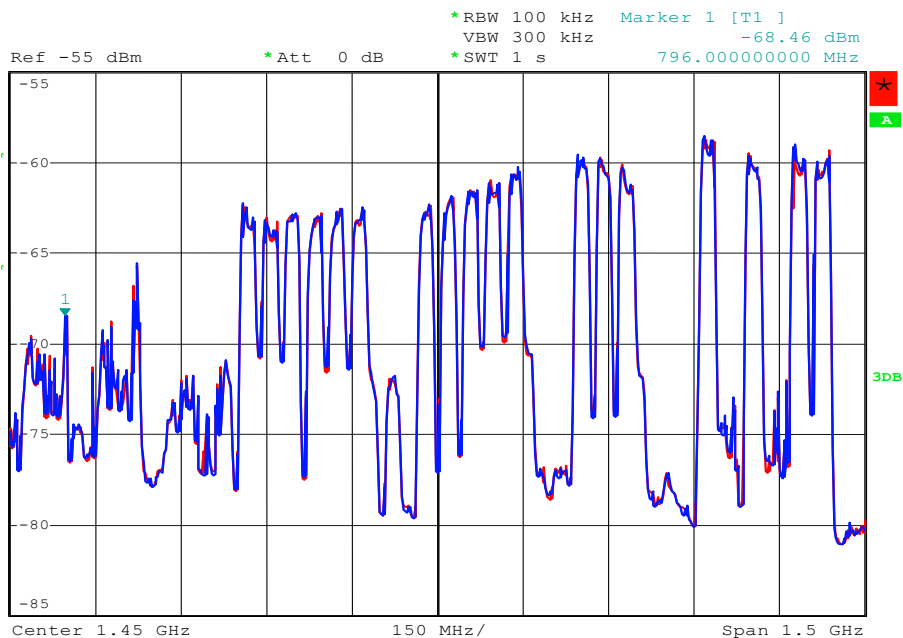
Satelitní přijímač

## Měření na rozvodu (vstup sat. přijímače)



*Spektrum signálů 1. mf na vstupu přijímače – BTS LTE on*

- vertikální polarizace
- horizontální polarizace



*Spektrum signálů 1. mf na vstupu přijímače – horizontální polarizace*

- BTS LTE on
- BTS LTE off

Jak je zřejmé z obr. spektra, signál na kmitočtu 795 MHz (značka) je spektrem sat. signálu a nemá spojitost s provozem BTS LTE. Signál LTE je maskován satelitním signálem .

## E. Kratochvilka č.p. 122

místo měření : Kratochvilka č.p. 122, Nedomovi  
datum měření : 12.11.2013

### Přijímací zařízení :

anténní systém : anféna 10Y  
rozvod : zesilovač no name – nedostupný (majitel odmítl přístup)  
TV přijímač : STB Di-Wai T-2200; Samsung LCD 82 cm  
vzdálenost k BTS LTE : 170 m  
úroveň signálu LTE : 94 dB $\mu$ V na vstupu TV přijímače  
projevy rušení : signál LTE zcela znemožní příjem DVB-T  
příčina rušení : im produkty vytvořené v předzesilovači vlivem přebuzení silným signálem LTE., blokování předzesilovače  
ochranná opatření : podle předpokladu umístění filtru za zesilovač nemá žádný vliv na degradaci signálů DVB-T.  
poznámka : **Vzhledem k intenzitě elmag. pole signálu LTE 123 dB $\mu$ V/m by ochranná opatření hradil operátor pro optimalizaci přijímacího systému by bylo před zesilovač třeba zařadit filtr pro potlačení signálu BTS LTE a zjistit, proč je nízká úroveň signálu k29 (anténa, zesilovač, rozvod).**

### Měření v měřicím voze:

bez signálu BTS LTE : příjem na k29, k40, k46, k59 s kvalitou Q5  
se signálem LTE : pasivně - ETL Q5, STB (EFL100) Q1  
pas. s filtrem - vše Q5 (filtr Macab LTE-3410)  
zesil. 15 dB - bez filtru Q1, s filtrem vše Q5  
int. elmag. pole LTE : 123 dB $\mu$ V/m u RD

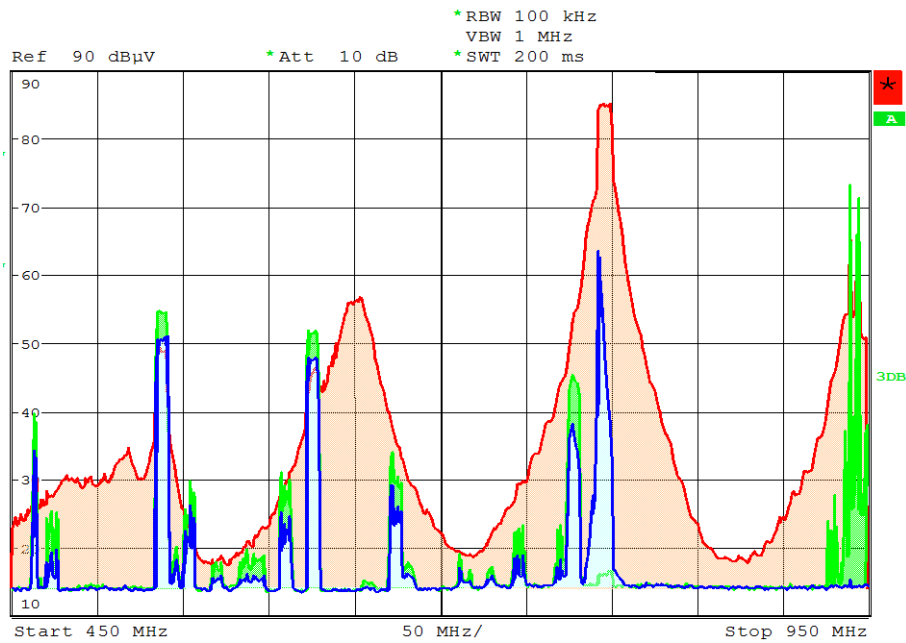


Přijímací anténa



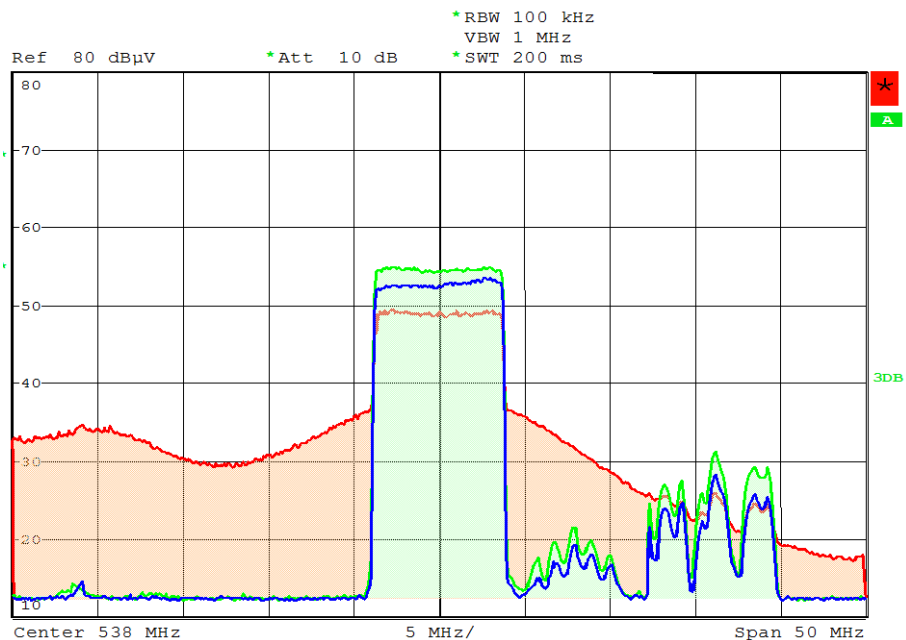
Umístění zesilovače

## Měření v měřicím voze



Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření v měř. voze u č.p. 122, Kratochvilka (se zesilovačem AB 010)

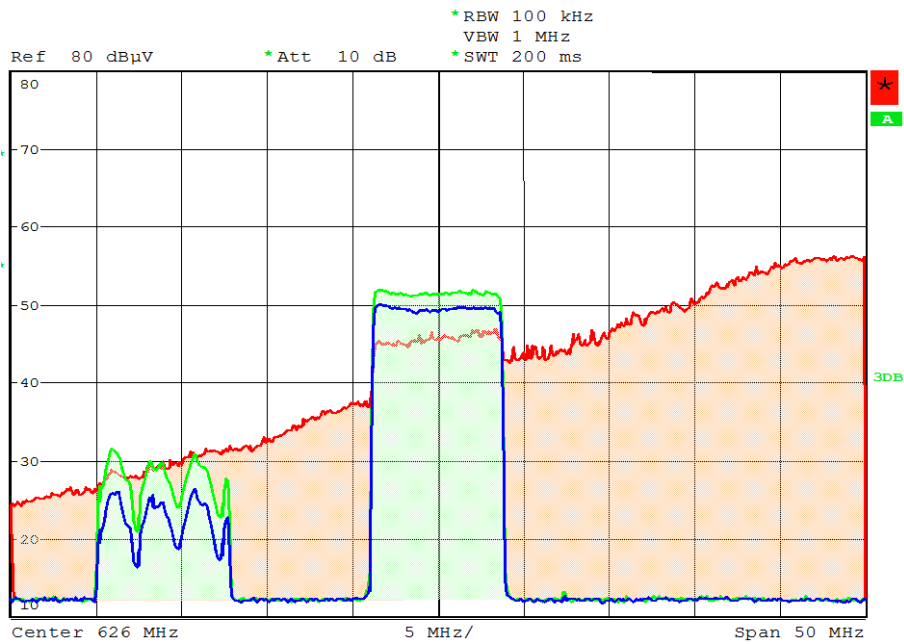
- BTS LTE on, bez filtru
- BTS LTE on, filtr Macab LTE-3410
- BTS LTE off



Spektrum v okolí kanálu k29 (centr) :

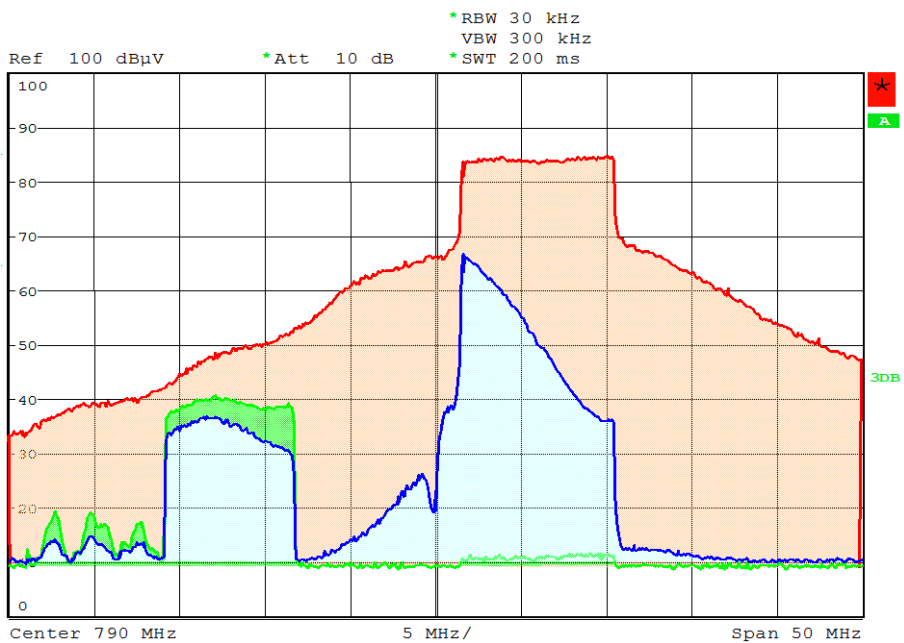
- BTS LTE on, bez filtru
- BTS LTE on, filtr Macab LTE 3410 před zesilovačem AB 010
- BTS LTE off





Spektrum v okolí kanálu k40 (centr) :

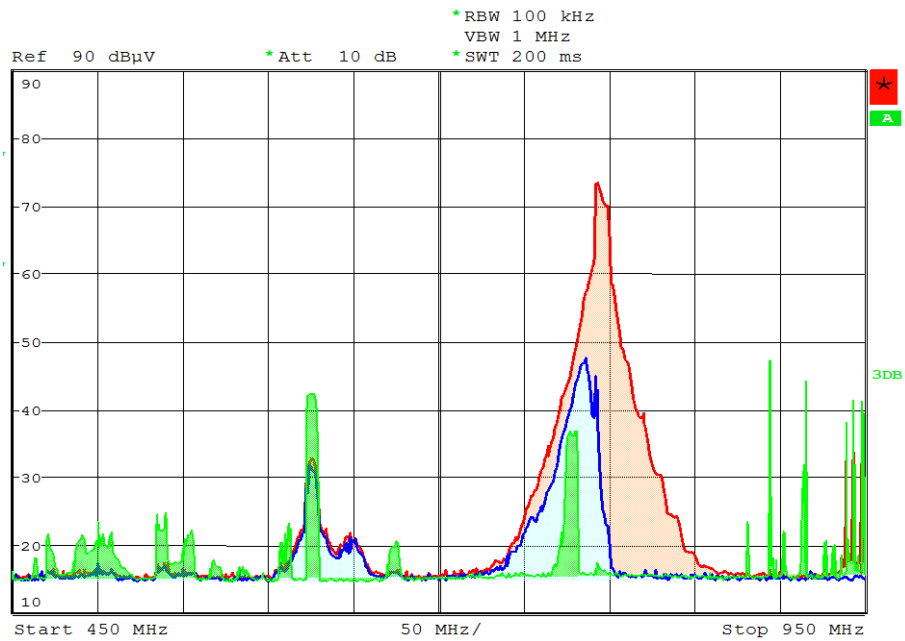
- BTS LTE on, bez filtru
- BTS LTE on, filtr Macab LTE 3410 před zesilovačem AB 010
- BTS LTE off



Spektrum signálů DVB-T k59 a LTE

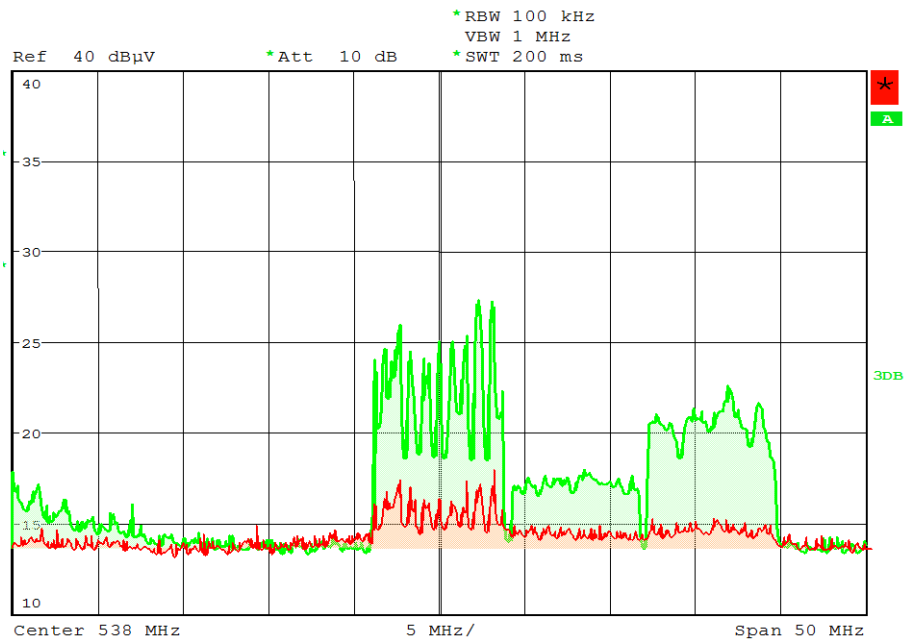
- BTS LTE on, bez filtru
- BTS LTE on, s filtrem Macab LTE-3410 před zesilovačem AB 010
- BTS LTE off

## Měření na rozvodu (vstup TV přijímače)



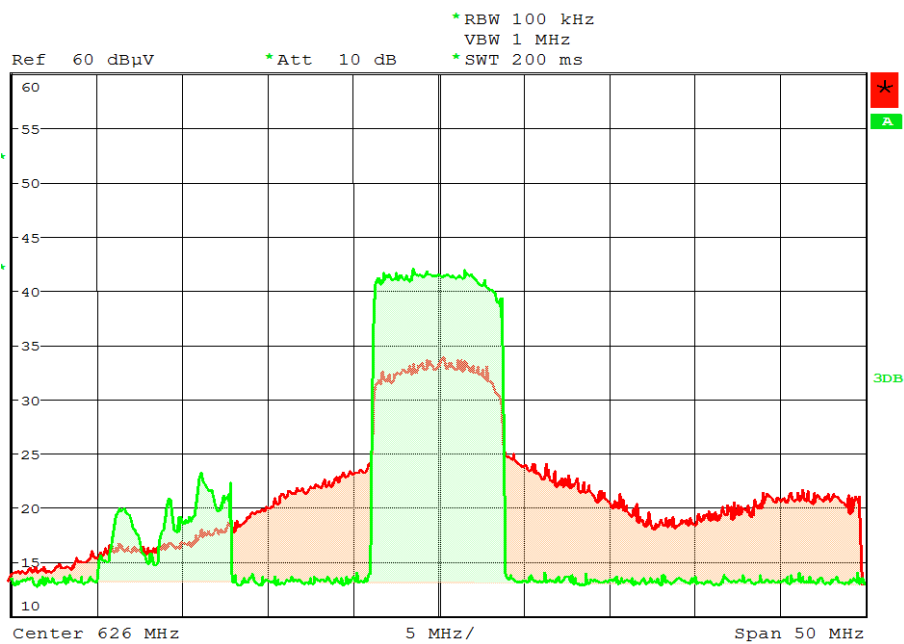
Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření signálů na vstupu TV přijímače :

- BTS LTE on, bez filtru
- BTS LTE on, s filtrem Macab LTE-3410 za předzesilovačem (na vstupu TV)
- BTS LTE off



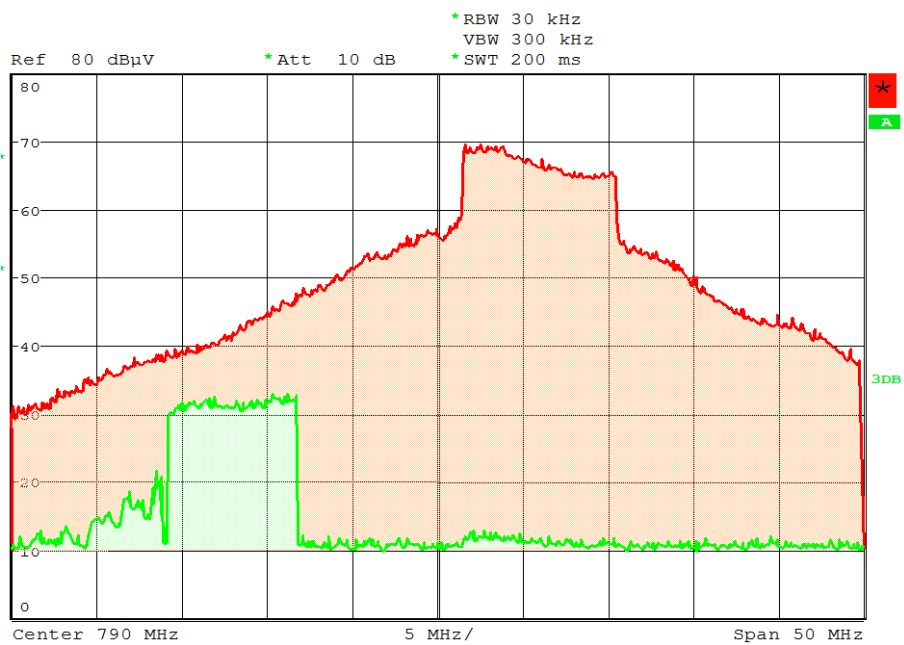
Spektrum v okolí kanálu k29 (centr) :

- BTS LTE on
- BTS LTE off



Spektrum v okolí kanálu k40 (centr) :

- BTS LTE on
- BTS LTE off



Spektrum signálů DVB-T k59 a LTE

- BTS LTE on
- BTS LTE off

Pozn. : Vzhledem k tomu, že filtr nebylo možno zařadit před zesilovač, není zařazen záznam spektra s filtrem (pouze u přehledového záznamu)

Název obce :	<b>Kratochvilka</b>				adresa :	Kratochvilka 122				č. akce / měření :	3/E																					
jméno :	<b>Nedomovi</b>				kontakt :	775 385 271				měřeno :	12.11.2013		počet osob:	4																		
<b>Popis přijímacího zařízení :</b>																																
antény :	A: 10 Yagi				zesil :					B:	zesil. :								C:	zesil.:								D:				
rozvod :	zesilovače :				popis :				zesilovač nebyl dostupný - viz. foto (odepřen přístup)																							
	sluč. / rozb. zásuvky				popis :				hybridní rozbočovač 1/2																							
					počet :				2				další prvky rozvodu :				xx															
TV přijímače / STB					počet :				2				typy .				THOMSON CRT 82cm + STB Di - Way T-2200, Samsung LCD 82cm															
<b>Naměř.hodnoty rozvod</b>				BTS LTE :				off / on				měř. přístroje :				ETL, FSP 40, filtr Macab				po úpravách												
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q		MER		C/N		CBER		VBER		Q	PR	MER	F	poznámka													
29	1	40	x	-54	5	1	20,9	x		x	1,5 E-2	x	1,2 E-5	x	1	-23	-	x														
40	2	58	x	-36	5	1	34,2	x		x	0,4 E-8	x	0 E-8	x	1	-6	-	x														
59	3	53	x	-41	5	1	29,5	x		x	4,2 E-4	x	7,5 E-7	x	1	-12	-	x														
																			anténní zesilovač nebyl dostupný													
																			filtr byl vložen až za zesilovač													
LTE	U <sub>RX</sub> 94 dBμV													U <sub>RX</sub> 62 dBμV				F x = filtr před TV přijímačem														
<b>Naměřené hodnoty - měřící vůz</b>				MOMS A																												
místo měření :				u domu č.122				49 N 9 26,4				16 E 22 29,5				měř. přístroje :				ETL, EFL100, FSP40, zesilovač AB 010, filtr Macab LTE-3410												
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q		MER		C/N		CBER		VBER		poznámka																	
29	1	72	73	7	5	5	35,8	35,1	45	41	0 E-8	0 E-8	0 E-8	0 E-8	se zesilovačem AB 010 a filtrem LTE-3410																	
40	2	70	72	6	5	5	36,3	35,8	41	39	0 E-8	0 E-8	0 E-8	0 E-8	se zesilovačem AB 010 a filtrem LTE-3410																	
59	3	62	66	0	5	5	34,7	31,7	35	25	4,5 E-5	3,7 E-5	0 E-8	0 E-8	se zesilovačem AB 010 a filtrem LTE-3410																	
															PR = ochr. poměr s filtrem																	
LTE	U <sub>RX</sub> : 107 dBμV (bez filtru), 66 dBμV (s filtrem)													E : 123 dBμV/m																		
BTS LTE :				f <sub>centr.</sub> = 796 MHz				BW= 10 MHz (A1.1 + A2.1)				EIRP = 65 dBm																				

## 4. Dvůr Králové nad Labem

umístění BTS LTE	:	Parkoviště u obchodu HAPU, Tyršova 634.
loc:	:	50 N 26 23,4 15 E 49 20,5
EIRP BTS	:	65 dBm
hlavní směr záření	:	210°
provoz BTS	:	5.12. – 12.12.2013 v dohodnutých časech,
datum měření	:	9. až 12.12.2013



Umístění : **BTS LTE** (max. směr záření AS), rušené přijímací systémy



Anténa BTS



Pohled od anteny BTS

## A. Dvůr Králové n. Labem R. A. Dvorského 1778

místo měření : ul. R.A.Dvorského 1778, Vítovi  
datum měření : 11.12.2013

### Přijímací zařízení :

anténní systém : 1 x logper. UHFanténa  
rozvod : pasivní pro 1 přijímač  
TV přijímač : Grundig 82 cm  
vzdálenost k BTS LTE : 195 m  
úroveň signálu LTE : 87 dB $\mu$ V na vstupu TV přijímače  
projevy rušení : signál LTE degraduje příjem DVB-T na k60  
příčina rušení : nedodržení požadovaného ochr. poměru (PR) na k60  
ochranná opatření : zařazením filtru Johansson 6025 na vstup TV přijímače bylo rušení k60 odstraněno.  
**Vzhledem k překročení hodnoty PR signálem Tx BTS LTE by ochranná opatření hradil operátor**  
poznámka : **úroveň signálu neumožňuje rozšíření rozvodu bez aplikace zesilovače**

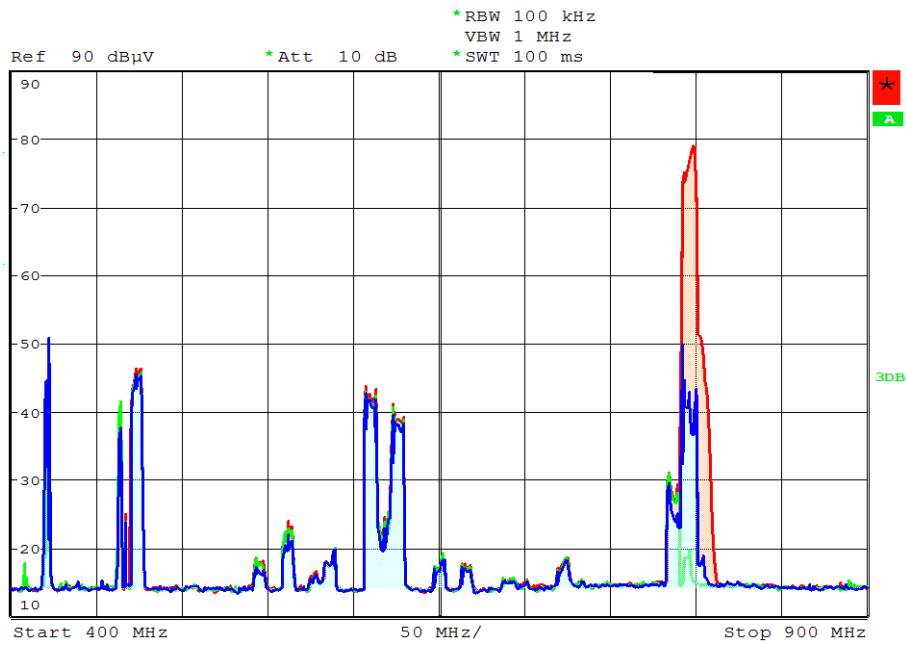
### Měření v měřicím voze:

bez signálu BTS LTE : příjem na k21, k38, k40 a k60 s kvalitou Q5  
se signálem LTE : pasivně - ETL i STB Q5  
pas. s filtrem - vše Q5 (filtr Jahansson 6025)  
zesil. 12 dB - bez filtru Q5  
int. elmag. pole LTE : 106 dB $\mu$ V/m u RD,  
115 dB $\mu$ V/m směr BTS LTE



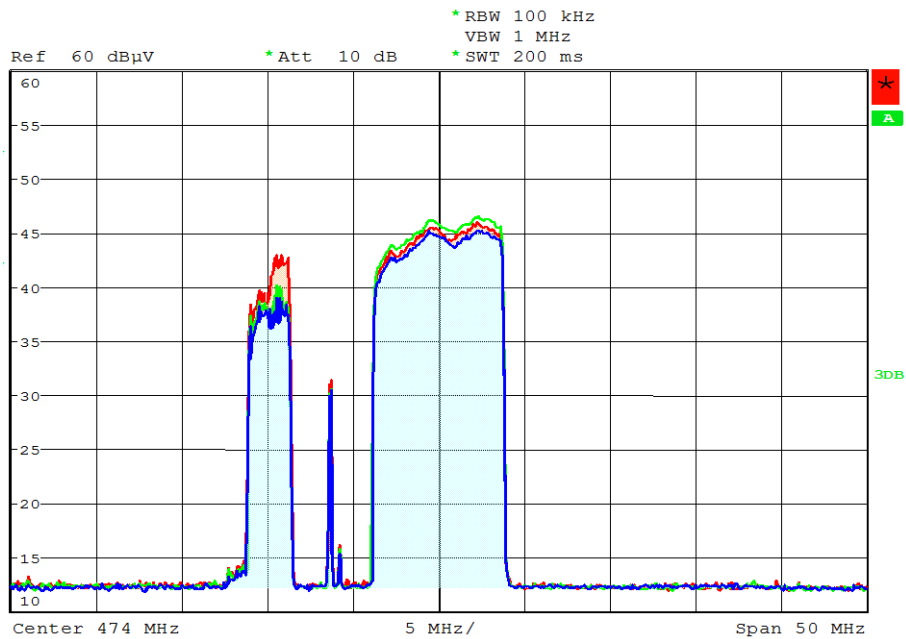
Přijímací logper. anténa

## Měření v měřicím voze



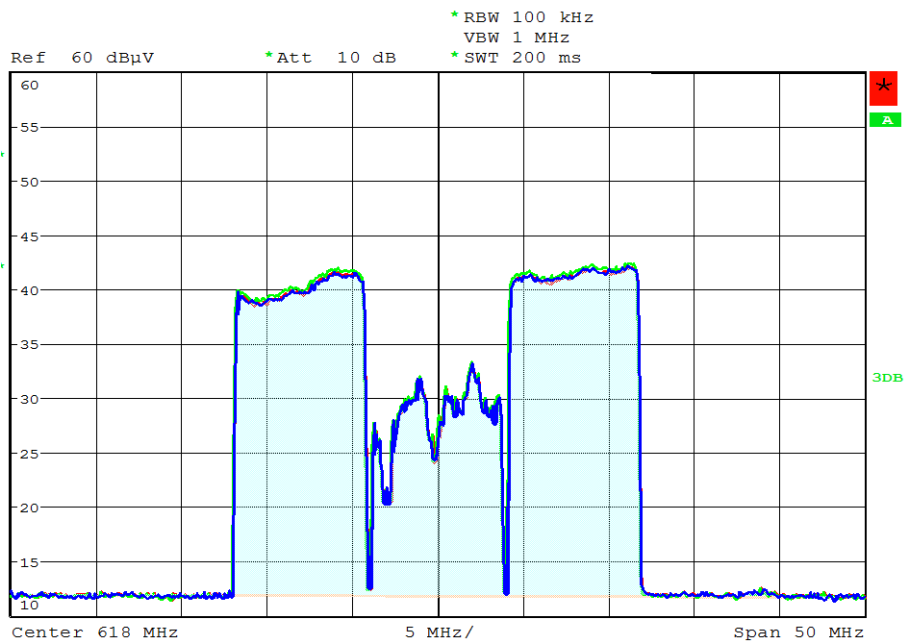
Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření v měř. voze u. R.A.Dvorského 1778 (se zesilovačem DCom)

- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE off



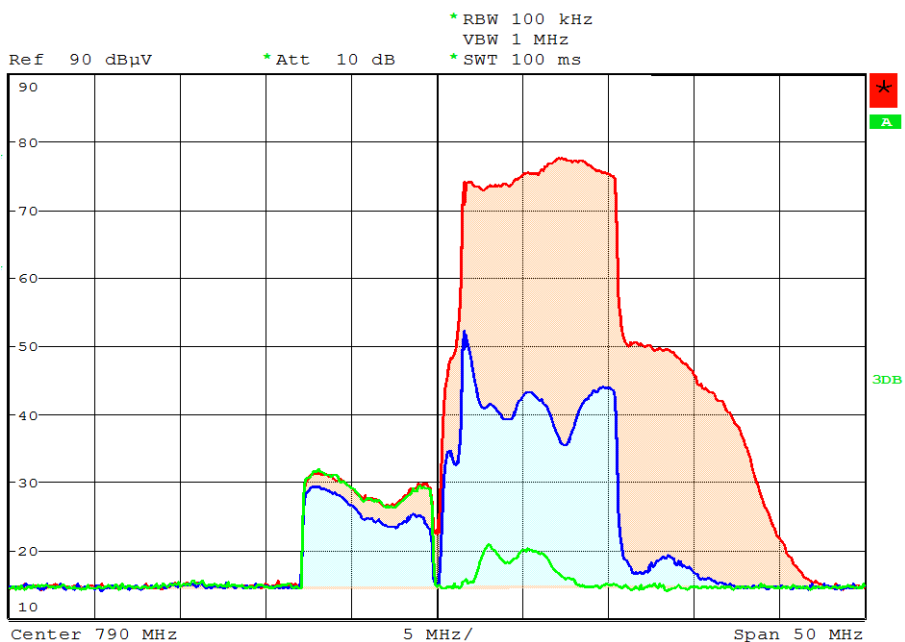
Spektrum signálů v okolí k21 (centr)

- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE off



*Spektrum signálů kanálů k38-k40*

- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE off

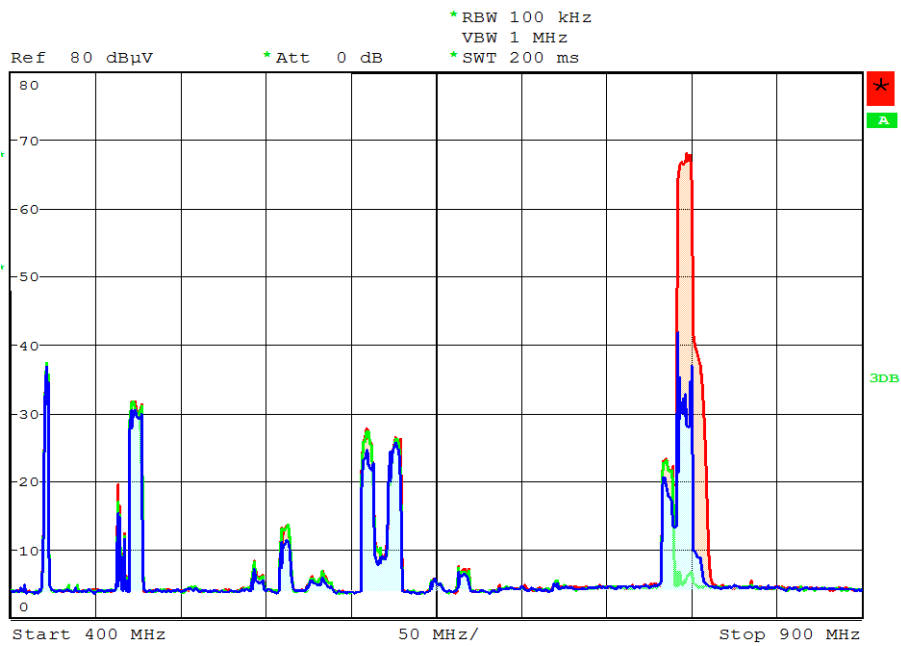


*Spektrum signálů kanálu k60 a LTE*

- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE off

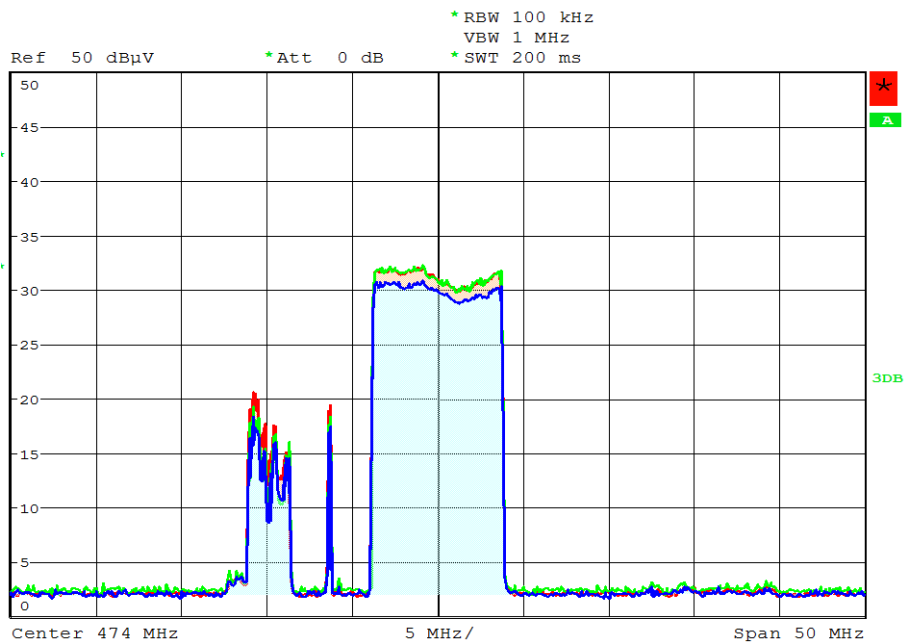


## Měření na rozvodu (vstup TV přijímače)



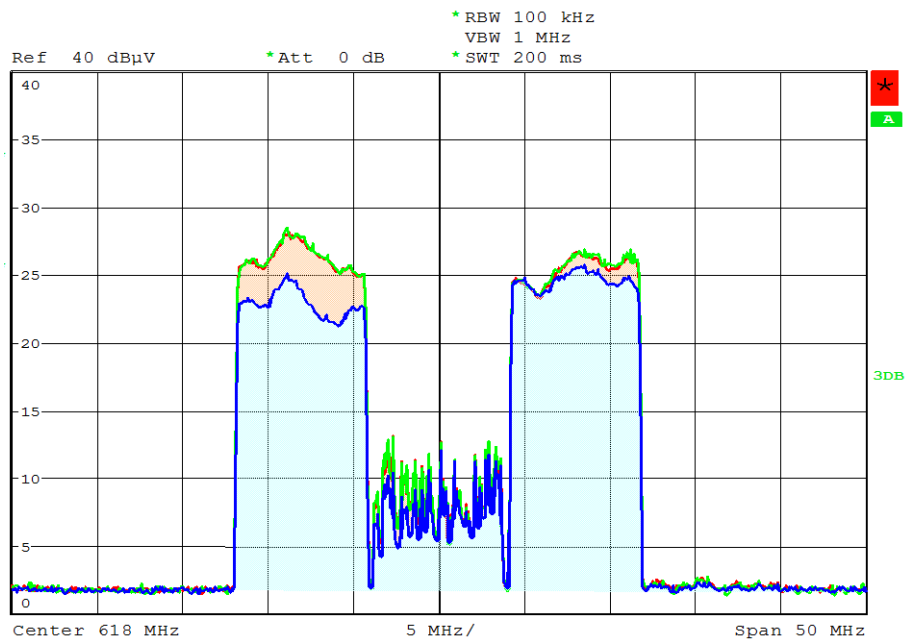
Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření signálů na vstupu TV přijímače :

- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE off



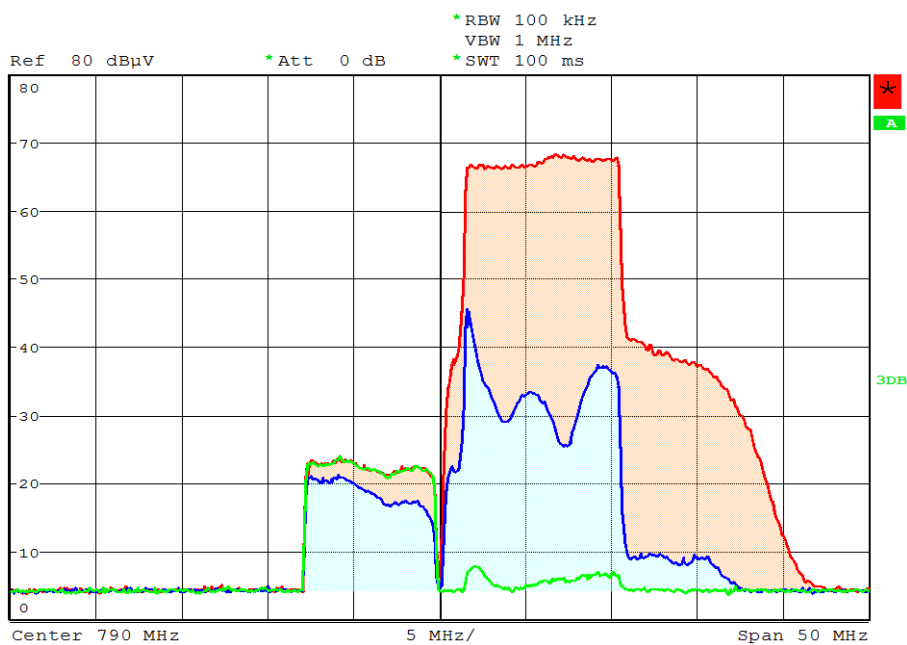
Spektrum v okolí kanálu k21 (centr) :

- BTS LTE on, bez filtru
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE off



Spektrum kanálů k38-k40

- BTS LTE on, bez filtru
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE off



Spektrum signálů kanálu k60 a LTE

- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE off

Název obce :	<b>Dvůr Králové nad Labem</b>				adresa :	R.A.Dvorského 1778				č. akce / měření :	4/A								
jméno :	<b>Vitovi</b>				kontakt :					měřeno :	11.12.2013		počet osob:	1					
<b>Popis přijímacího zařízení :</b>																			
antény :	A: pasivní ITA - typ LPA zesil :					B: zesil. :					C: zesil.: D:								
rozvod :	zesilovače :		popis :		ne														
	sluč. / rozb. zásuvky		popis :		ne														
			počet :		další prvky rozvodu :				přímé propojení natény s TV přijímačem										
TV přijímače / STB			počet :		1		typy .		GRUNDIG LCD 82cm										
<b>Naměř.hodnoty rozvod</b>					BTS LTE :		off / on		měř. přístroje : ETL, FSP40, filtr Johansson				po úpravách						
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q		MER		C/N		CBER		VBER		Q	PR	MER	F	poznámka
21	RS7	50	x	-37	5	5	32,4	32,4	30	29	0 E-8	0 E-8	0 E-8	0 E-8	5	-7	31,9	x	po zapnutí LTE rušen pouze kanál 60
38	2	46	x	-41	5	5	31,1	31,3	25	23	0 E-8	0 E-8	0 E-8	0 E-8	5	-13	28,8	x	po vložení filtru bylo vše v pořádku
40	1	45	x	-42	5	5	30,2	30,3	24	24	3,2 E-8	6,5 E-8	0 E-8	0 E-8	5	-13	29	x	
60	3	42	x	-45	5	1	27,9	x	22	17	2,8 E-7	x	0 E-8	x	5	-17	24,1	x	
LTE	U <sub>RX</sub> 87 dBμV														U <sub>RX</sub> 56 dBμV		F x = filtr před TV přijímačem		
<b>Naměřené hodnoty - měřící vůz</b>														MOMS A					
místo měření :				50 N 26 18,1				15 E 49 25,9				měř. přístroje : ETL, EFL100, FSP40, zesilovač DCom, filtr Johansson 6025							
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q		MER		C/N		CBER		VBER		poznámka				
21	RS7	63	67	-32	5	5	33,3	32,9	43	42	0 E-8	0 E-8	0 E-8	0 E-8	se zesilovačem DCom				
38	2	60	64	-35	5	5	34,9	34,6	39	38	0 E-8	0 E-8	0 E-8	0 E-8	se zesilovačem DCom				
40	1	57	62	-37	5	5	31,6	31,3	35	35	0 E-8	0 E-8	0 E-8	0 E-8	se zesilovačem DCom				
60	3	50	57	-42	5	5	27,1	23,4	25	20	2,1 E-5	2 E-4	0 E-8	0 E-8	se zesilovačem DCom				
															U <sub>RX</sub> = 101 dBμV směr LTE vysílač				
LTE	U <sub>RX</sub> : 99 dBμV								E : 106 dBμV/m (115 dBμV/m směr BTS LTE)										
BTS LTE :														f <sub>centr.</sub> = 796 MHz BW= 10 MHz (A1.1 + A2.1) EIRP = 65 dBm					

## **B. Dvůr Králové n. Labem R. A. Dvorského 3044**

místo měření : ul. R.A.Dvorského 3044, Vaňurovi  
datum měření : 10.12.2013

### **Přijímací zařízení :**

anténní systém : 1 x logper. UHF anténa  
rozvod : pasivní pro 1 přijímač  
TV přijímač : Samsung LCD 102 cm  
vzdálenost k BTS LTE : 135 m  
úroveň signálu LTE : 84 dB $\mu$ V na vstupu TV přijímače  
projevy rušení : signál LTE degraduje příjem DVB-T na k60  
příčina rušení : nedodržení požadovaného ochr. poměru (PR) na k60  
ochranná opatření : zařazením filtru Johansson 6025 na vstup TV přijímače došlo  
vlivem jeho útlumu ke snížení odstupu C/N a tím k degradaci  
kvality příjmu k60 na hodnotu Q3 bez ohledu na provoz BTS  
LTE  
Vzhledem k nízké úrovni signálu DVB-T na k60 by ochranná  
opatření hradil majitel přijímacího zařízení.  
poznámka : přijímací systém by bylo nutno doplnit zesilovačem

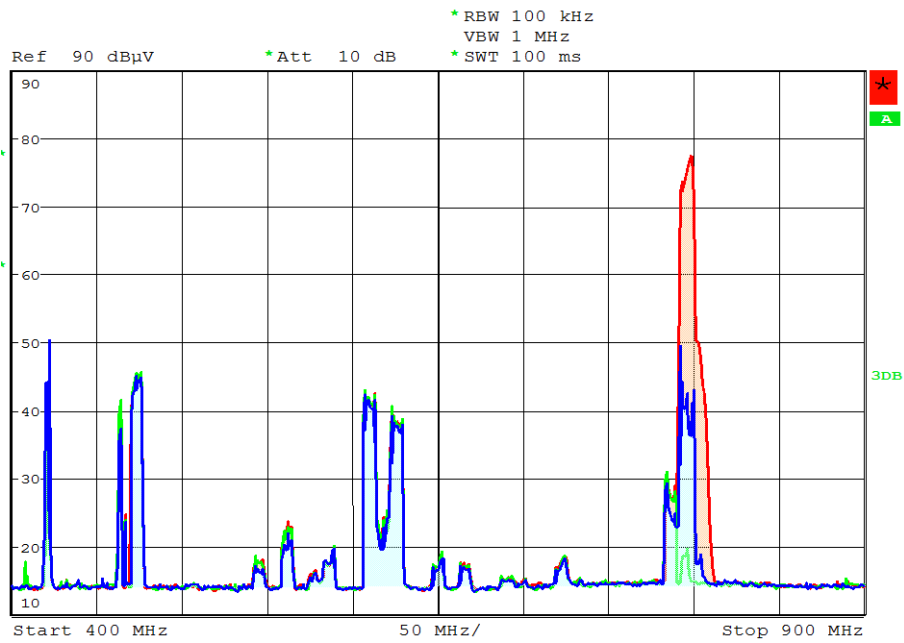
### **Měření v měřicím voze:**

bez signálu BTS LTE : příjem na k21, k38, k40 a k60 s kvalitou Q5  
se signálem LTE : pasivně - ETL i STB Q5  
pas. s filtrem - vše Q5 (filtr Jahansson 6025)  
zesil. 12 dB - bez filtru Q5  
int. elmag. pole LTE : 104 dB $\mu$ V/m směr. TV,  
112 dB $\mu$ V/m směr BTS LTE, na úrovni přijímací LP ant.



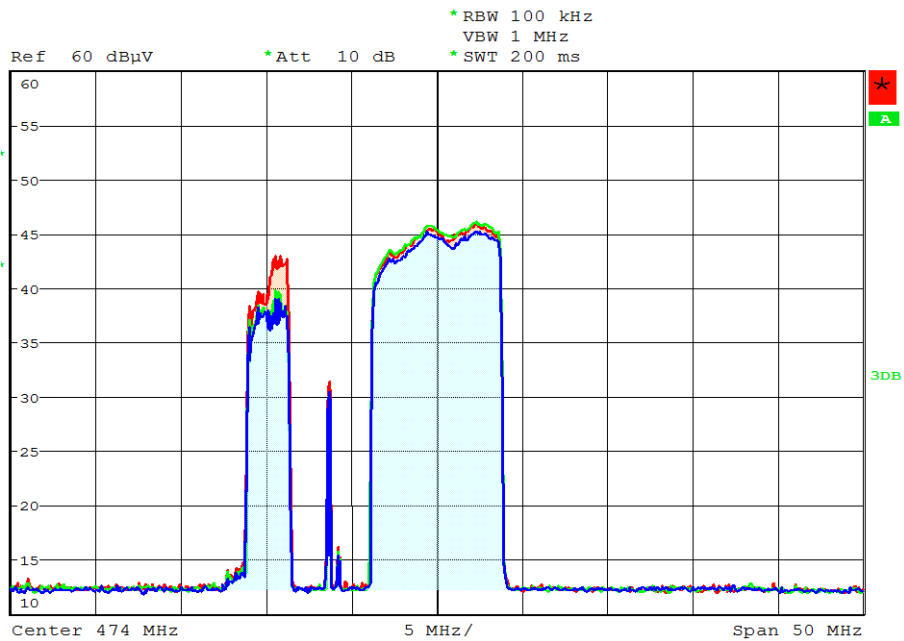
Přijímací logper. antna

## Měření v měřicím voze



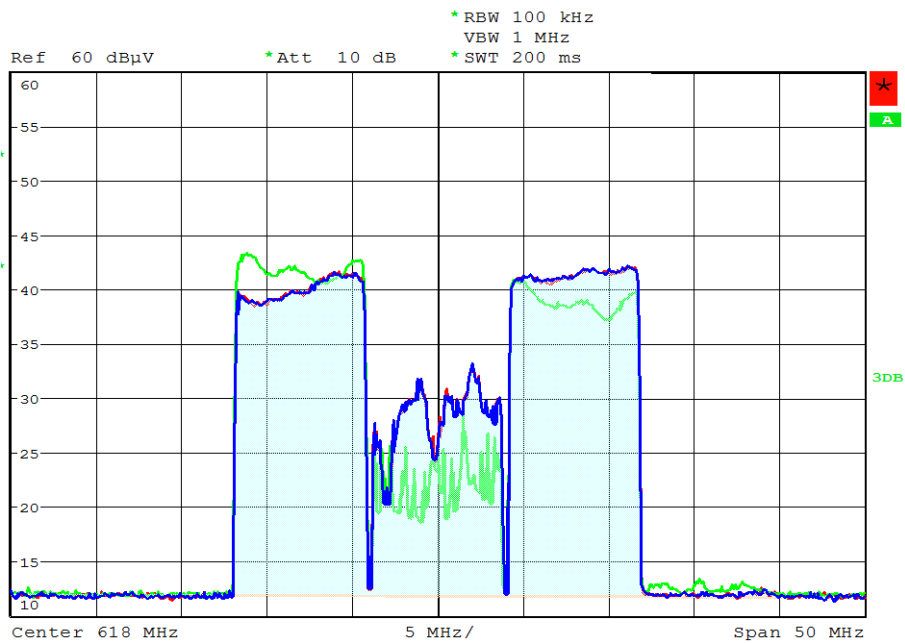
Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření v měř. voze u. R.A.Dvorského 3044 (se zesilovačem DCom)

- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE off



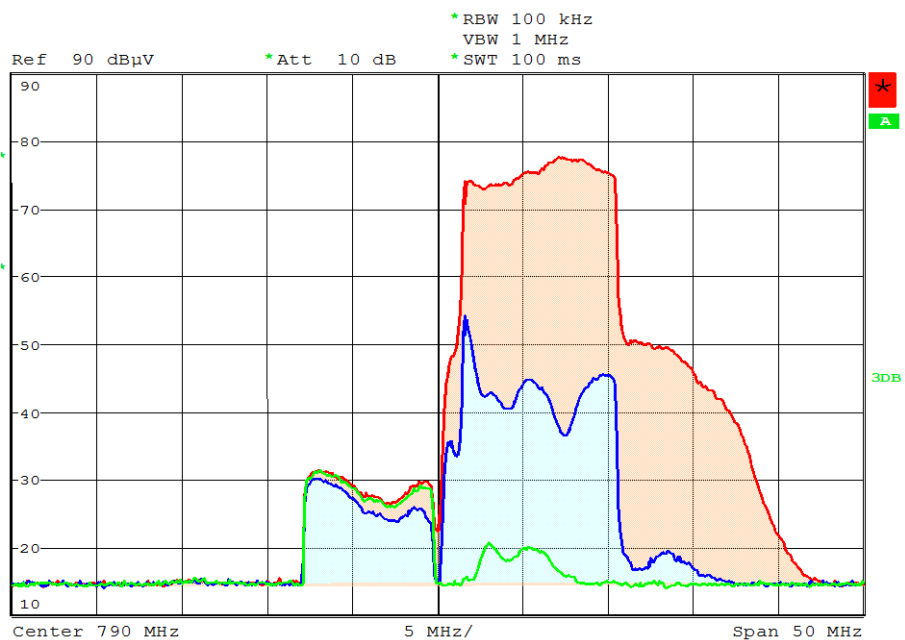
Spektrum signálů v okolí k21 (centr)

- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE off



*Spektrum signálů kanálů k38-k40*

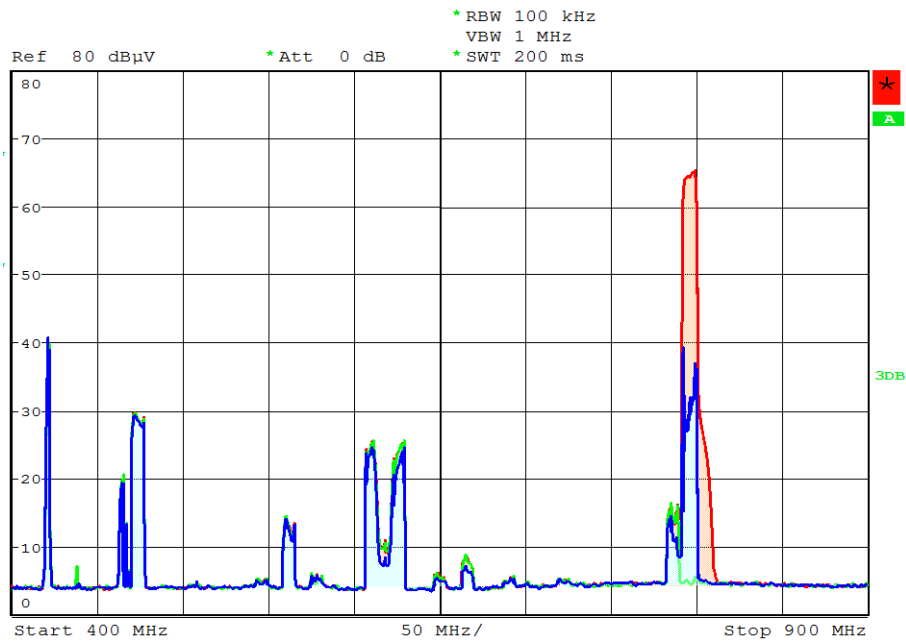
- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE off



*Spektrum signálů kanálu k60 a LTE*

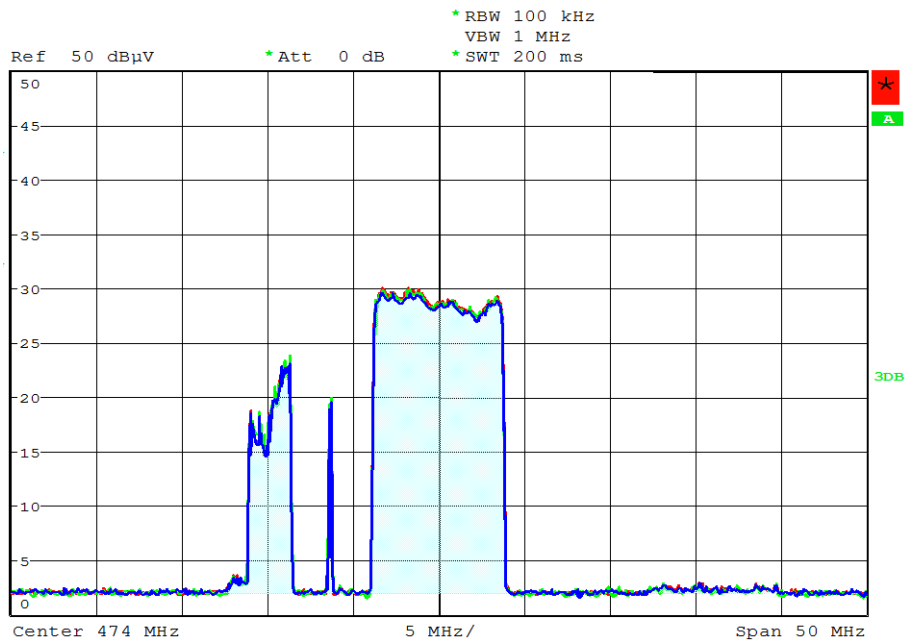
- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE on

## Měření na rozvodu (vstup TV přijímače)



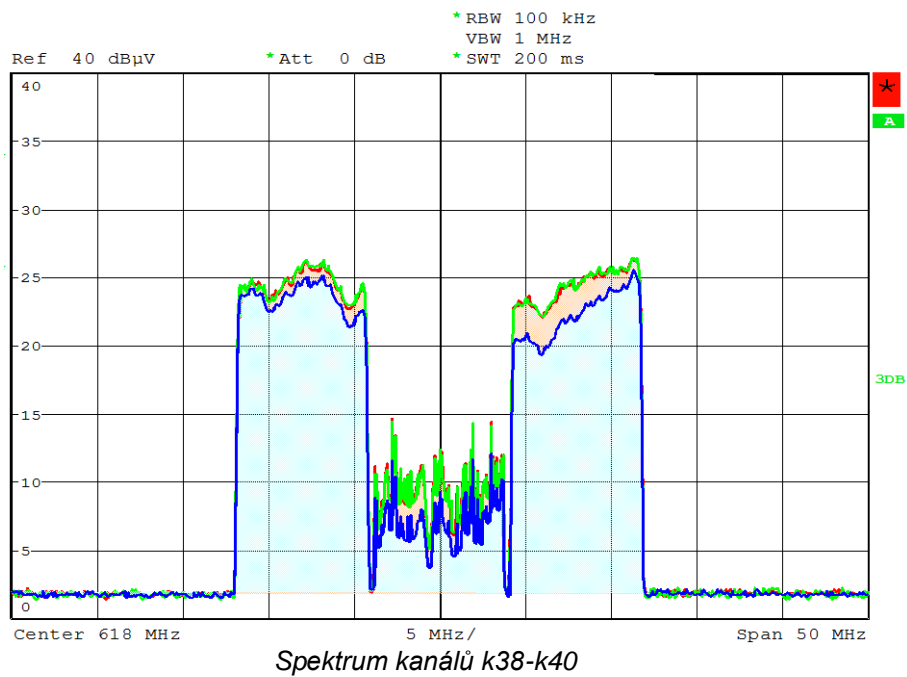
Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření signálů na vstupu TV přijímače :

- BTS LTE on
- BTS LTE on, s filtrem Jahansson 6025
- BTS LTE off

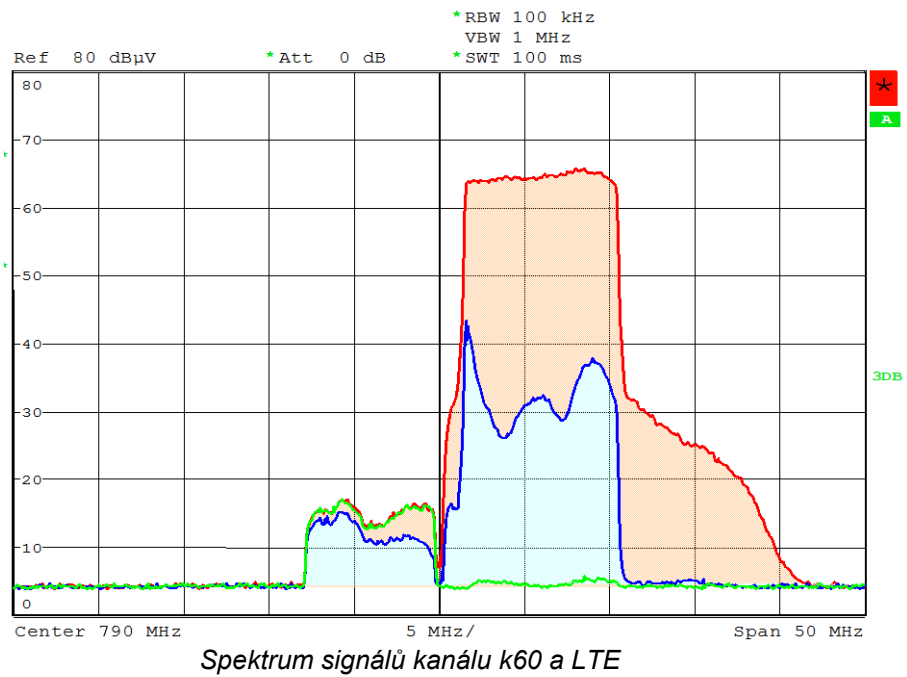


Spektrum v okolí kanálu k21 (centr) :

- BTS LTE on, bez filtru
- BTS LTE on, s filtrem Jahansson 6025
- BTS LTE off



- BTS LTE on, bez filtru
- BTS LTE on, s filtrem Jahansson 6025
- BTS LTE off



- BTS LTE on
- BTS LTE on, s filtrem Jahansson 6025
- BTS LTE off



Název obce :	<b>Dvůr Králové nad Labem</b>				adresa :	R.A.Dvorského 3044				č. akce / měření :	4/B								
jméno :	<b>Vaňurovi</b>				kontakt :					měřeno :	10.12.2013	počet osob:	3						
<b>Popis přijímacího zařízení :</b>																			
antény :	A: pasivní ITA - typ LPA zesil :				B: zesil. :				C: zesil.:				D:						
rozvod :	zesilovače :		popis:		x														
	sluč. / rozb.		popis :		x														
	zásuvky		počet :		další prvky rozvodu :				přímé propojení anténa - TV přijímač										
TV přijímače / STB	počet :		1		typy .		SAMSUNG LCD 102 cm												
<b>Naměř.hodnoty rozvod</b>				BTS LTE :		off /		on		měř. přístroje : ETL, FSP 40, filtr Johansson				po úpravách					
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q		MER		C/N		CBER		VBER		Q	PR	MER	F	poznámka
21	RS7	49	x	-35	5	5	31,3	31,4	36	36	0 E-8	0 E-8	0 E-8	0 E-8	5	-5	31,4	x	
38	2	44	x	-40	5	5	29,5	29,8	32	32	2,5 E-8	0 E-8	0 E-8	0 E-8	5	-11	28,6	x	
40	1	45	x	-39	5	5	29,1	29,4	30	30	6,6 E-7	6,3 E-7	0 E-8	0 E-8	5	-9	28,1	x	
60	3	34	x	-50	5	1	21,0	x	19	x	6,5 E-3	x	9,2 E-7	x	3	-30	18,8	x	Pozorovatelná degradace v obraze u k60,
																			kteřá byla způsobena zhoršením C/N při
																			vložení filtru, provoz LTE vysílače neměl
																			po připojení filtru na degradaci obrazu
																			žádný vliv
LTE		U <sub>RX</sub> 84 dBμV												U <sub>RX</sub> 53 dBμV		F x = filtr před TV přijímačem			
<b>Naměřené hodnoty - měřicí vůz</b>														MOMS A					
místo měření :				50 N 26 18,1				15 E 49 25,9				měř. přístroje : ETL, EFL100, FSP40, zesilovač DCom, filtr Johansson 6025							
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q		MER		C/N		CBER		VBER		poznámka				
21	RS7	63	67	-33	5	5	33,3	32,9	34	33	0 E-8	0 E-8	0 E-8	0 E-8	se zesilovačem DCom				
38	2	60	64	-36	5	5	34,9	34,6	31	31	0 E-8	0 E-8	0 E-8	0 E-8	se zesilovačem DCom				
40	1	58	63	-38	5	5	31,6	31,3	27	27	0 E-8	0 E-8	0 E-8	0 E-8	se zesilovačem DCom				
60	3	47	54	-49	5	5	27,1	25,4	24	23	2,1 E-5	2 E-4	0 E-8	0 E-8	se zesilovačem DCom				
LTE		U <sub>RX</sub> : 96 dBμV								E : 104 dBμV/m směr TV (112 μV/m směr BTS LTE)									
BTS LTE : f <sub>centr.</sub> = 796 MHz BW= 10 MHz (A1.1 + A2.1)														EIRP = 65 dBm					

## C. Dvůr Králové n. Labem HS STA

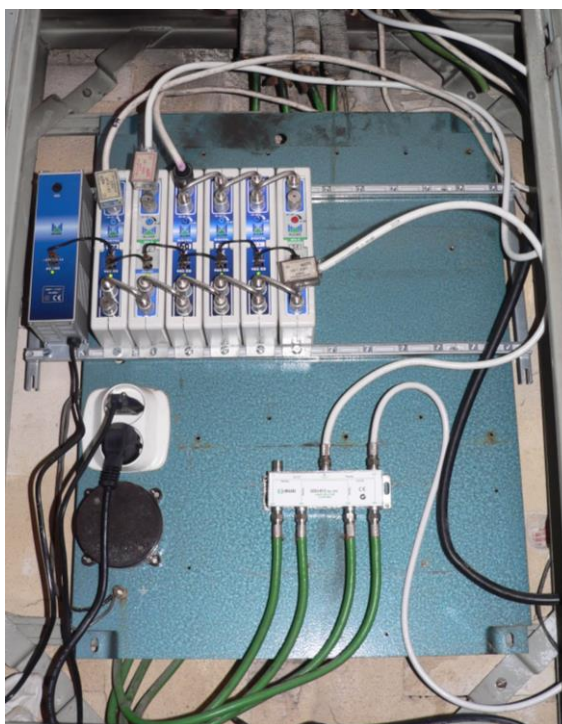
místo měření : HS STA, Karoliny Světlé 2144  
datum měření : 11.12.2013

### Přijímací zařízení :

anténní systém : Color supra 21-60 + Fuba DAT 902B + všesměr. pro FM (H)  
rozvod : klasický, částečně hvězdicový rozvod pro 36 zásuvek  
TV přijímač : x  
vzdálenost k BTS LTE : 250 m  
úroveň signálu LTE : 99 dB $\mu$ V na kontrolním výstupu HS STA  
int. elmag. pole LTE : 119 dB $\mu$ V/m u přijímacího systému HS STA  
projevy rušení : signál LTE snižuje MER u k60 z 36 dB na 25 dB  
příčina rušení : snížení poměru C/I u signálu k60  
ochranná opatření : nejsou nutná, filtr zlepšuje hodnotu MER, takže je rezerva na případné jiné degradace signálu DVB-T  
poznámka : [stejná situace je i u ostatních STA na bytových domech v ulici Karoliny Světlé \(viz mapka\)](#)

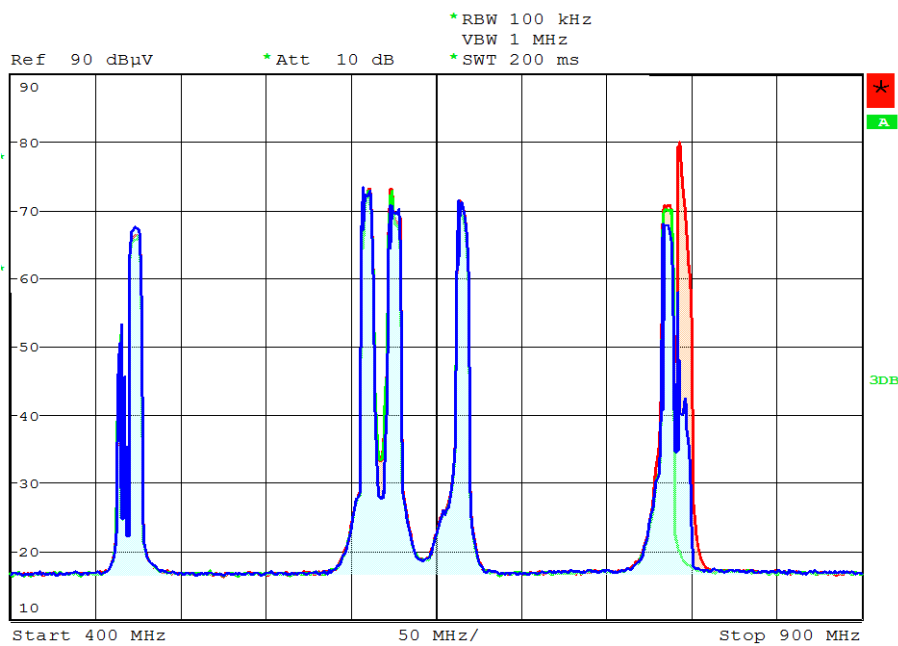


Anténní systém HS STA



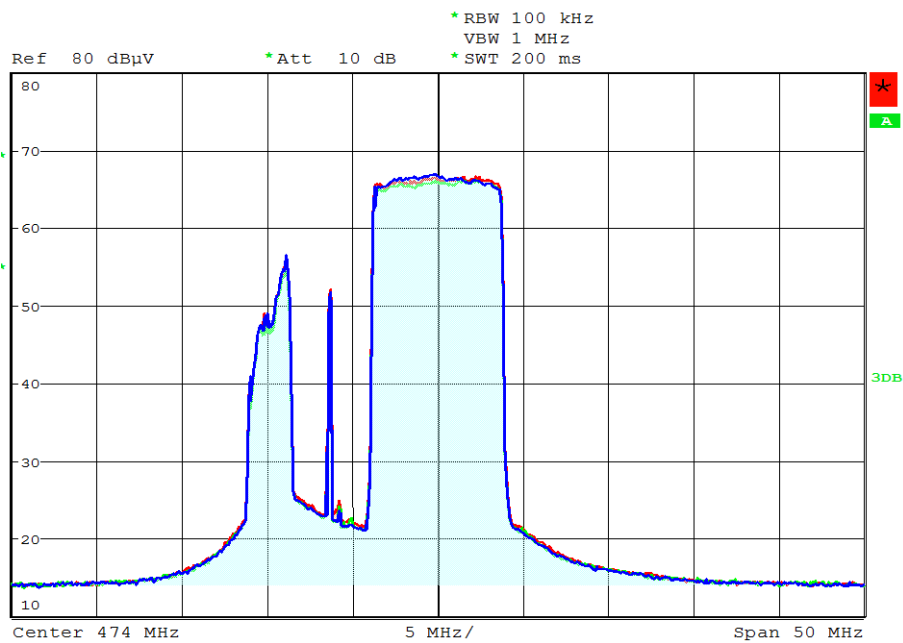
HS STA

## Měření na HS STA



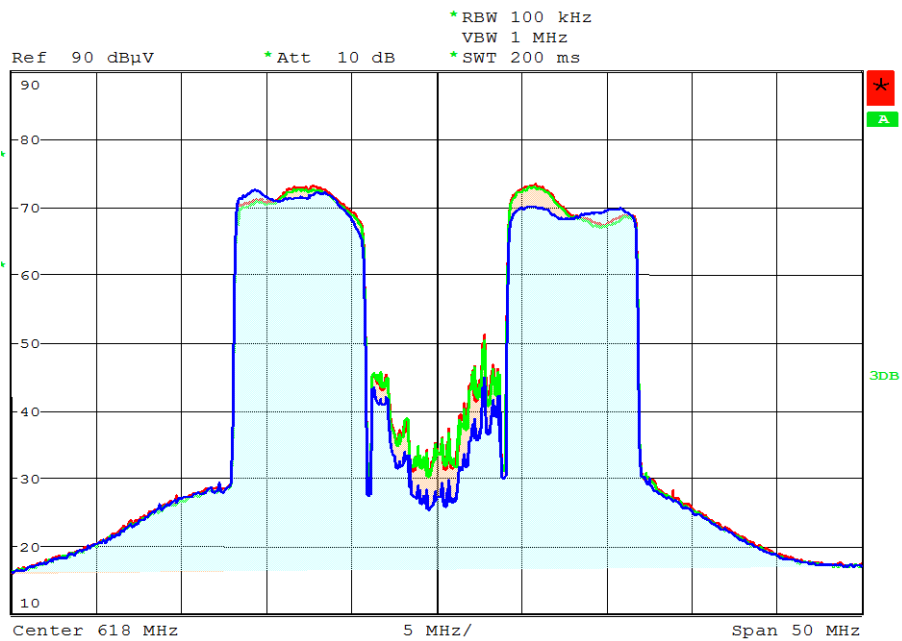
Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření na kontr. bodě HS STA

- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE off



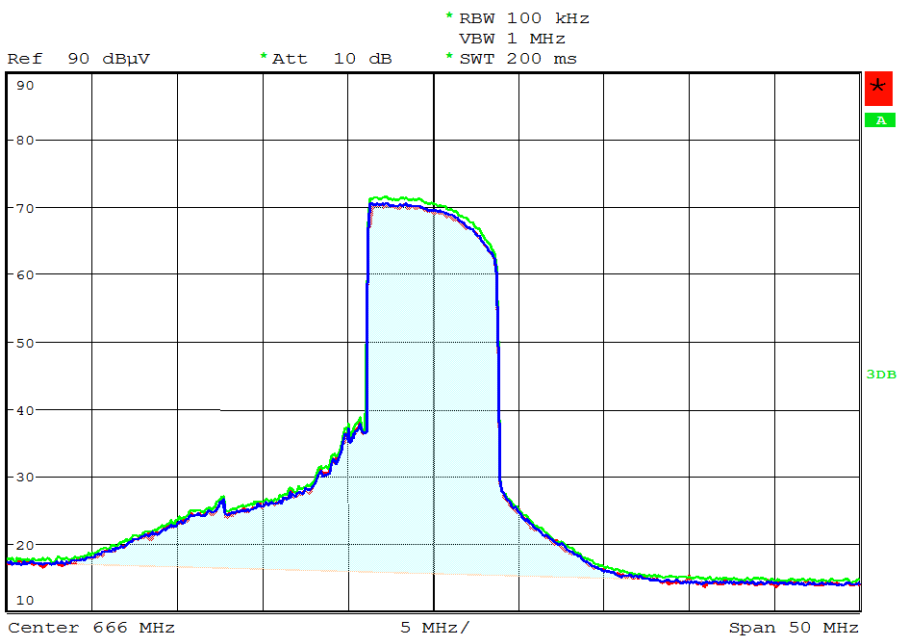
Spektrum signálů v okolí k21 (centr)

- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE off



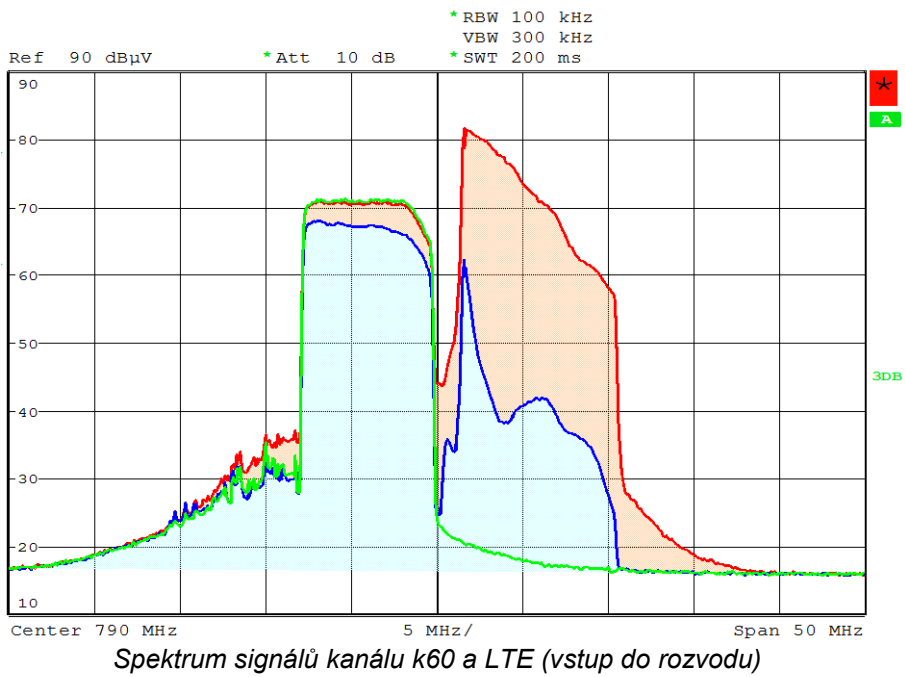
*Spektrum signálů kanálů k38-k40*

- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE off



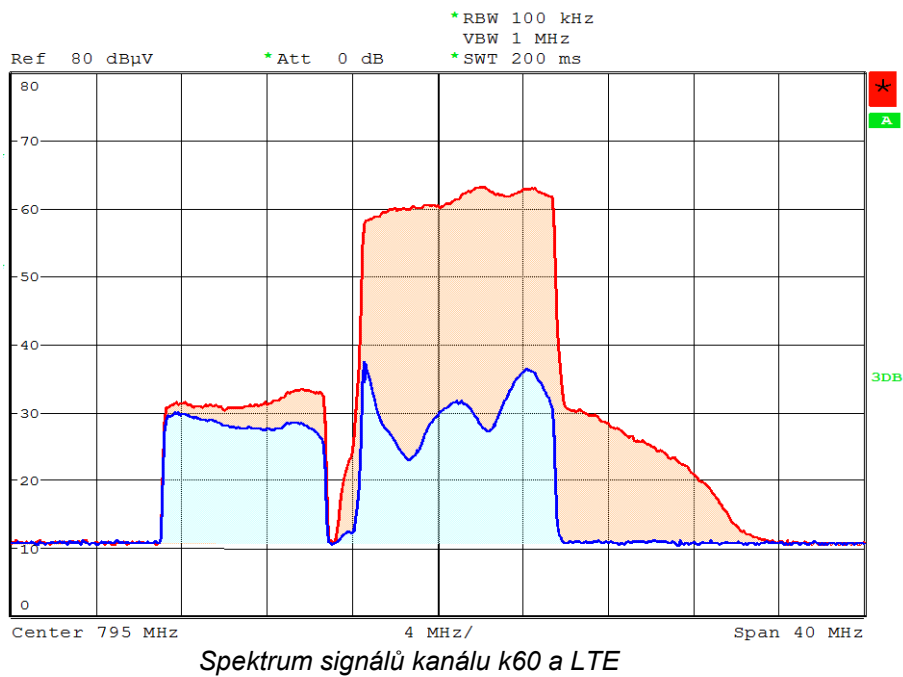
*Spektrum signálu k45*

- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE off



- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE on

*Spektrum signálů DVB-T k60 a BTS LTE na výstupu přijímací antény*



- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025

Název obce :	<b>Dvůr Králové nad Labem</b>					adresa :	Karolíny Světlé 2144					č. akce / měření :	4/C																							
jméno :	<b>kontr. výstup HS STA</b>					kontakt :						měřeno :	11.12.2013		počet osob:																					
<b>Popis přijímacího zařízení :</b>																																				
antény :	A: Color supra 21-60					zesil :						B: Fuba DAT 902B	zesil. :						C:						zesil.:						D:					
rozvod :	zesilovače :					popis:					ALCAD - řada 905, k21, k38, k40, k45, k60																									
	sluč. / rozb. zásuvky					popis :					hybridní rozbočovač IKUSI,, UBU 612 1/6																									
						počet :					36					další prvky rozvodu :					běžný rozvod STA															
TV přijímače / STB					počet :										typy .																					
<b>Naměř.hodnoty rozvod</b>					BTS LTE :					off / on					měř. přístroje :					ETL, FSP40, filtr Johansson					po úpravách											
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q		MER		C/N		CBER		VBER		Q	PR	MER	F	poznámka																	
21	RS7	83	63	-16	5	5	33,1	32,9	48	47	0 E-8	0 E-8	0 E-8	0 E-8	5	16	33,2	x	po zapnutí LTE bylo vše OK																	
38	2	88	71	-11	5	5	36,1	36,0	53	52	0 E-8	0 E-8	0 E-8	0 E-8	5	20	36	x																		
40	1	88	70	-11	5	5	33,4	33,0	53	52	0 E-8	0 E-8	0 E-8	0 E-8	5	20	33,2	x																		
45	4	86	61	-13	5	5	23,2	23,6	48	47	2,1 E-3	1,6 E-3	7 E-8	0 E-8	5	7	23,7	x																		
60	3	87	69	-12	5	5	36,4	25,0	52	25	2,3 E-7	1,1 E-3	0 E-8	0 E-8	5	18	34,8	x	u k60 bez filtru došlo ke zhoršení MER																	
LTE		99	119																Měřeno na kontrolním výstupu HS STA																	
LTE		U <sub>RX</sub> 99 dBμV										U <sub>RX</sub> 66 dBμV					F x = filtr na výstupu ant. pro TRU6xx																			
<b>Naměřené hodnoty - měřicí vůz</b>																																				
místo měření :										měř. přístroje :					ETL, EFL100, FSP40																					
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q		MER		C/N		CBER		VBER		poznámka																					
LTE	U <sub>RX</sub> :					E :																														
BTS LTE : f <sub>centr.</sub> = 796 MHz BW= 10 MHz (A1.1 + A2.1) EIRP = 65 dBm																																				

## D. Dvůr Králové n. Labem test měř. soupravy

místo měření : Tyršova na parkovišti u BTS  
datum měření : 12.12.2013

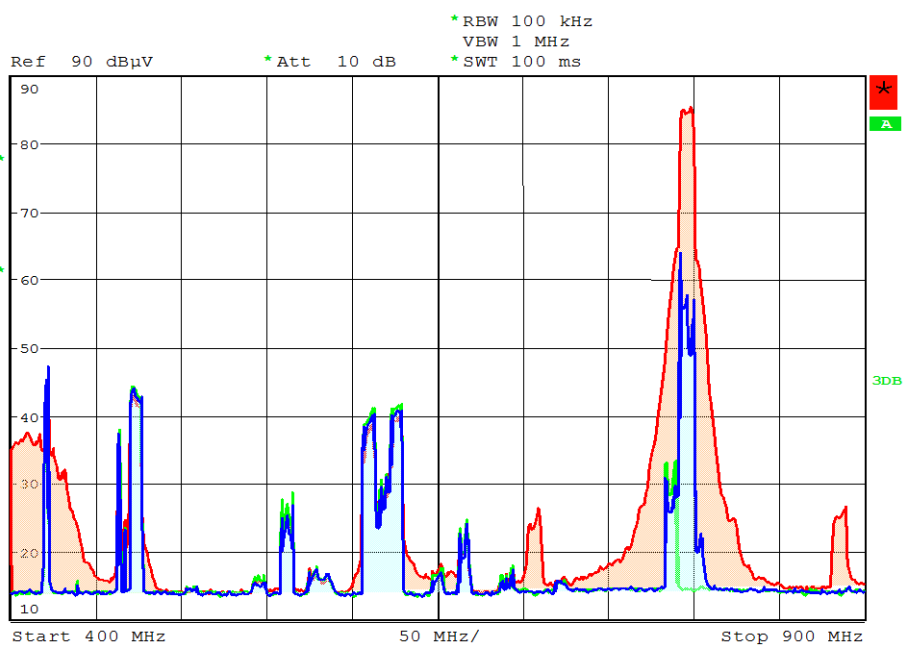
### Měření v měřicím voze:

anténní systém : měř. anténa Wisi FT01  
rozvod : souprava pro měř. LTE (u antény)  
TV přijímač : ETL, EFL 340, STB Technisat Digipal 2  
vzdálenost k BTS LTE : 30 m  
úroveň signálu LTE : 105 dB $\mu$ V na vstupu Rx bez filtru  
76 dB $\mu$ V na vstupu Rx s filtrem Johansson 6025  
int. elmag. pole LTE : 120 dB $\mu$ V/m u přijímací antény  
projevy rušení : - bez filtru se zesilovačem DCom signál k60 s Q1,  
ostatní Q5, ale MER pod 19 dB  
- s filtrem před zesilovačem DCom vše Q5  
příčina rušení : přebuzení zesilovače signálem Tx BTS LTE :  
- tvorba im produktů (v rámci kanálů DVB-T a LTE)  
- je překročena hodnota Oth (limitace zesilovače)  
- blokování (snížení zisku zesilovače signálem LTE)  
- není dodržena hodnota ochr. poměru (PR)  
ochranná opatření : zařazením filtru před zesilovač je degradace odstraněna  
poznámka : [pro](#)



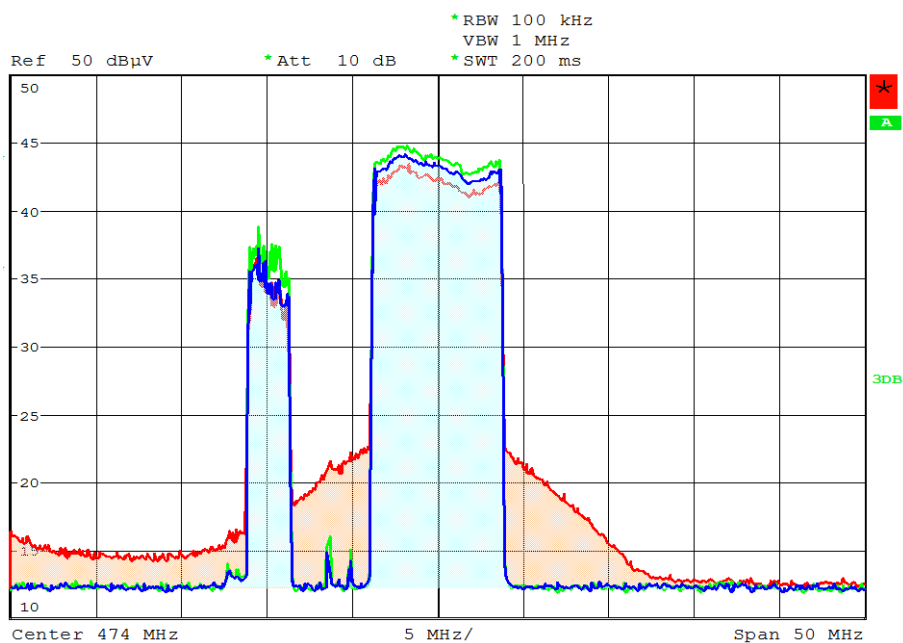
Měřicí stanoviště

## Měření v měřicím voze (Zesilovač DCom)



Spektrum signálů v pásmu 450-950 MHz

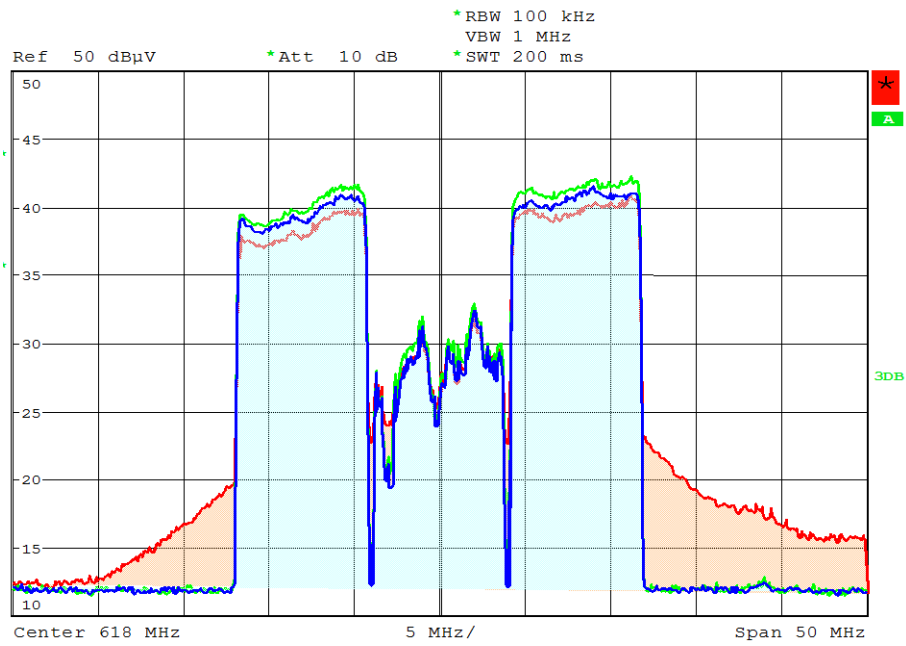
- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE off



Spektrum signálů v okolí k21 (centr)

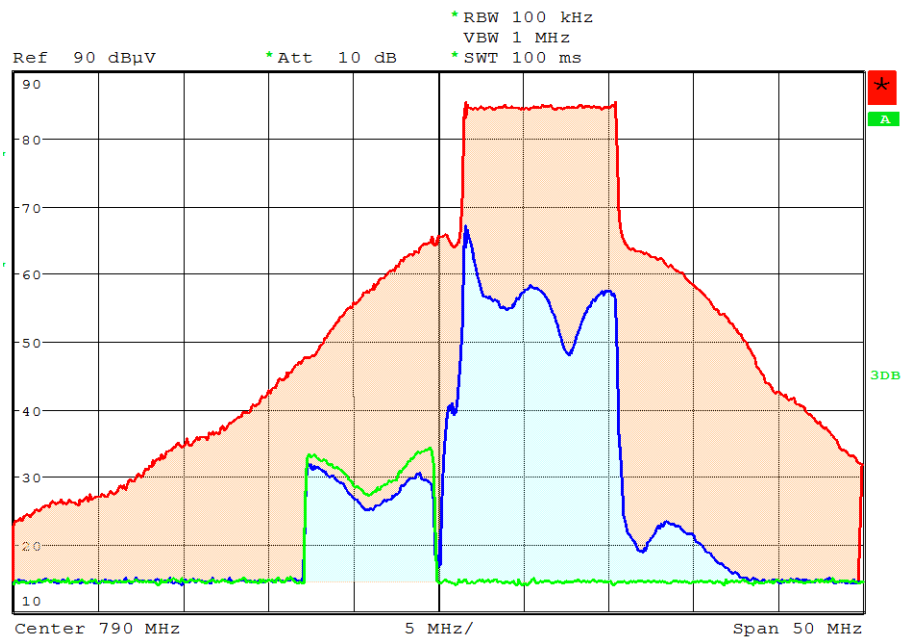
- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE off





Spektrum signálů kanálů k38-k40

- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE off



Spektrum signálů DVB-T k60 a BTS LTE

- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE off

Název obce :	<b>Dvůr Králové nad Labem</b>				adresa :	u parkoviště				č. akce / měření :	4																		
jméno :	<b>Test měř. soupravy</b>				kontakt :					měřeno :	11.12.2013		počet osob:																
<b>Popis přijímacího zařízení :</b>																													
antény :	A: Wisi FT01				zesil :					B:	zesil. :						C:	zesil.:						D:					
rozvod :	zesilovače :				popis :				měř. souprava, umístěná u antény (zesilovač DCom, filtr Johansson 6025, coax. relé)																				
	sluč. / rozb. zásuvky				popis :																								
	počet :				další prvky rozvodu :																								
TV přijímače / STB				počet :				typy .																					
<b>Naměř.hodnoty rozvod</b>				BTS LTE :				off / on				měř. přístroje :				ETL, FSP 40, filtr Macab				po úpravách									
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q	MER	C/N	CBER		VBER		Q	PR	MER	F	poznámka													
LTE		U <sub>RX</sub>														U <sub>RX</sub>		F x = filtr před TV přijímačem											
<b>Naměřené hodnoty - měřicí vůz</b>																MOMS A													
místo měření :				50 N 26 23,1				15 E 49 21				měř. přístroje :																	
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q	MER	C/N	CBER		VBER		poznámka																	
21	RS7	62	65	-14	5	5	33,1	33,1	40	38	0 E-8	0 E-8	0 E-8	0 E-8	se zesilovačem DCom a filtrem Johansson 6025														
38	2	58	62	-18	5	5	34,6	34,6	38	37	0 E-8	0 E-8	0 E-8	0 E-8	se zesilovačem DCom a filtrem Johansson 6025														
40	1	60	64	-16	5	5	34,4	34,3	39	37	0 E-8	0 E-8	0 E-8	0 E-8	se zesilovačem DCom a filtrem Johansson 6025														
60	3	50	57	-26	5	5	30,2	24,2	28	20	3,3 E-7	1,8 E-3	0 E-8	0 E-8	se zesilovačem DCom a filtrem Johansson 6025														
															(bez filtru byl k60 s Q1 a k21,k38,k40 s Q5, ale velkou chybovostí)														
LTE		U <sub>RX</sub> : 105 dBμV bez filtru / 76 dBμV s filtrem										E : 120 dBμV/m																	
BTS LTE : f <sub>centr.</sub> = 796 MHz BW= 10 MHz (A1.1 + A2.1) EIRP = 65 dBm																													

## 5. Rtně v Podkrkonoší

umístění BTS LTE	:	Areál Technických služeb města Rtně v Podkrkonoší
loc:	:	50 N 30 33,5 16 E 04 03,3
EIRP BTS	:	65 dBm
hlavní směr záření	:	75° / 130° (vždy po 2 dnech)
provoz BTS	:	17. - 20.2.2014 v dohodnutých časech, opakovaně byly obcházeny bytové domy v předpokládané oblasti rušení.
datum měření	:	17. a 18.2.2014



Umístění : **BTS LTE** (max. směr záření AS), rušené přijímací systémy



Pohled od anteny BTS

## A. Rtyně v Podkrkonoší K Jídelně 624

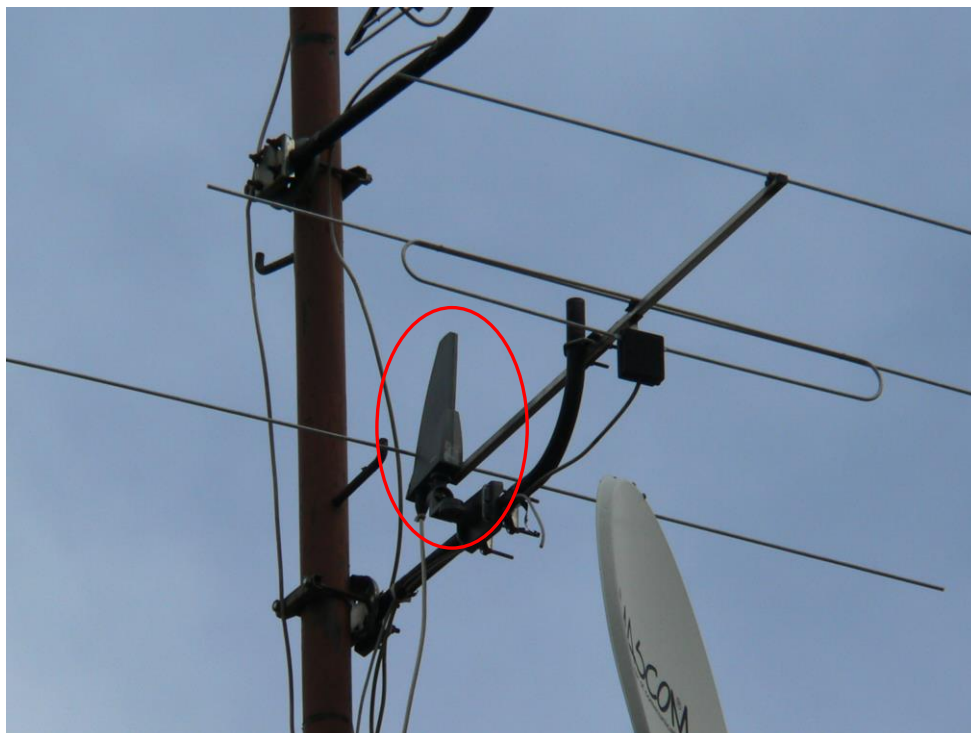
místo měření : ul. K Jídelně 624, Bašníkov  
datum měření : 18.2.201č

### Přijímací zařízení :

anténní systém : 1 x aktivní anténa SHARK  
rozvod : pasivní pro 1 přijímač  
TV přijímač : STB DHT01C DVB-T  
vzdálenost k BTS LTE : 135 m  
úroveň signálu LTE : 95 dB $\mu$ V na vstupu TV přijímače  
projevy rušení : signál LTE degraduje příjem DVB-T na všech kanálech  
příčina rušení : přebuzení aktivní antény, na vstupu TV přijímače překročena hodnota PR i Oth  
ochranná opatření : zařazením filtru Johansson 6025 na vstup TV přijímače nebylo rušení ovlivněno  
**Vzhledem k překročení hodnoty PR signálem Tx BTS LTE by ochranná opatření hradil operátor**  
poznámka : -

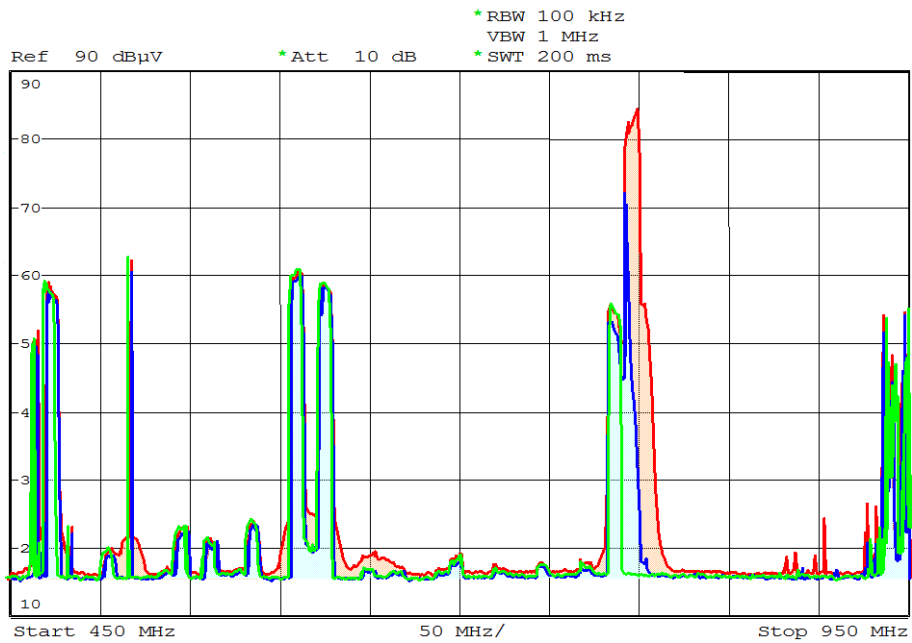
### Měření v měřicím voze:

bez signálu BTS LTE : příjem na k38, k40 a k60 s kvalitou Q5  
se signálem LTE : pasivně - ETL i STB Q5  
pas. s filtrem - vše Q5 (filtr Jahansson 6025)  
zesil. 12 dB - s filtrem Q5  
int. elmag. pole LTE : 117 dB $\mu$ V/m u bytového domu



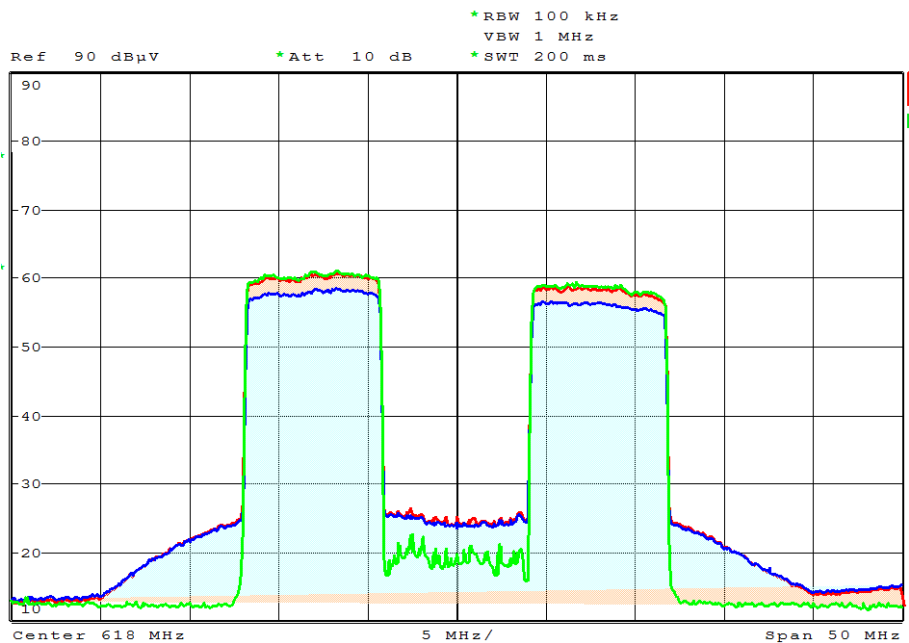
Aktivní anténa SHARK

## Měření v měřicím voze



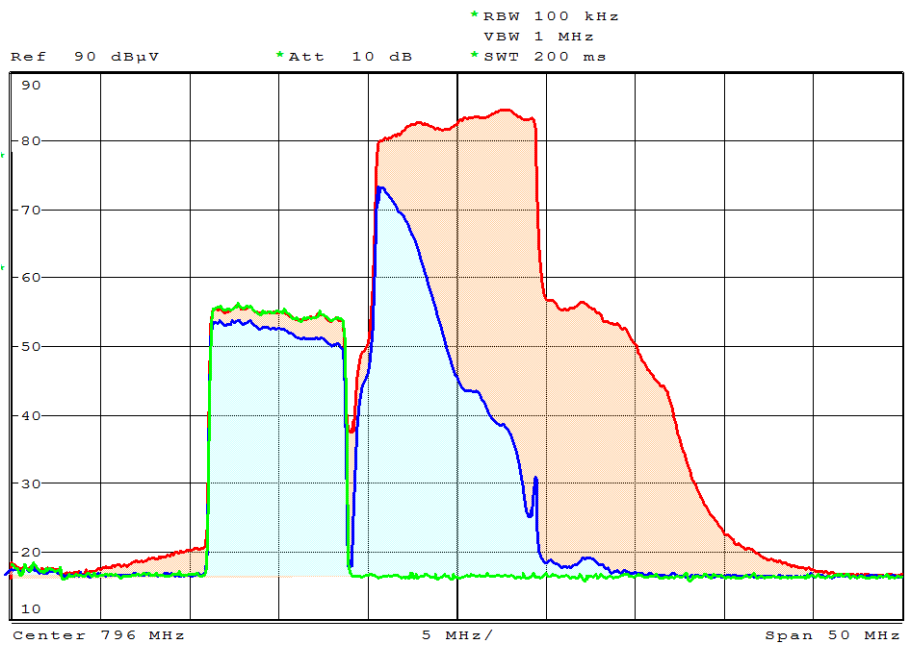
Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření v měř. voze u domu K Jídelně 624 (se zesilovačem Terra Ab 010)

- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE off



Spektrum signálů kanálů k38-k40

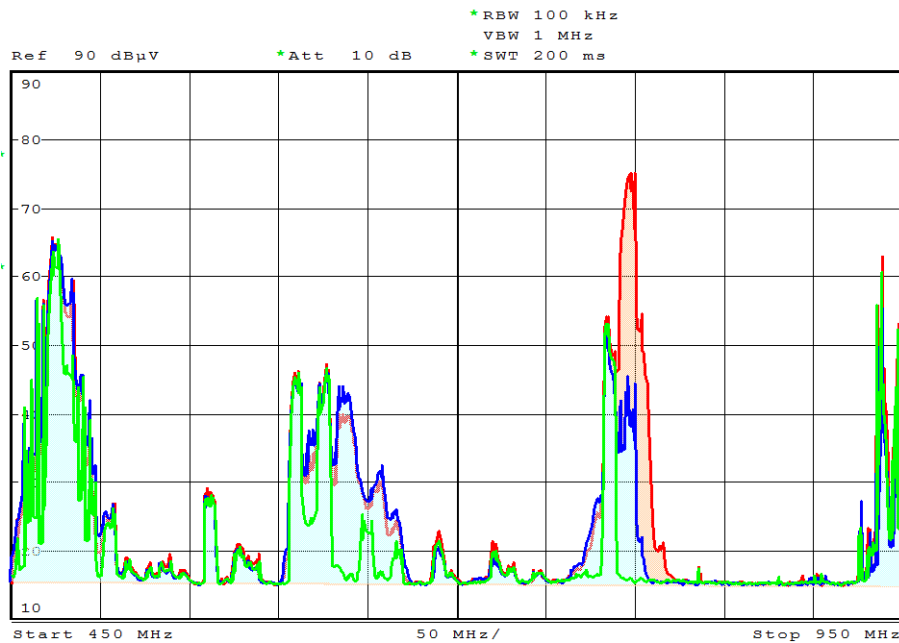
- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE off



*Spektrum signálů kanálu k60 a LTE*

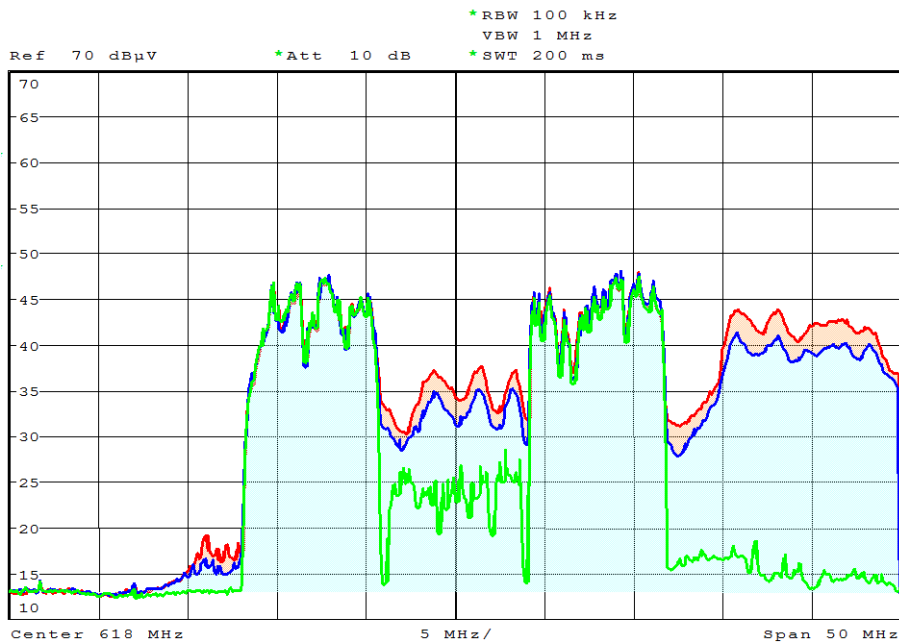
- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE off

## Měření na rozvodu (vstup TV přijímače)



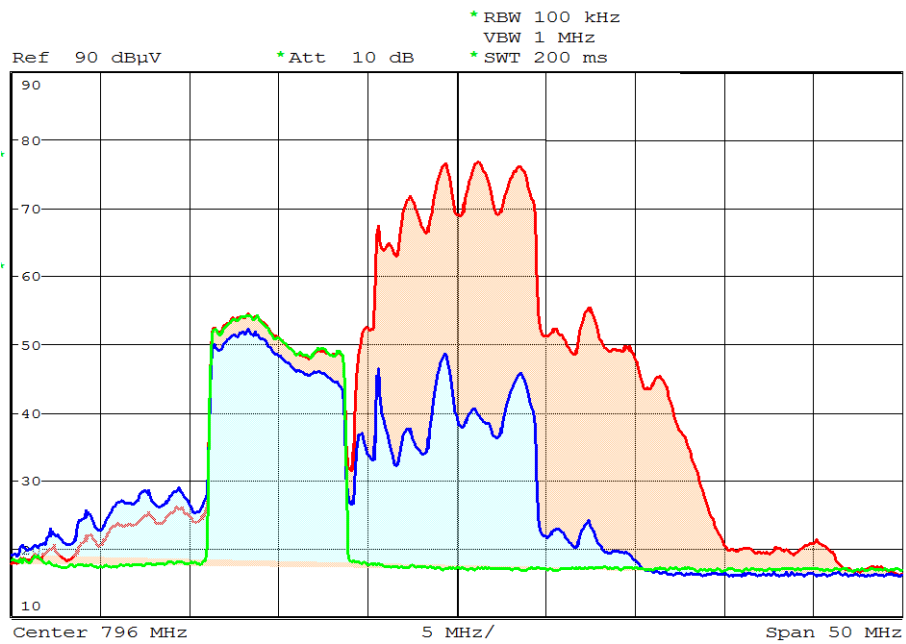
Spektrum v pásmu 450-950 MHz při měření signálů na vstupu TV přijímače :

- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE off



Spektrum signálů kanálů k38-k40

- BTS LTE on, bez filtru
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE off



Spektrum signálů kanálu k60 a LTE

- BTS LTE on
- BTS LTE on, filtr Johansson 6025
- BTS LTE off

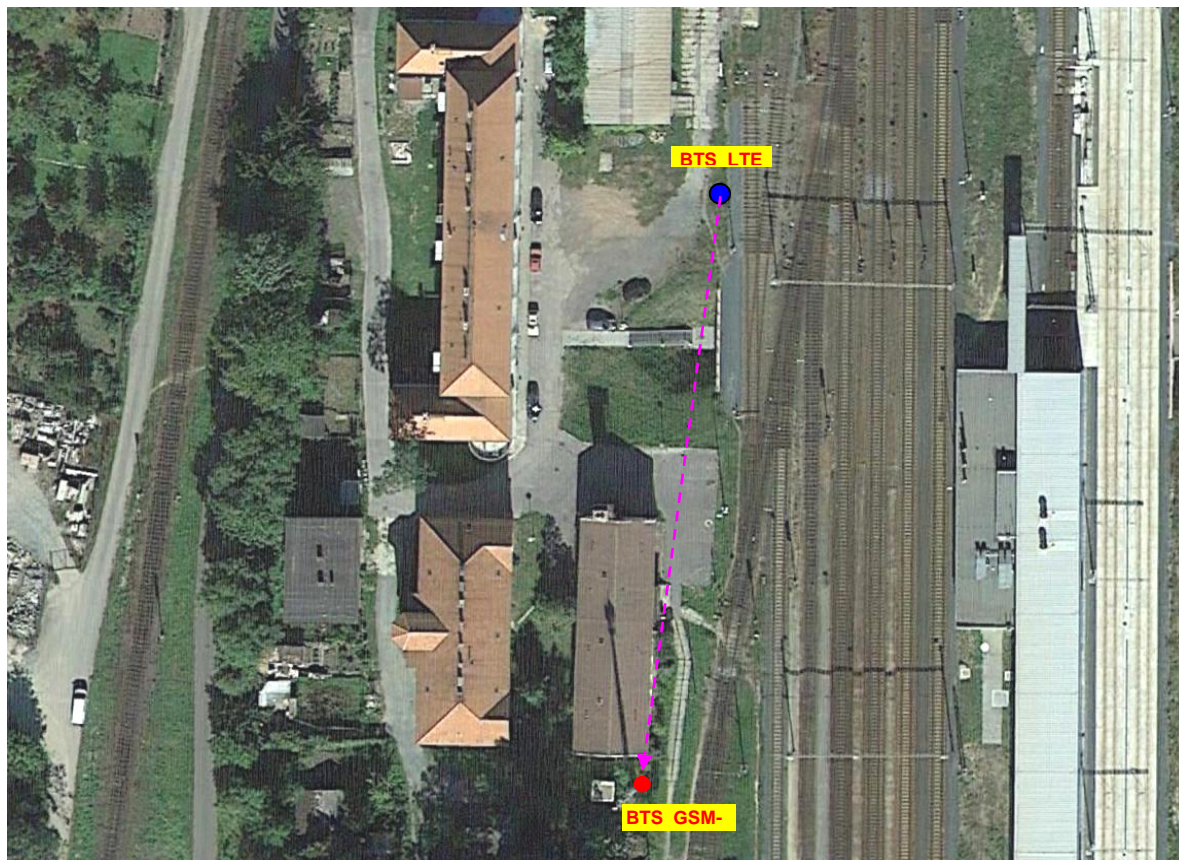


Název obce :	<b>Rtyně v Podkrkonoší</b>				adresa :	K jídelně 624				č. akce / měření :	1														
jméno :	<b>Bašníkoví</b>				kontakt :	774 987 729				měřeno :	18.2.2014		počet osob:	2											
<b>Popis přijímacího zařízení :</b>																									
antény :	A: aktivní anténa SHARK zesil :				x	B: zesil. :					C: zesil.:					D:									
rozvod :	zesilovače :		popis :		35 dB, integrován do antény																				
	sluč. / rozb. zásuvky		popis :		bez rozbočení																				
			počet :		1		další prvky rozvodu :		x																
TV přijímače / STB			počet :		1		typy .		TV - Grundig CRT 63 cm, přijímač - DHT01C DVB-T HDMI																
<b>Naměř.hodnoty rozvod</b>				BTS LTE :		off / on		měř. přístroje :				ETL, FSP 40, filtr Macab				po úpravách									
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q		MER		C/N		CBER		VBER		Q	PR	MER	F	poznámka						
38	2	62	x	-33	5	1	23,8	19,5	25	15	3 E-3	3,2 E-2	0 E-8	2 E-3	1	-2	18,2	x							
40	1	65	x	-30	5	1	24,0	x	28	15	2,7 E-3	x	0 E-8	x	1	1	x	x							
60	3	59	x	-36	5	3	32,4	21,4	38	18	0 E-8	9,4 E-3	0 E-8	2,4 e-6	3	-6	19,2	x							
																			anténní zesilovač nebyl dostupný						
																			filtr byl vložen až na vstup TV přijímače						
LTE	U <sub>RX</sub> 95 dBμV												U <sub>RX</sub> 62 dBμV				F x = filtr před TV přijímačem								
<b>Naměřené hodnoty - měřicí vůz</b>														MOMS A											
místo měření :				K Jídelně 624				49 N 9 26,3				16 E 22 36,5				měř. přístroje :				ETL, EFL100, FSP40, zes. Terra AB010, filtr Johansson 6025					
k	MUX	U <sub>RX</sub>	E	PR	Q		MER		C/N		CBER		VBER		poznámka										
38	2	78	79	6	5	5	36,3	37,8	40	32	0 E-8	0 E-8	0 E-8	0 E-8	se zesilovačem a filtrem LTE										
40	1	76	78	4	5	5	35,1	37,7	40	32	3,1 E-8	6,5 E-8	0 E-8	0 E-8	se zesilovačem a filtrem LTE										
60	3	69	74	-3	5	5	72,7	36,5	33	27	5,2 E-6	0 E-8	1,9 E-8	0 E-8	se zesilovačem a filtrem LTE										
LTE	U <sub>RX</sub> : 72 dBμV								E : 118 dBuV/m																
BTS LTE :														f <sub>centr.</sub> = 796 MHz				BW= 10 MHz (A1.1 + A2.1)				EIRP = 65 dBm			

## 6. Měření EMC systémů GSM-R a LTE 800 MHz

Na základě memoranda, uzavřeného mezi MPO ČR a MD ČR bylo v rámci experimentu pro ověření dopadu provozu sítě LTE 800 MHz na příjem signálů DVB-T provedeno i měření pro posouzení vlivu provozu BTS LTE 800 MHz na síť GSM-R.

Měření bylo prováděno ve spolupráci s SŽDC a ČD – Telematika na BTS systému GSM-R, umístěné na žel. stanici Brno-Horní Heršpice., Výtopní 1.



Umístění : **BTS LTE** (max. směr záření AS), **rušená BTS GSM-R**



Anténa BTS LTE

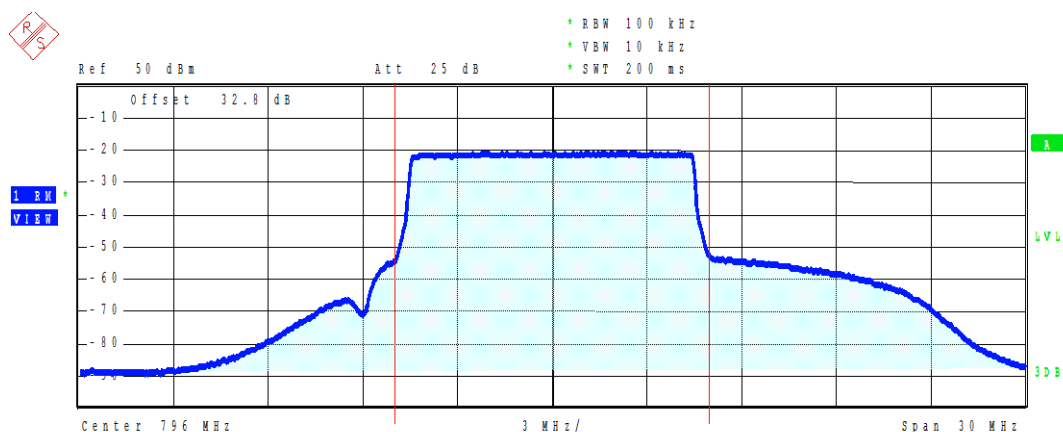


Antény BTS GSM-R

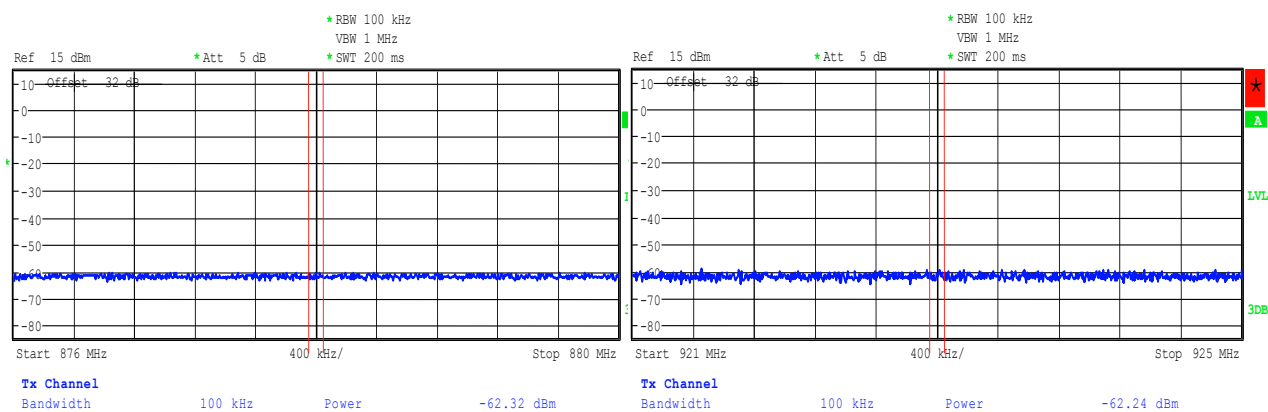
## 1. Měření na BTS LTE

umístění BTS LTE : Výpravní 1, Brno-Horní Heršpice  
 loc: : 49 N 10 06,84 16 E 36 23,81  
 EIRP BTS : 65 dBm  
 kmitočet : bloky A1.1 + A2.1 (791-801 MHz)  
 hlavní směr záření : 120°  
 datum měření : 5.12.2013

Pro objektivní posouzení vlivu signálu Tx BTS LTE na provoz sítě GSM-R (BTS i UT) bylo nutno provést měření spektrálních parametrů vysílače BTS LTE, zda odpovídají požadavkům relevantních technických norem a specifikací 3GPP a ETSI v kmitočtových pásmech, která jsou využívána systémem GSM-R.



Tx Channel  
 Bandwidth 10 MHz Power 46.66 dBm  
 Spektrum signálu Tx BTS LTE



Spektrum v pásmu 876-880 MHz  
 (Rx BTS GSM-R)

Spektrum v pásmu 921-925 MHz  
 (Tx BTS GSM-R)

kmitočtové pásmo [MHz]	využití	P <sub>SE</sub> -naměř. <sup>1)</sup> [dBm/100kHz]	P <sub>SE</sub> -limit <sup>2)</sup> [dBm/100kHz]
876 – 880	Rx BTS GSM-R	-62 <sup>3)</sup>	-36
921 - 925	Tx BTS GSM-R	-62 <sup>3)</sup>	-36

<sup>1)</sup> Naměřený výkon nežádoucích emisí (doména nepodstatného vyzařování - SE) v šířce pásma 100 kHz na výstupu vysílače BTS LTE

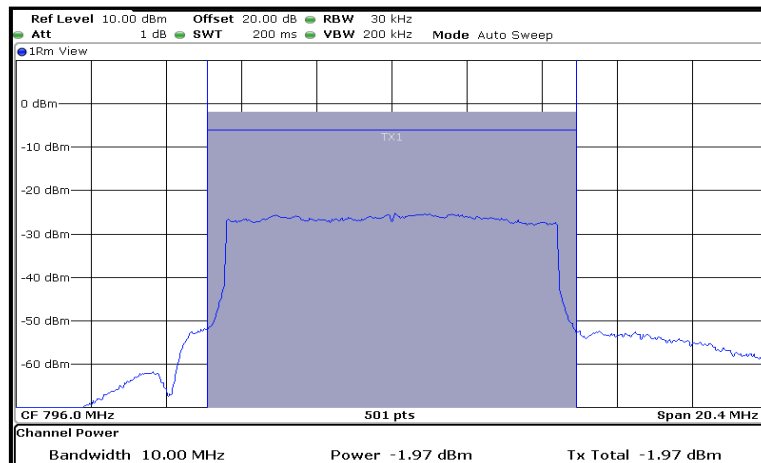
<sup>2)</sup> Maximální povolený výkon nežádoucích emisí (doména nepodstatného vyzařování - SE) v šířce pásma 100 kHz podle požadavků standardu ETSI TS 136 021 a Doporučení ITU-R SM.329-12

<sup>3)</sup> Hodnota omezena šumem analyzátoru spektra vzhledem k potřebnému dynamickému rozsahu

## 2. Měření na BTS GSM-R

umístění BTS LTE : Výpravní 1, Brno-Horní Heršpice  
typ : Kapsch S800 Indoor BTRGSM  
NTQ A 65AP  
loc: : 49 N 10 04,22 16 E 36 23,13  
kmitočet : 876 – 880 MHz - přijímač BTS  
921 – 925 MHz - vysílač BTS  
hlavní směry záření : 20°, 120°  
vzdálenost k BTS LTE : 90 m  
datum měření : 5.12.2013

### a) Blokování Rx BTS GSM-R signálem Tx BTS LTE

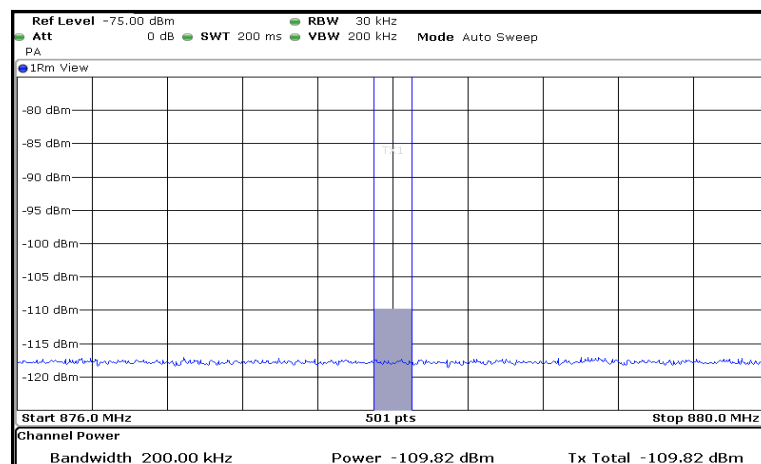


### Spektrum signálu Tx BTS LTE na vstupu přijímače BTS GSM-R

Při úrovni rušícího signálu LTE -2 dBm na vstupu Rx BTS GSM-R podle vyjádření dohledového centra nebylo indikováno žádné rušení. Při zkušebním volání nebyly zjištěny žádné závady.

Z výsledků měření je tedy zřejmé, že testovaná BTS GSM-R splňuje z hlediska blokování přijímače signálem LTE požadavky standardu ETSI TS 151 021 v11.4.0 – limitní úroveň pro blokování Rx BTS je 8 dBm (na vstupu přijímače nebylo možno získat vyšší úroveň signálu LTE než -2 dBm).

### b) Rušení Rx BTS GSM-R signálem LTE

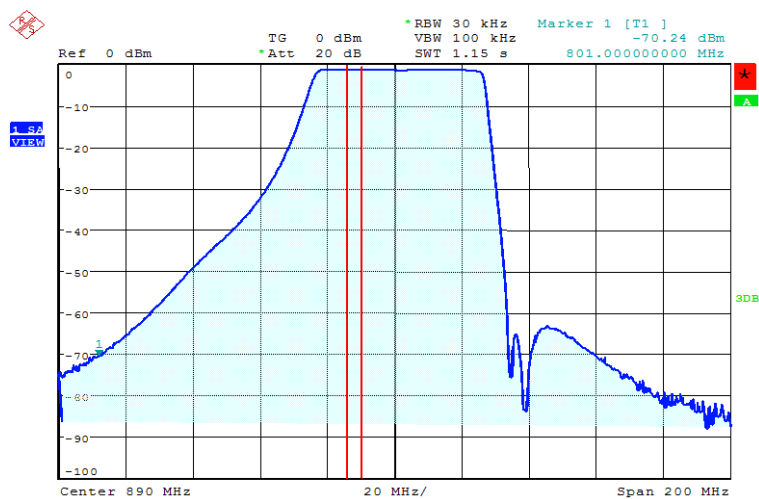


### Úroveň signálu na vstupu Rx BTS GSM-R při provozu Tx LTE

Naměřená hodnota výkonu rušícího signálu Tx BTS LTE v šířce pásma 200 kHz je -110 dBm pro celé pásmo UL (876-880 MHz).

Naměřená hodnota je prakticky daná úrovní šumu analyzátoru spektra, takže skutečný výkon rušících signálů je podstatně nižší a v žádném případě nemůže způsobit rušení přijímaného signálu.

Pro zvýšení dynamického rozsahu analyzátoru spektra pro měření nízkých úrovní byl před tento analyzátor zařazen filtr, potlačující signály Tx BTS LTE i GSM - kmitočtová charakteristika filtru je na následujícím obrázku.



Kmitočtová charakteristika použitého filtru (DCom DS 255) s vyznačením pásma Rx BTS GSM-R

### **3. Test rušení terminálu GSM-R**

V rámci měření rušení sítě GSM-R signálem BTS LTE byl rovněž proveden test ovlivnění funkce terminálu GSM-R signálem Tx BTS LTE.

V rámci testu bylo prováděno zkušební volání z tlf. Siemens TM-M75. I v případě, že int. el-mag. pole signálu Tx LTE u mobilního telefonu (měřeno soupravou - anténa HE300 + anal. spektra FSL18) byla 130 dB $\mu$ V/m, nedocházelo k žádným problémům při volání do (z) sítě GSM, GSM-R nebo na pevnou linku.

Lze tedy konstatovat, že mobilní terminál z hlediska odolnosti proti blokování přijímače splňuje požadavky specifikace ETSI TS 102 933-1 v1.2.1 (0 dBm  $\Rightarrow$  E = 128 dB $\mu$ V/m pro G<sub>ant.</sub> = 0 dBi).

## **Příloha B**

Technické prostředky, používané v rámci experimentu

1. Antény
2. Analyzátoři spektra
3. TV měřicí přijímače
4. Set top box
5. Měřicí souprava LTE / DVB-T
6. Filtry pro potlačení signálu LTE
7. Použitá technologie BTS LTE 800 MHz

## Technické prostředky, používané v rámci experimentu

### 1. Antény

Při měření v měřicím voze byla používána měřicí anténa :

typ	:	Wisi FT 01		
zisk	:	10,0 - 12,5	dB	v pásmu 470 - 860 MHz
ČZP	:	> 20	dB	
šířka svazku	:	25° - 40°		pro kanály k60 - k21, pol. H

### 2. Analyzátoři spektra

Rohde & Schwarz FSQ 8	v.č.	200200
Rohde & Schwarz FSQ 40		200030
Rohde & Schwarz FSP 40		100022
Rohde & Schwarz ETL		100869

### 3. TV měřicí přijímače

Rohde & Schwarz ETL	v.č.	100869
Rohde & Schwarz ETH		101799
Rohde & Schwarz EFL 340		101369
Rohde & Schwarz EFL 100		100269

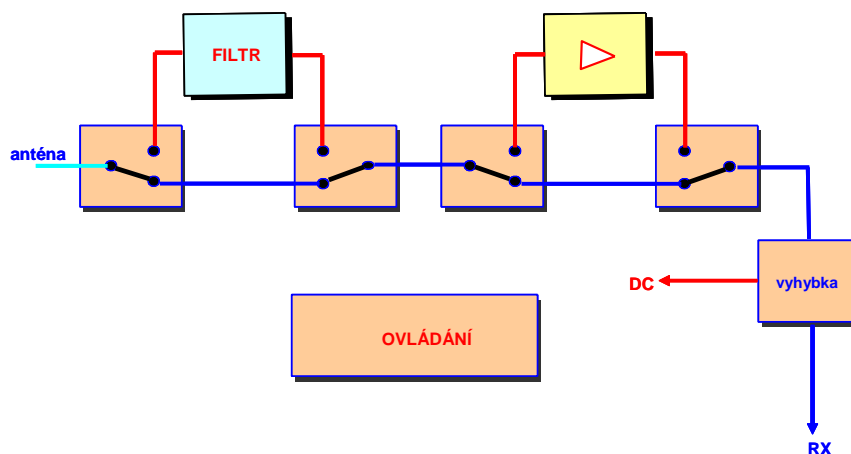
### 4. Set top box

TechniSat DigiPal2

### 5. Měřicí souprava LTE / DVB-T

Měřicí přípravek, umístěný u antény FT 01, umožňuje úpravu přijímaných signálů :

- průchod signálu beze změny
- zařazení filtru pro potlačení signálů LTE
- zařazení zesilovače
- zařazení filtru + zesilovače

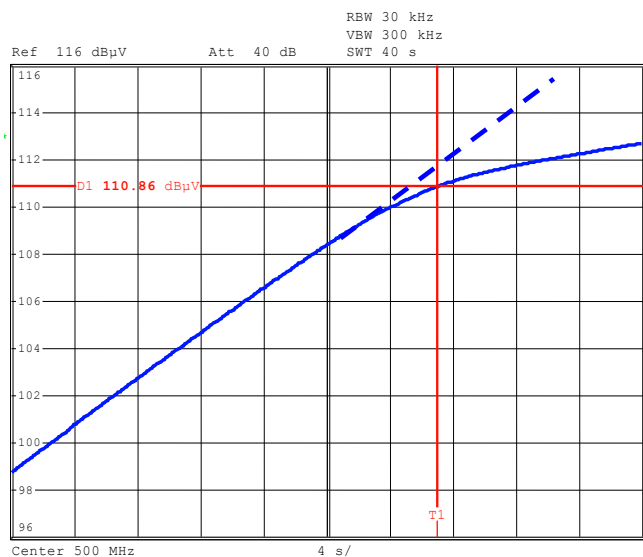


(b1) Blokové schéma měřicí soupravy

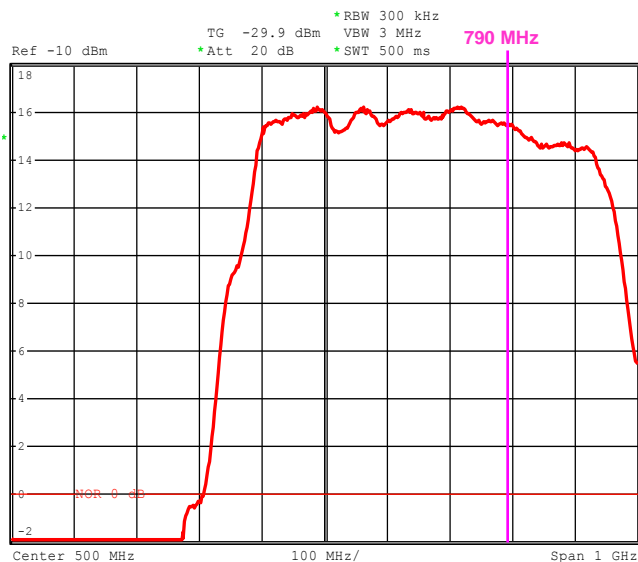
## 5.1 Zesilovače, používané v měřicí soupravě :

### a) Terra AB 010

zisk : 15 dB  
 F : 0,8 dB  
 $U_{\text{výst. max.}}$  : 98 dB $\mu$ V (údaj výrobce)



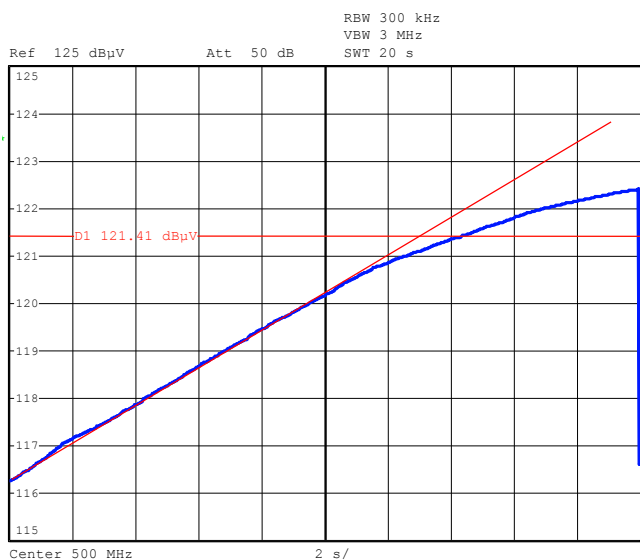
(b2) Měření  $IP_1$  (110 dB $\mu$ V)



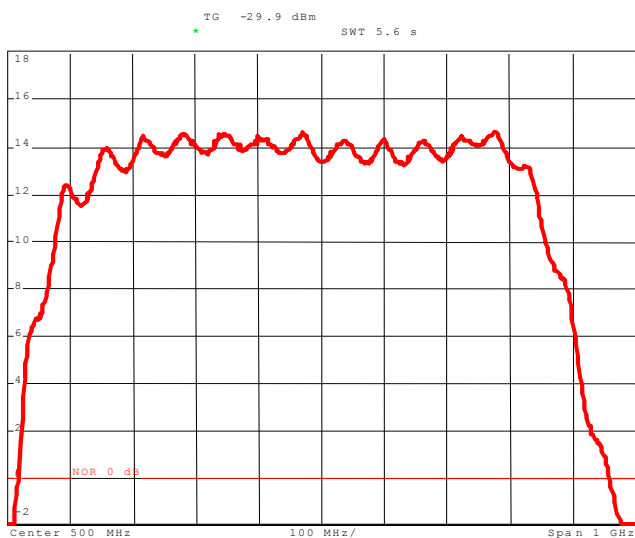
(b3) Kmitočtová charakteristika

### b) DCom

zisk : 14 dB  
 F : 3 dB  
 $U_{\text{výst. max.}}$  : 110 dB $\mu$ V (údaj výrobce)



(b4) Měření  $IP_1$  (121 dB $\mu$ V)

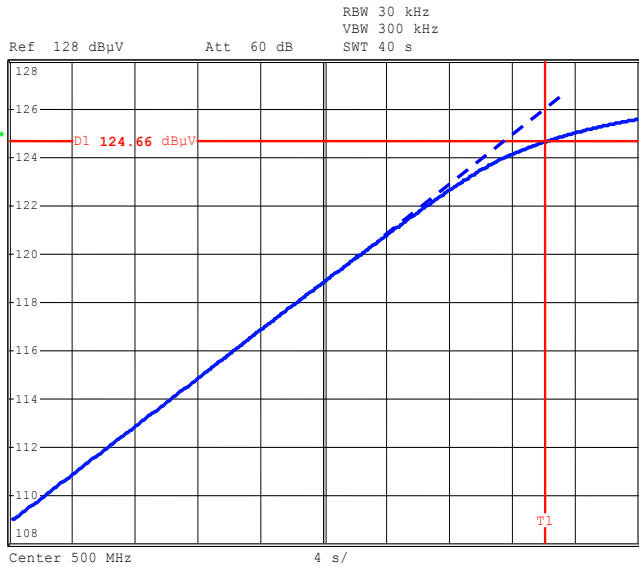


(b5) Kmitočtová charakteristika

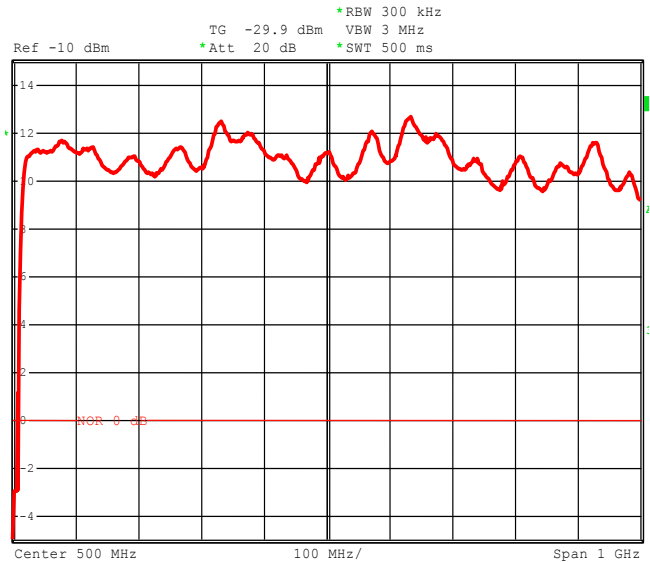


### c) TEROZ 415 („výkonový“)

zisk : 10 dB  
F : 4 dB  
U<sub>výst. max.</sub> : 107 dB $\mu$ V (údaj výrobce)



(b6) Měření IP<sub>1</sub> (124 dB $\mu$ V)



(b7) Kmitočtová charakteristika

## 5.2 Filtry pro potlačení signálu LTE

V měřicí soupravě byly většinou alternativně používány filtry :

- Macab LTE 3410 (v oblasti s příjmem k59)
- Johansson 6025 (v oblasti příjmu k60)

V průběhu experimentu byly prakticky odzkoušeny ještě některé z filtrů, uvedených v následujícím přehledu.

Přehled obsahuje i naměřené výsledky průchozích útlumů.

## 6. Filtry pro potlačení signálů Tx BTS LTE

V následující tabulce jsou uvedeny základní technické parametry několika typů filtrů (dolní propust nebo pásmová zádrž), sloužících pro potlačení signálů LTE

Výrobce	typ		k59	k60	LTE
-	-		[dB]	[dB]	[dB]
Raycom	LPF-766		12,7	31,9	51,0
Raycom	LPF-774		8,1	24,5	42,1
Jašek (?)	LPF 782		3,9	8,4	22,8
Jašek	LPF 782		3,9	8,2	21,7
DKT COMEGA	LTE 790		4,3	6,9	13,4
MUGLER	NFDD 787		2,8	5,2	26,7
MUGLER	AG LTE 787		1,8	4,6	23,4
Johansson	6024		3,9	10,5	28,3
Johansson	6025		1,1	3,2	32,2
EBF	4G LTE Filter	1	1,9	3,6	6,5
EBF	4G LTE Filter	2	6,9	7,7	6,7
Macab	LTE-3410	1	4,5	11,6	32,9
Macab	LTE-3410	2	5,9	11,9	27,6
Ikusi	FLTE601		2,2	3,3	21,3
Teroz	872 MHz		2,0	3,1	21,7
Televes	LTEW 782		2,6	4,8	32,2
Alcad	FR 619		4,4	6,1	17,1
Alcad	RB-619		3,7	6,0	12,3
Televes	403101 470-774 MHz	k57	7,5	23,2	38,5
Televes	403401 5-790 MHz		2,7	4,6	20,9
Fagor	LBF 790		2,2	3,4	4,8
Fagor	LBF 766	k57	3,3	23,4	40,2

Legenda :

- k59* - útlum signálu DVB-T v pásmu kanálu k59 (měřeno pro celé pásmo 8 MHz)
- k60* - dtto pro kanál k60
- LTE* - potlačení signálu LTE – bloku A1.1 (791-796 MHz), měřeno pro celé pásmo 5 MHz

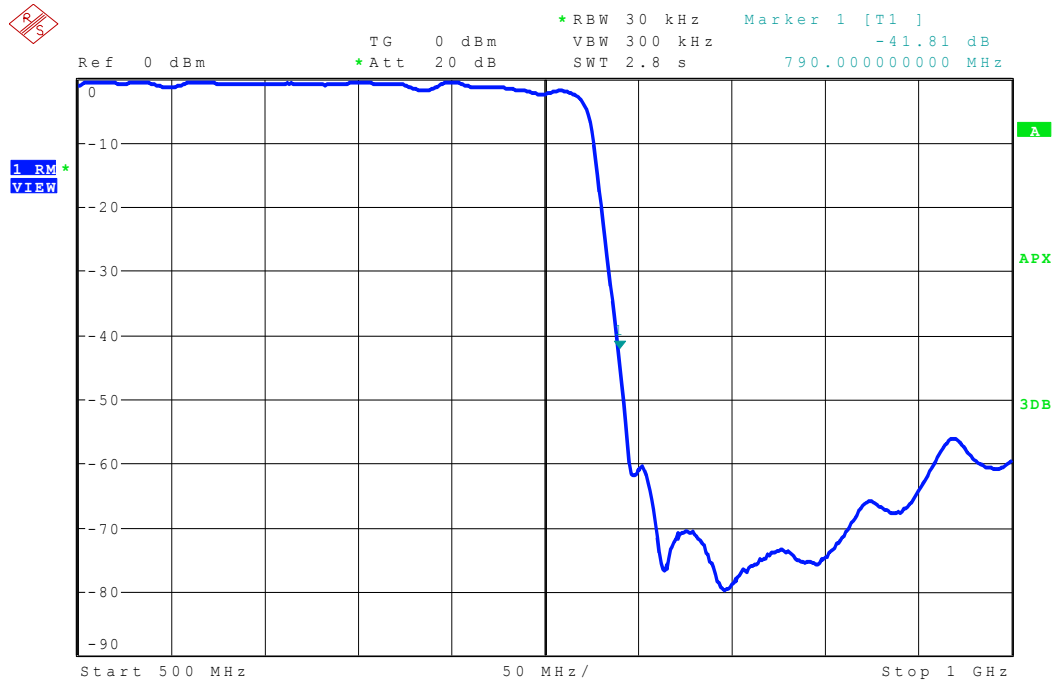
V další části jsou grafické záznamy naměřených hodnot :

- průběh kmitočtové (útlumové) charakteristiky v pásmu 500-1000 MHz se značkou 790 MHz (konec pásma kanálu k60)
- detail charakteristiky a vyznačením pásma kanálů DVB-T a pásma Tx BTS LTE

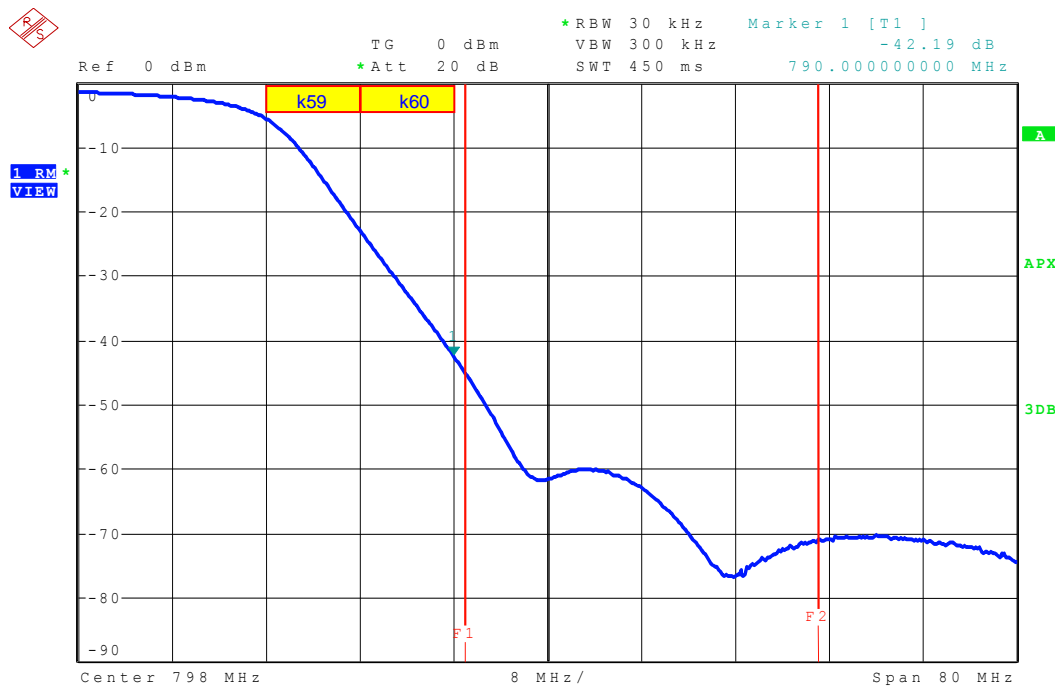
Na závěr je přiložen záznam naměřené útlumové charakteristiky pásmové zádrže pro potlačení emisí BTS LTE v pásmu kanálu k60 (784-790 MHz). Tento díl byl zařazen na výstupu BTS LTE při měření v oblasti příjmu DVB-T na k60.

## Filtr Raycom LPF -766

potlačení pásma 791-796 MHz (blok A1-1) : 51,0 dB  
 útlum v pásnu kanálu k60 : 31,9 dB  
 útlum v pásnu kanálu k59 : 12,7 dB



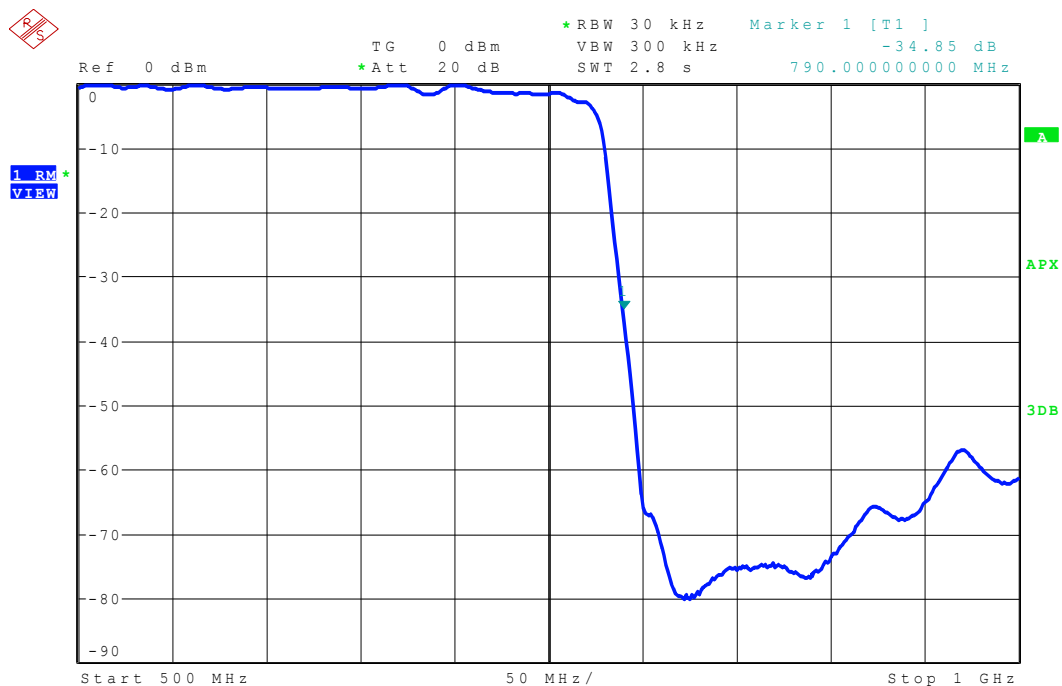
Kmitočtová charakteristika v pásnu 500-1000 MHz (marka 790 MHz = konec k60 DVB-T)



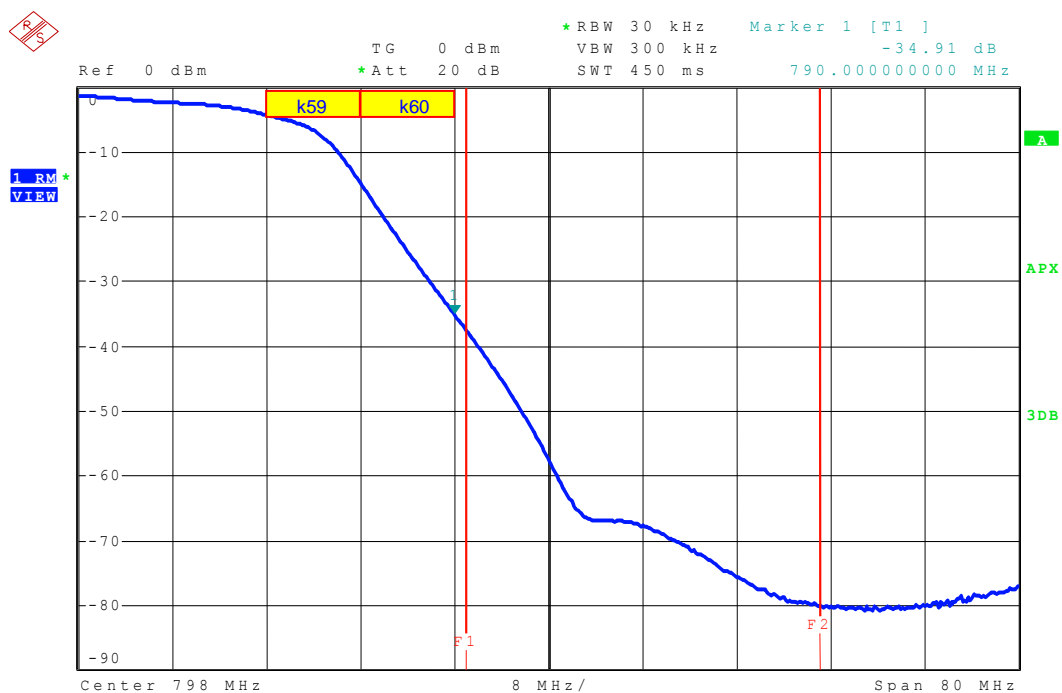
Detail – F1 (791 MHz) ⇔ F2 (821 MHz) = pásno Tx BTS LTE

## Filtr Raycom LPF -774

potlačení pásma 791-796 MHz (blok A1-1) : 42,1 dB  
 útlum v pásnu kanálu k60 : 24,5 dB  
 útlum v pásnu kanálu k59 : 8,1 dB



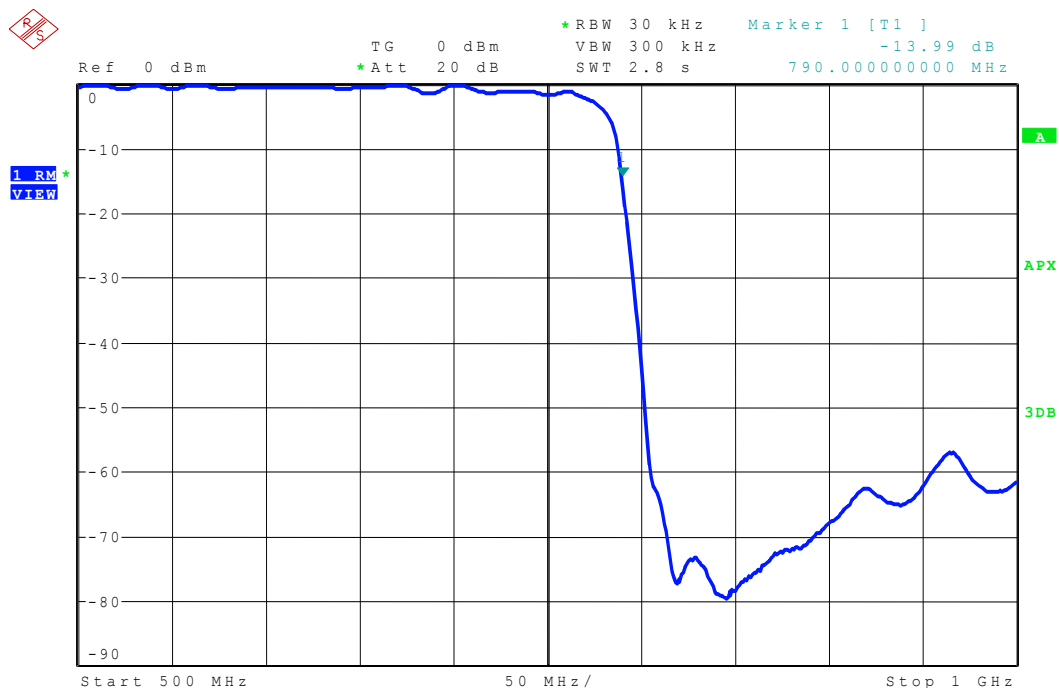
Kmitočtová charakteristika v pásnu 500-1000 MHz (marka 790 MHz = konec k60 DVB-T)



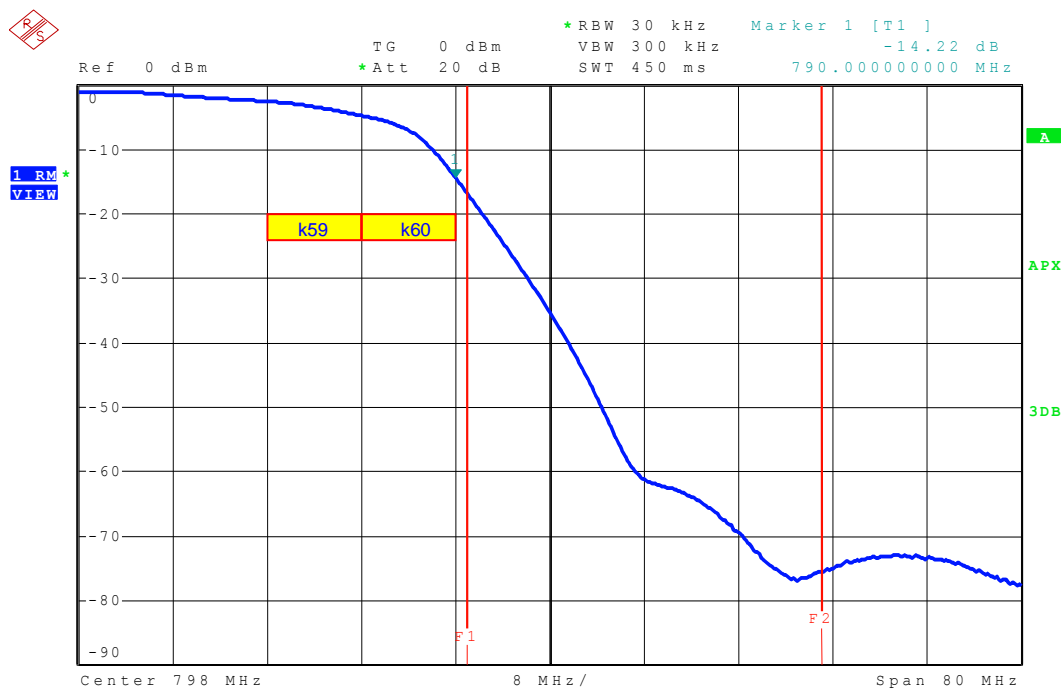
Detail – F1 (791 MHz) ⇔ F2 (821 MHz) = pásno Tx BTS LTE

## Filtr TKR Jašek LPF 782

potlačení pásma 791-796 MHz (blok A1-1) : 22,8 dB  
 útlum v pásnu kanálu k60 : 8,4 dB  
 útlum v pásnu kanálu k59 : 3,9 dB



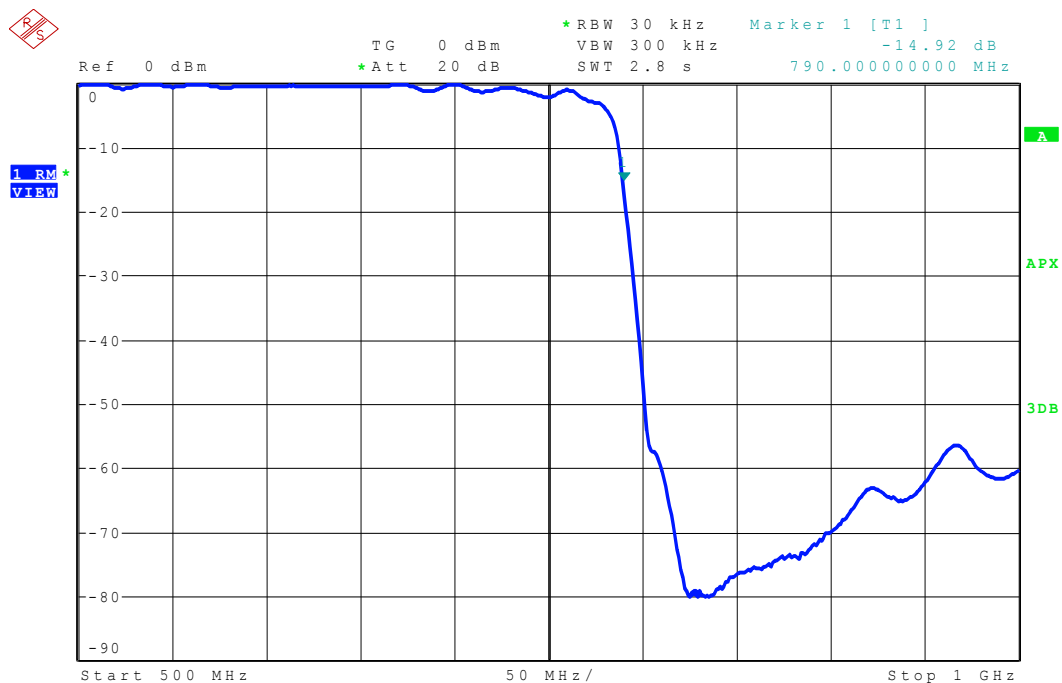
Kmitočtová charakteristika v pásnu 500-1000 MHz (marka 790 MHz = konec k60 DVB-T)



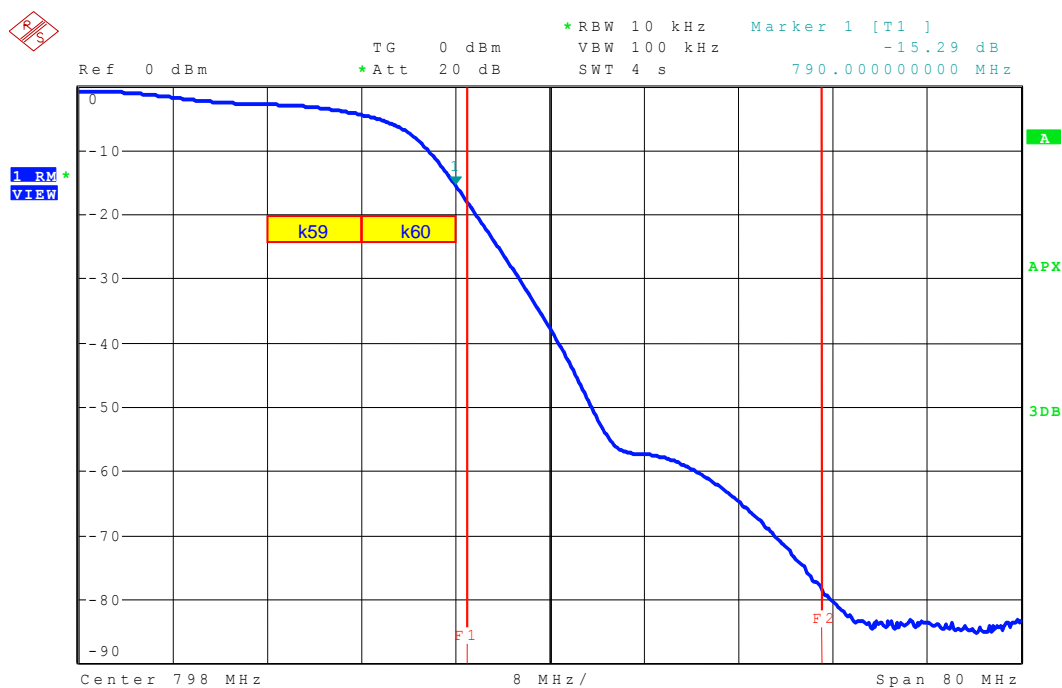
Detail – F1 (791 MHz) ⇔ F2 (821 MHz) = pásno Tx BTS LTE

## Filtr TKR Jašek LPF 782

potlačení pásma 791-796 MHz (blok A1-1) : 21,7 dB  
 útlum v pásnu kanálu k60 : 8,2 dB  
 útlum v pásnu kanálu k59 : 3,9 dB



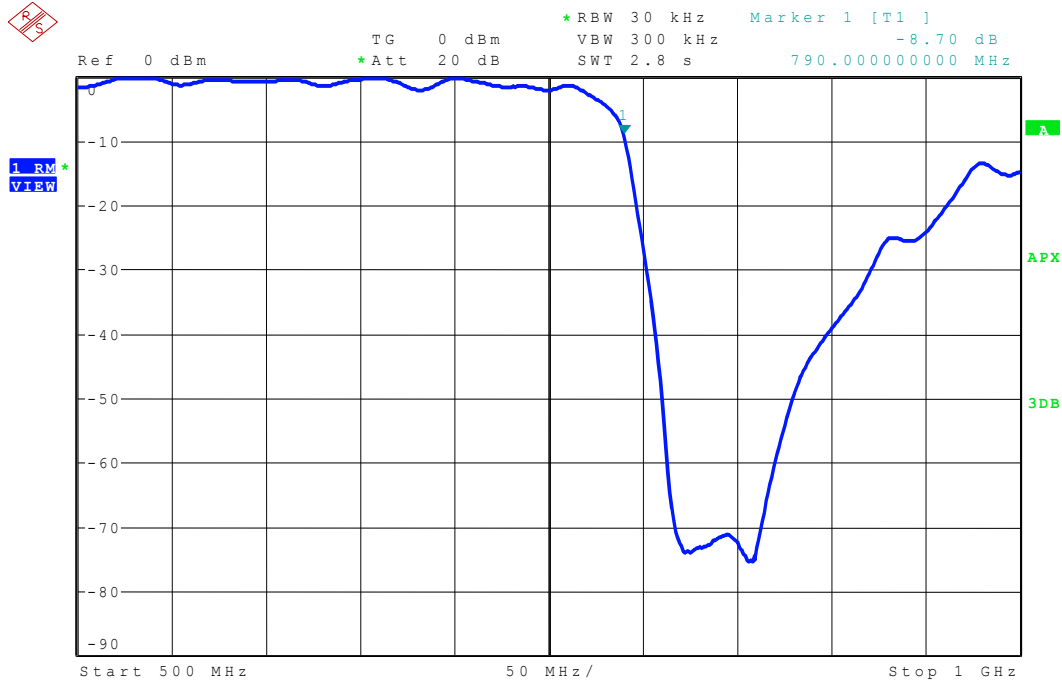
Kmitočtová charakteristika v pásnu 500-1000 MHz (marka 790 MHz = konec k60 DVB-T)



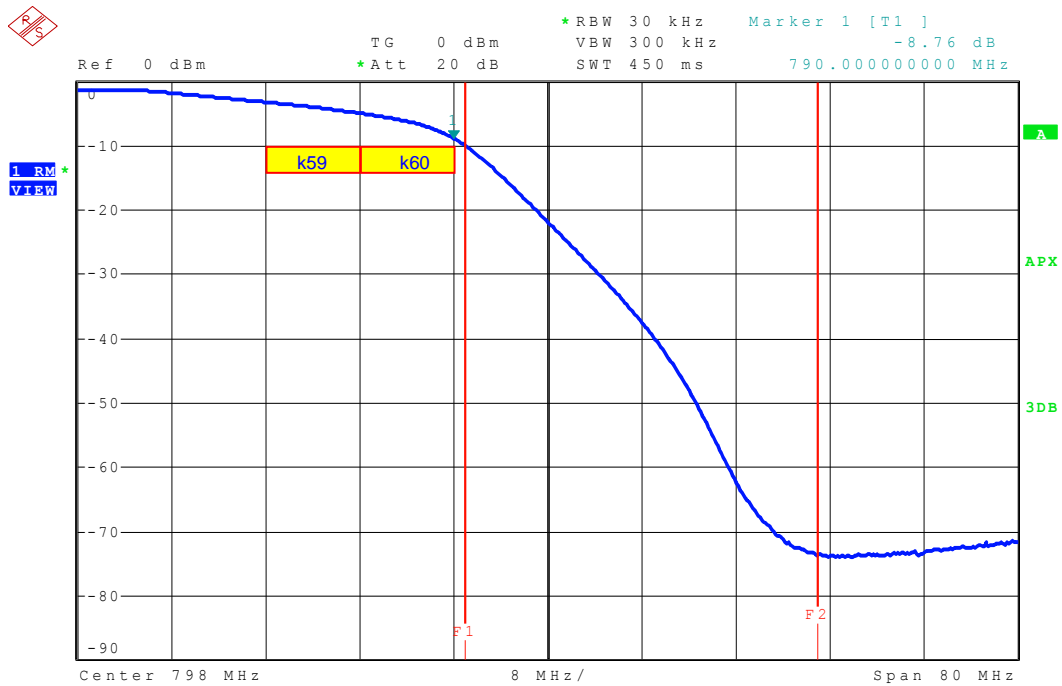
Detail – F1 (791 MHz) ⇔ F2 (821 MHz) = pásno Tx BTS LTE

## Filtr DKT COMEGA LTE 790

potlačení pásma 791-796 MHz (blok A1-1) : 13,4 dB  
 útlum v pásnu kanálu k60 : 6,9 dB  
 útlum v pásnu kanálu k59 : 4,3 dB



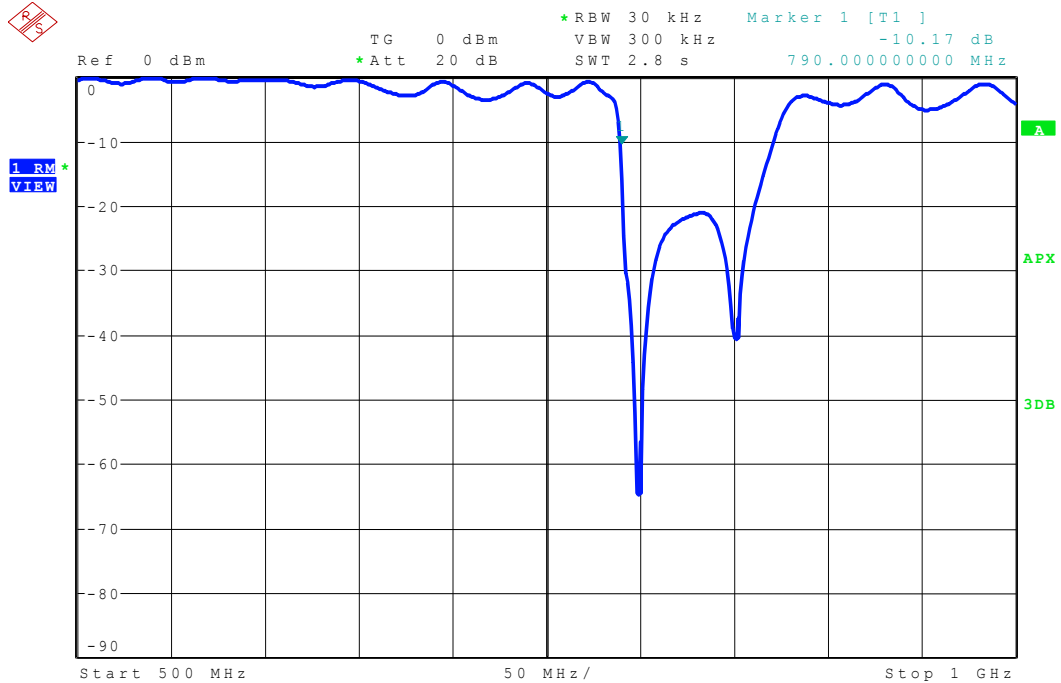
Kmitočtová charakteristika v pásnu 500-1000 MHz (marka 790 MHz = konec k60 DVB-T)



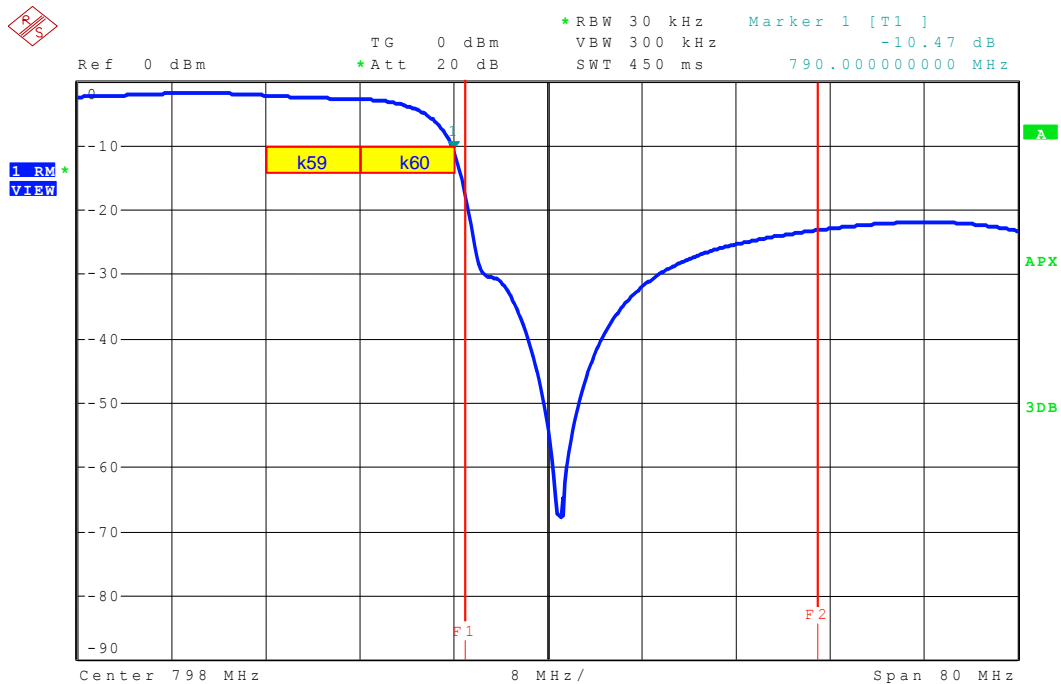
Detail – F1 (791 MHz) ⇔ F2 (821 MHz) = pásno Tx BTS LTE

## Filtr MUGLER NFDD 787

potlačení pásma 791-796 MHz (blok A1-1) : 26,7 dB  
 útlum v pásnu kanálu k60 : 5,2 dB  
 útlum v pásnu kanálu k59 : 2,8 dB



Kmitočtová charakteristika v pásnu 500-1000 MHz (marka 790 MHz = konec k60 DVB-T)

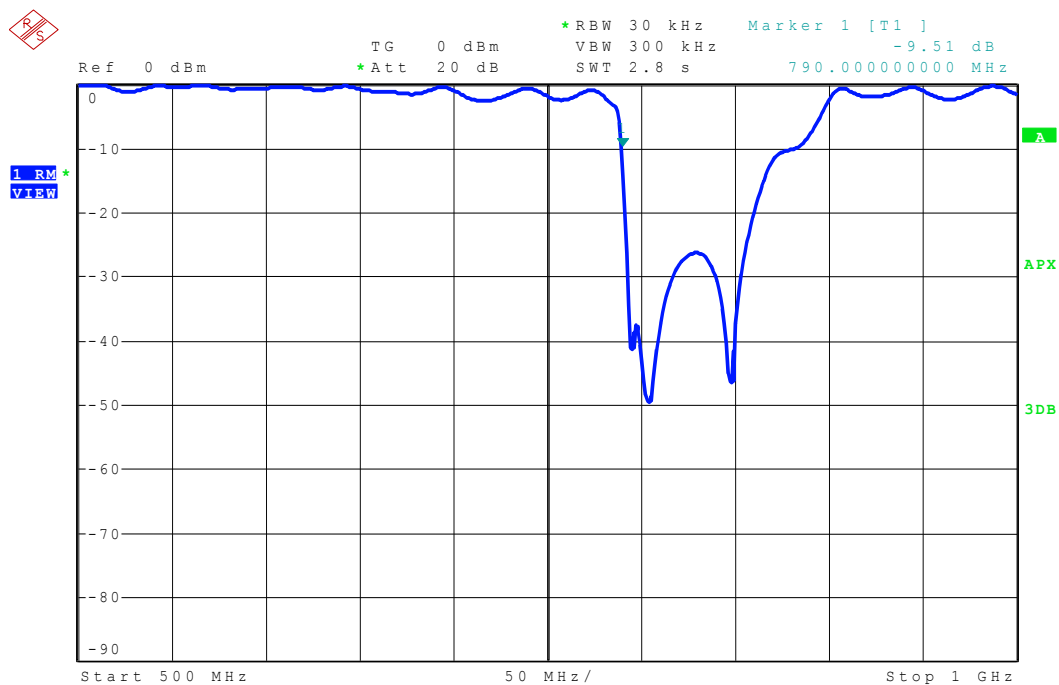


Detail – F1 (791 MHz) ⇔ F2 (821 MHz) = pásno Tx BTS LTE

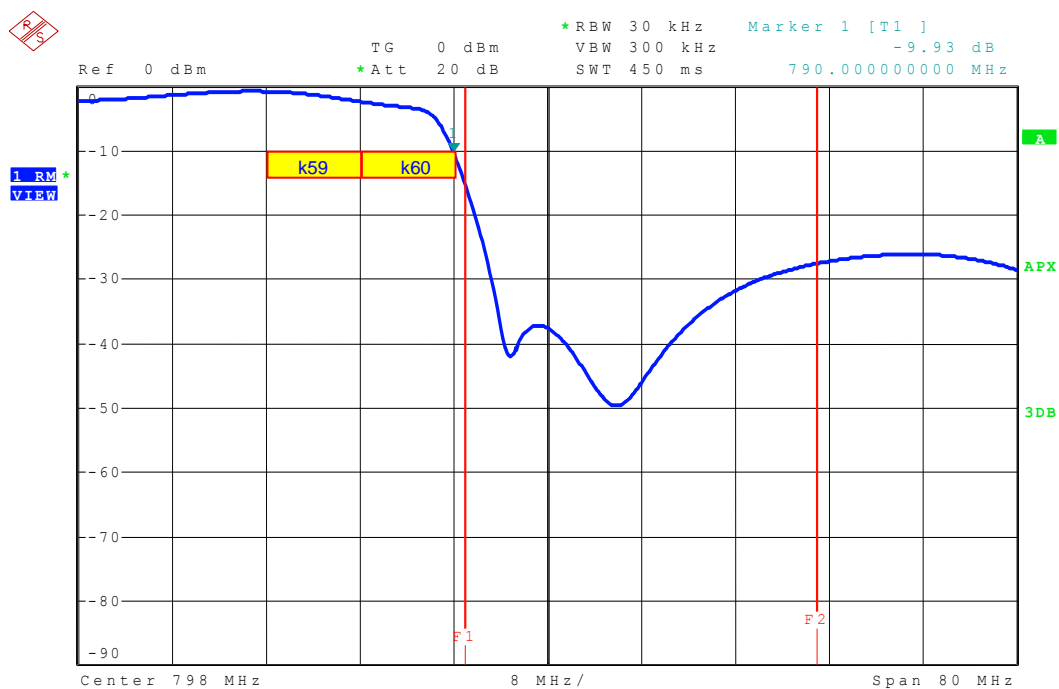


## Filtr MUGLER AG LTE 787

potlačení pásma 791-796 MHz (blok A1-1) : 23,4 dB  
 útlum v pásnu kanálu k60 : 4,6 dB  
 útlum v pásnu kanálu k59 : 1,8 dB



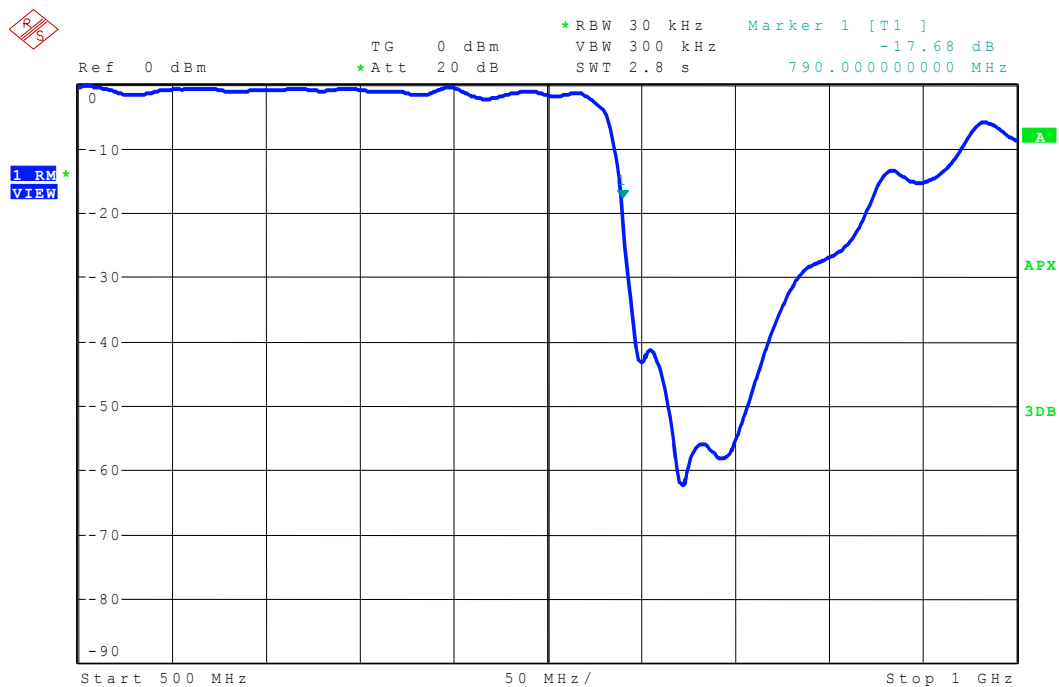
Kmitočtová charakteristika v pásnu 500-1000 MHz (marka 790 MHz = konec k60 DVB-T)



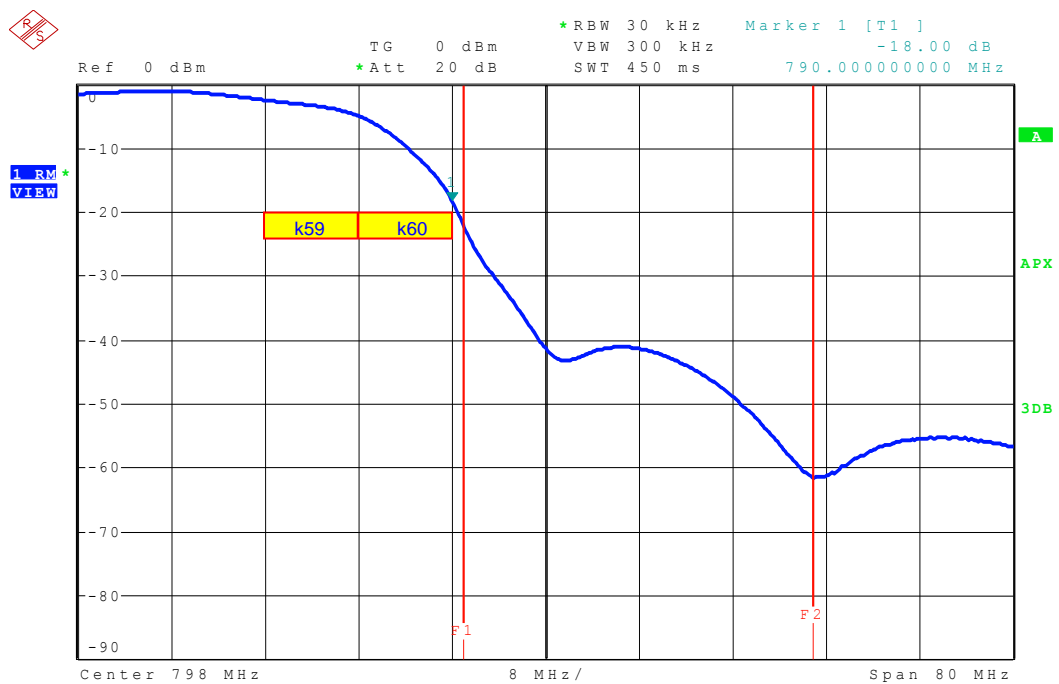
Detail – F1 (791 MHz) ⇔ F2 (821 MHz) = pásno Tx BTS LTE

## Filtr Johansson 6024

potlačení pásma 791-796 MHz (blok A1-1) : 28,3 dB  
 útlum v pásnu kanálu k60 : 10,5 dB  
 útlum v pásnu kanálu k59 : 3,9 dB



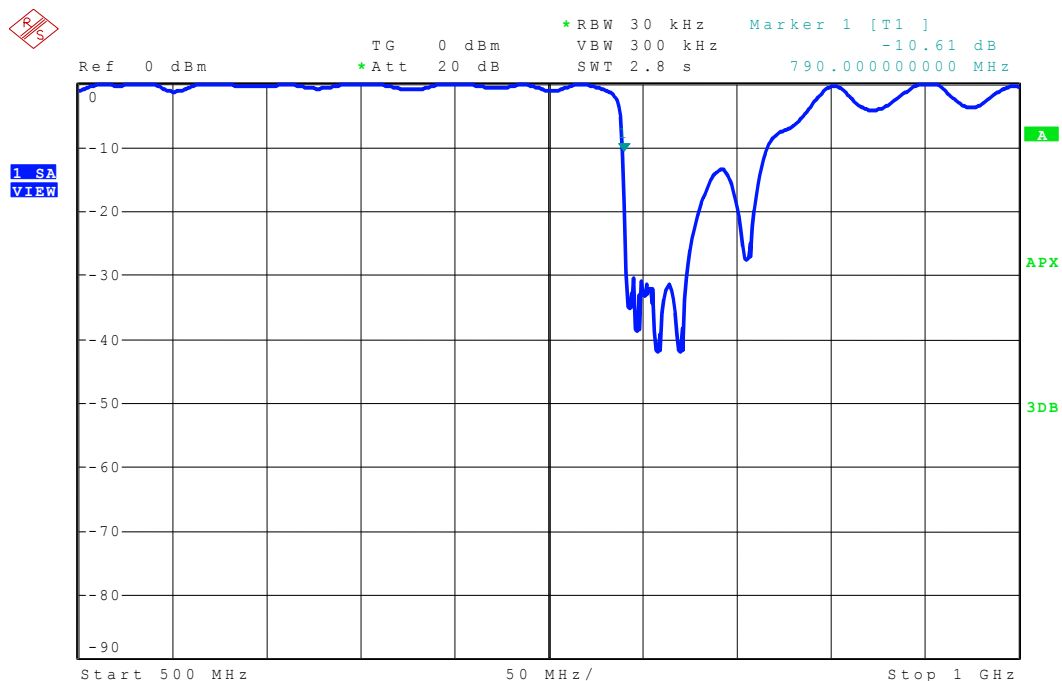
Kmitočtová charakteristika v pásnu 500-1000 MHz (marka 790 MHz = konec k60 DVB-T)



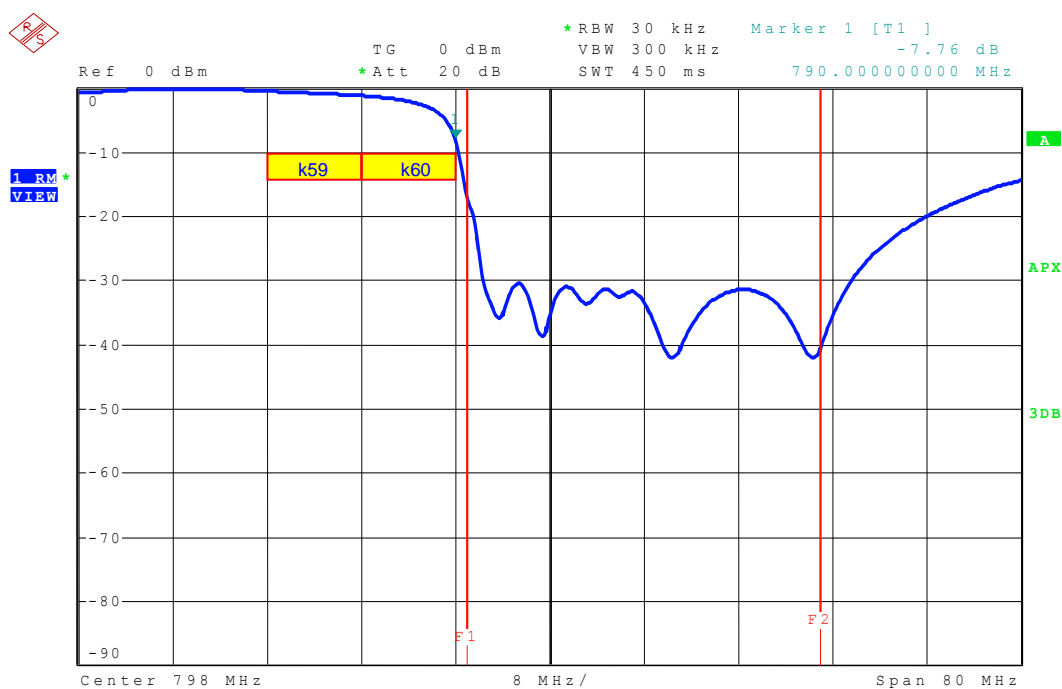
Detail – F1 (791 MHz) ⇔ F2 (821 MHz) = pásno Tx BTS LTE

## Filtr Johansson 6025

potlačení pásma 791-796 MHz (blok A1-1)	:	32,2	dB
útlum v pásnu kanálu k60	:	3,2	dB
útlum v pásnu kanálu k59	:	1,1	dB



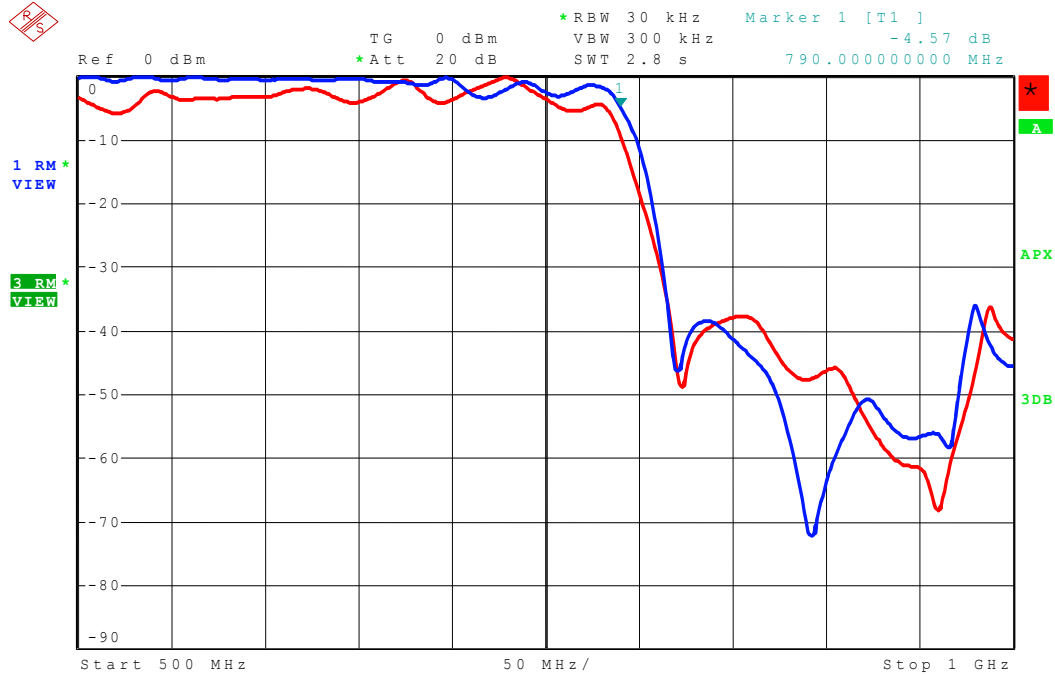
Kmitočtová charakteristika v pásnu 500-1000 MHz (marka 790 MHz = konec k60 DVB-T)



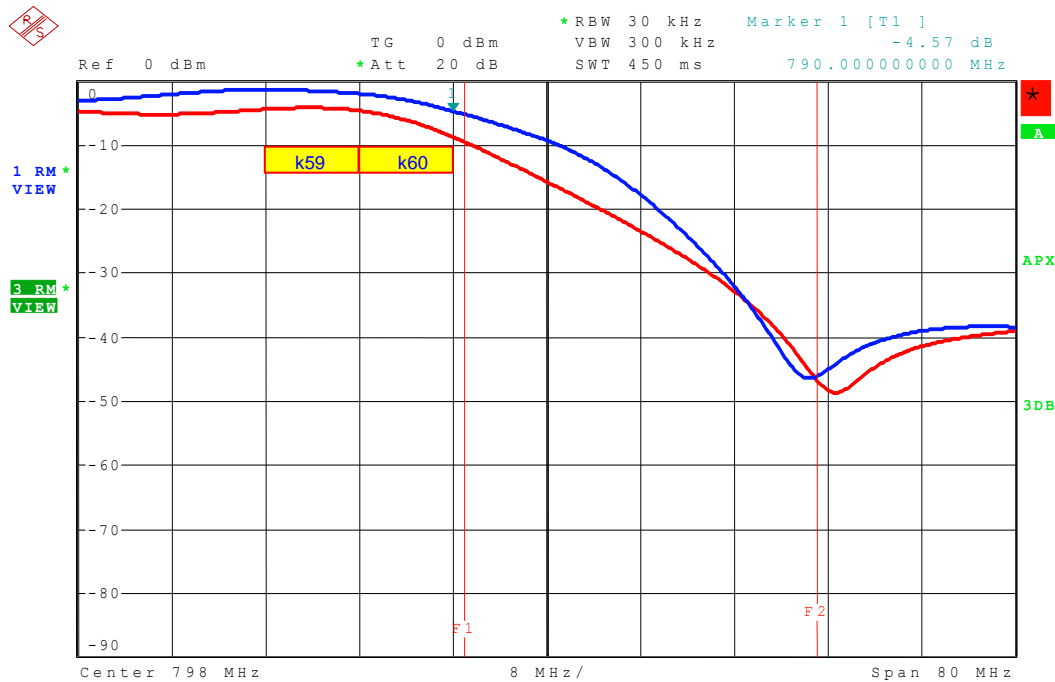
Detail – F1 (791 MHz) ⇔ F2 (821 MHz) = pásno Tx BTS LTE

## Filtr EBF 4G LTE Filter (2 ks)

potlačení pásma 791-796 MHz (blok A1-1) : 6,5/6,7 dB  
 útlum v pásnu kanálu k60 : 3,6/7,7 dB  
 útlum v pásnu kanálu k59 : 1,9/6,9 dB



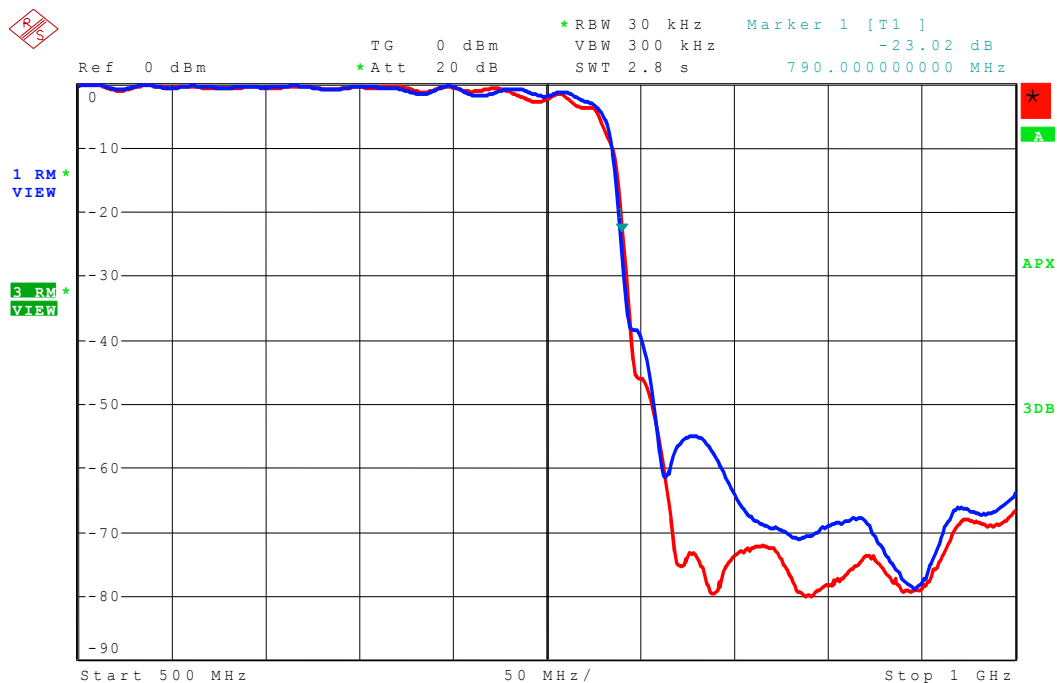
Kmitočtová charakteristika v pásnu 500-1000 MHz (marka 790 MHz = konec k60 DVB-T)



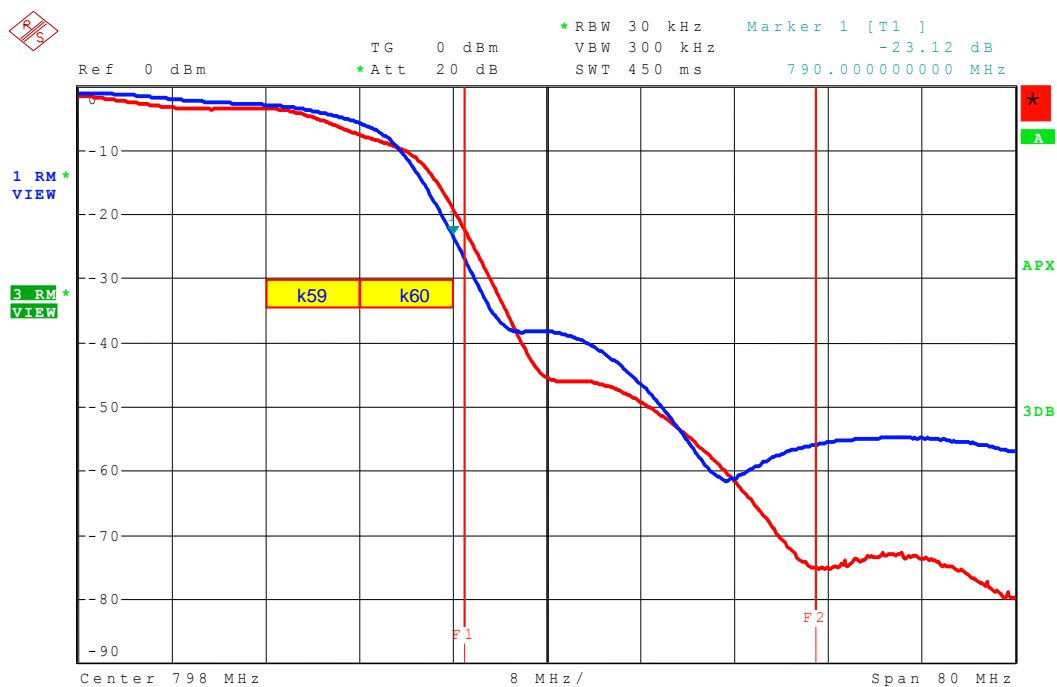
Detail – F1 (791 MHz) ⇔ F2 (821 MHz) = pásno Tx BTS LTE

## Filtr Macab LTE 3410 (2 ks)

potlačení pásma 791-796 MHz (blok A1-1) : 27,6/32,9 dB  
 útlum v pásnu kanálu k60 : 11,6/11,9 dB  
 útlum v pásnu kanálu k59 : 4,5/5,9 dB



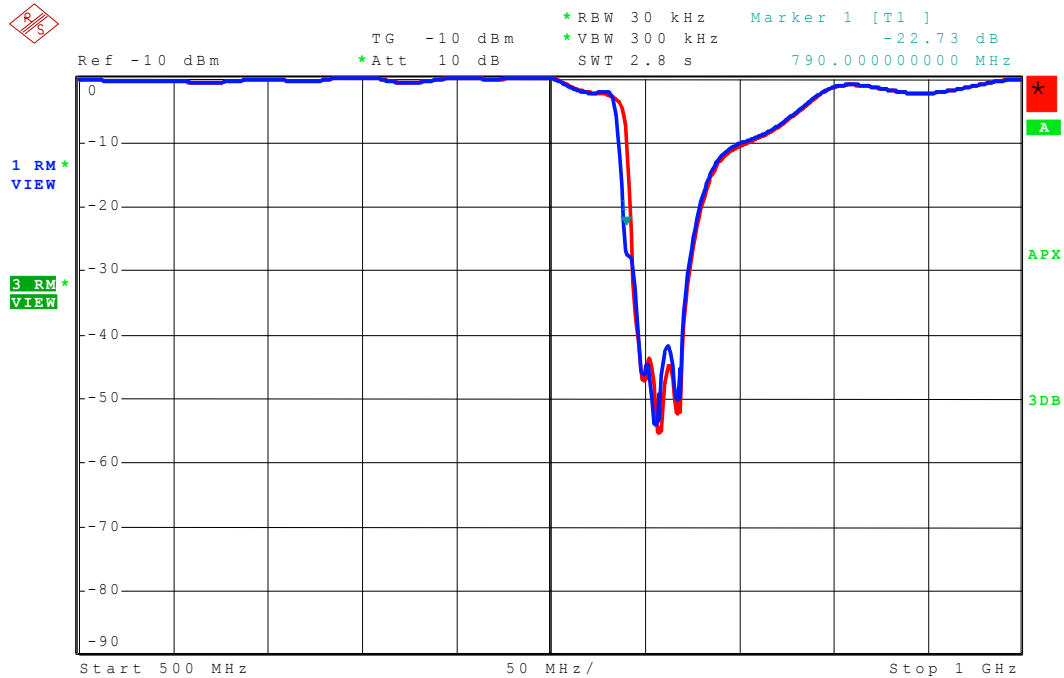
Kmitočtová charakteristika v pásnu 500-1000 MHz (marka 790 MHz = konec k60 DVB-T)



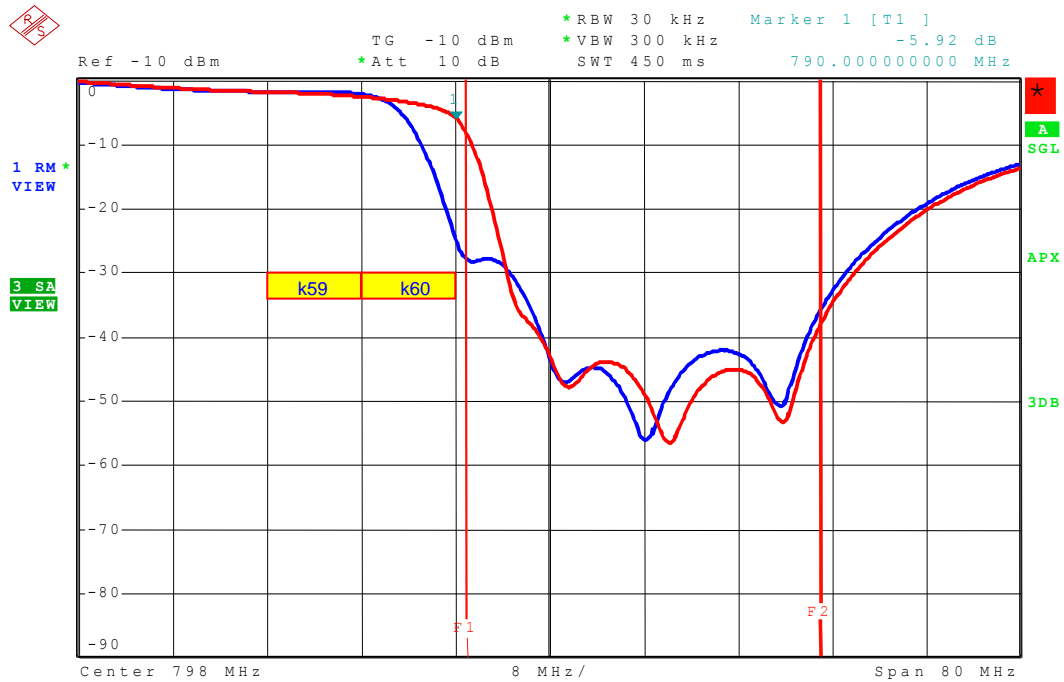
Detail – F1 (791 MHz) ⇔ F2 (821 MHz) = pásno Tx BTS LTE

## Filtr Ikusi FLTE - 601

potlačení pásma 791-796 MHz (blok A1-1) : 21,3 dB  
 útlum v pásnu kanálu k60 : 3,3 dB  
 útlum v pásnu kanálu k59 : 2,2 dB



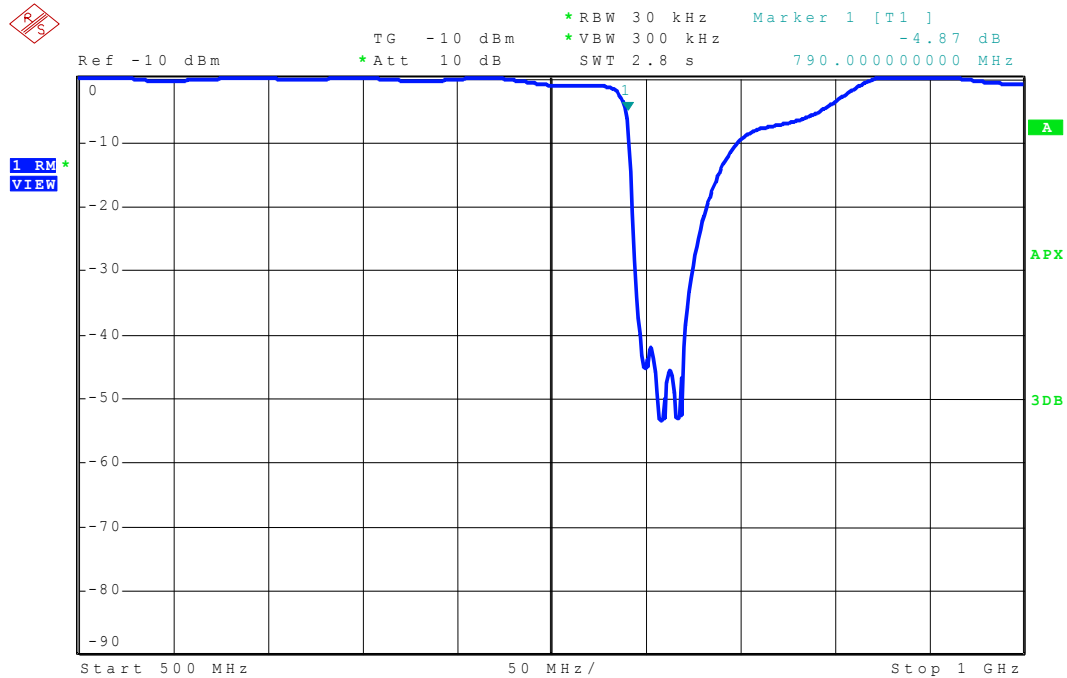
Kmitočtová charakteristika v pásnu 500-1000 MHz (marka 790 MHz = konec k60 DVB-T)



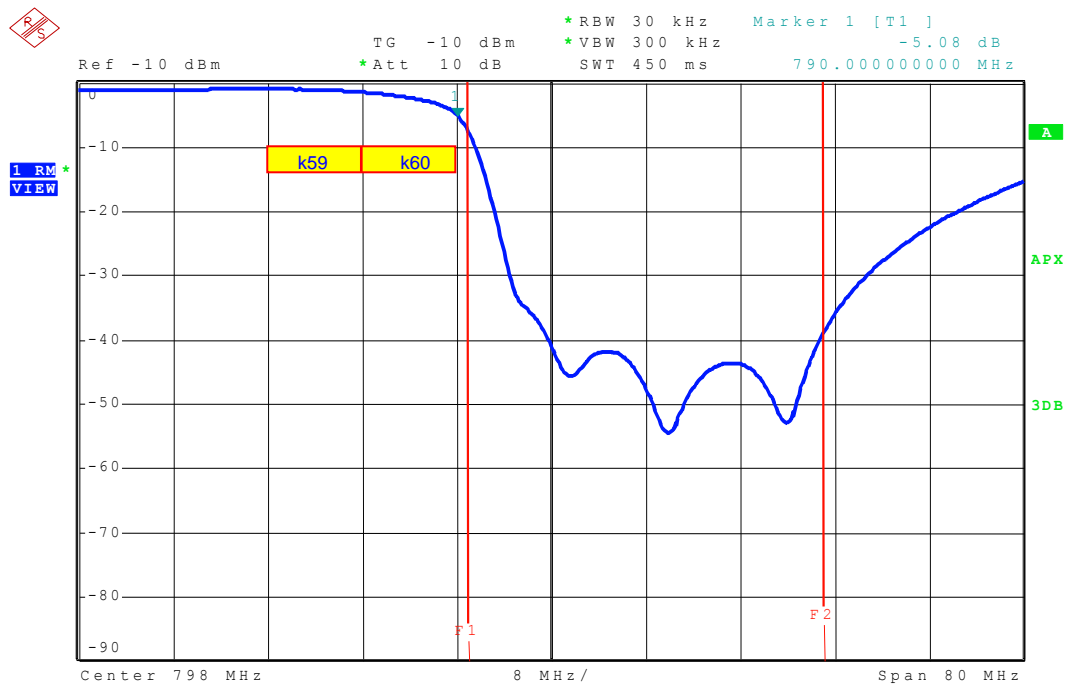
Detail – F1 (791 MHz) ⇔ F2 (821 MHz) = pásno Tx BTS LTE

## Filtr TEROZ 872 MHz

potlačení pásma 791-796 MHz (blok A1-1) : 21,7 dB  
 útlum v pásnu kanálu k60 : 3,1 dB  
 útlum v pásnu kanálu k59 : 2,0 dB



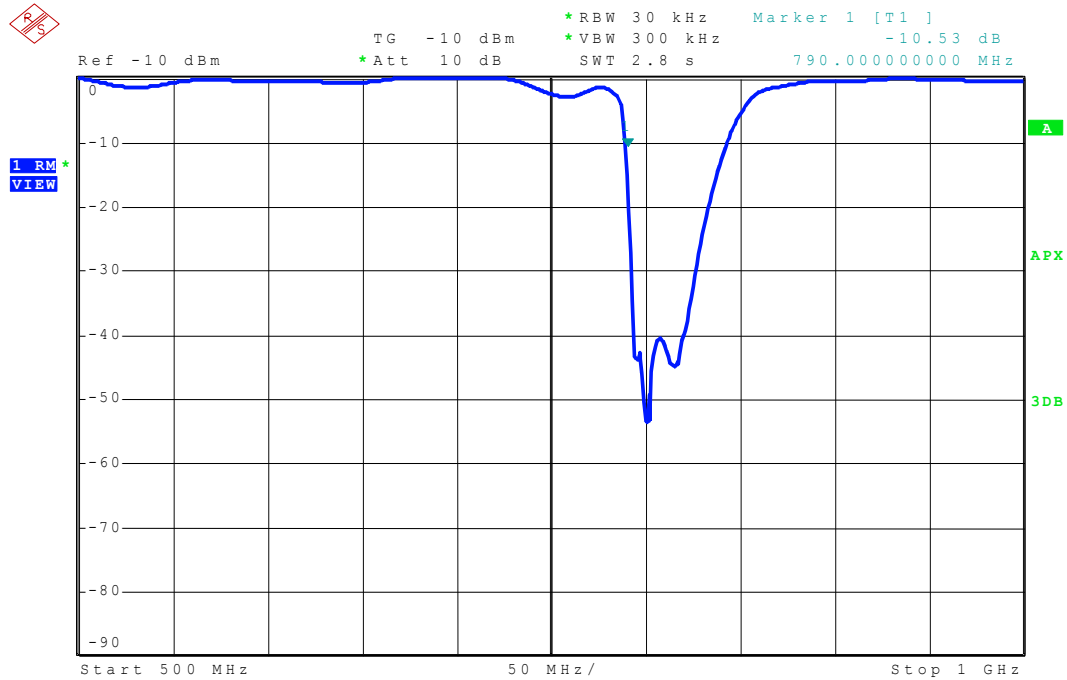
Kmitočtová charakteristika v pásnu 500-1000 MHz (marka 790 MHz = konec k60 DVB-T)



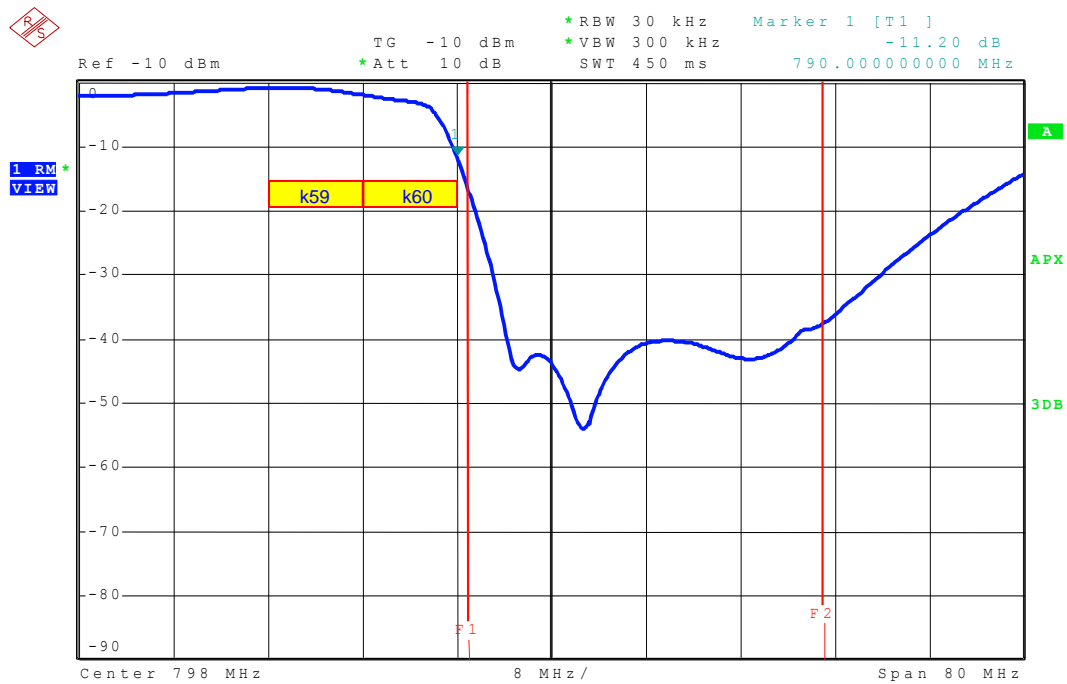
Detail – F1 (791 MHz) ⇔ F2 (821 MHz) = pásno Tx BTS LTE

## Filtr Televes LTE W782

potlačení pásma 791-796 MHz (blok A1-1) : 32,2 dB  
 útlum v pásmu kanálu k60 : 4,8 dB  
 útlum v pásmu kanálu k59 : 2,6 dB



Kmitočtová charakteristika v pásmu 500-1000 MHz (marka 790 MHz = konec k60 DVB-T)

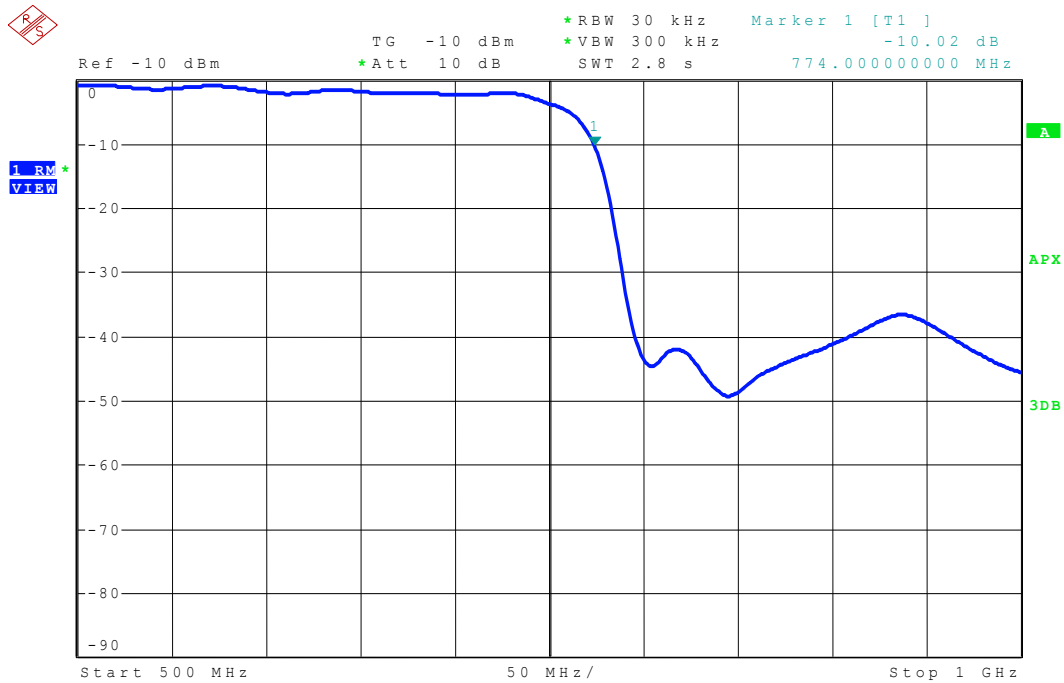


Detail – F1 (791 MHz) ⇔ F2 (821 MHz) = pásmo Tx BTS LTE

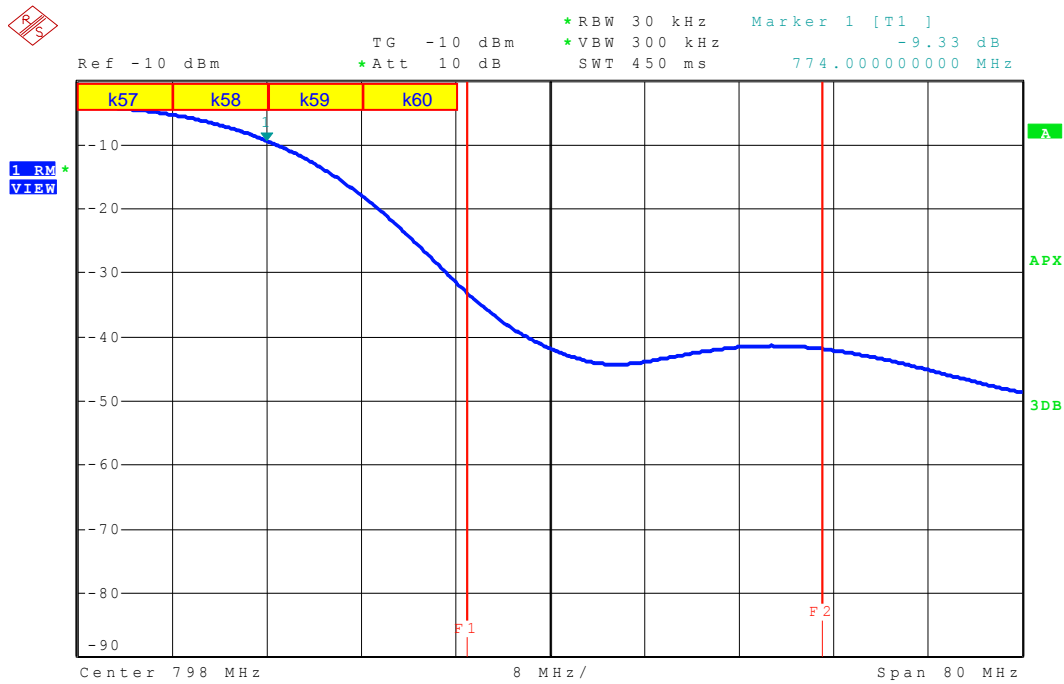


## Filtr Televes 403101 (470-774 MHz)

potlačení pásma 791-796 MHz (blok A1-1) : 38,5 dB  
 útlum v pásnu kanálu k60 : 23,2 dB  
 útlum v pásnu kanálu k57 : 7,5 dB



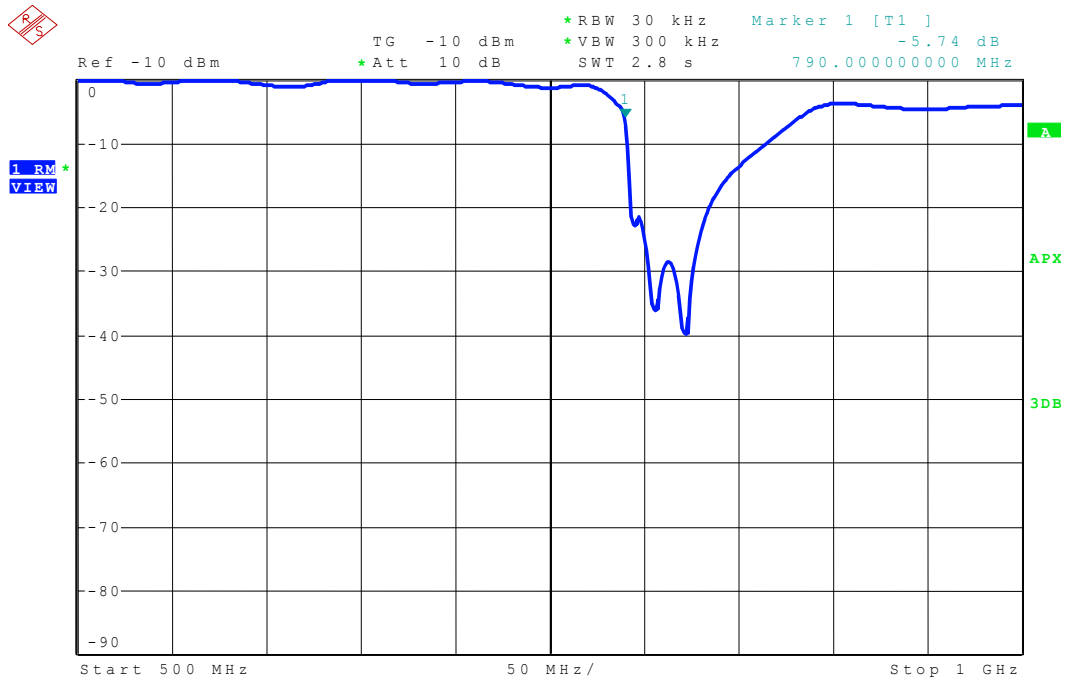
Kmitočtová charakteristika v pásnu 500-1000 MHz (marka 790 MHz = konec k60 DVB-T)



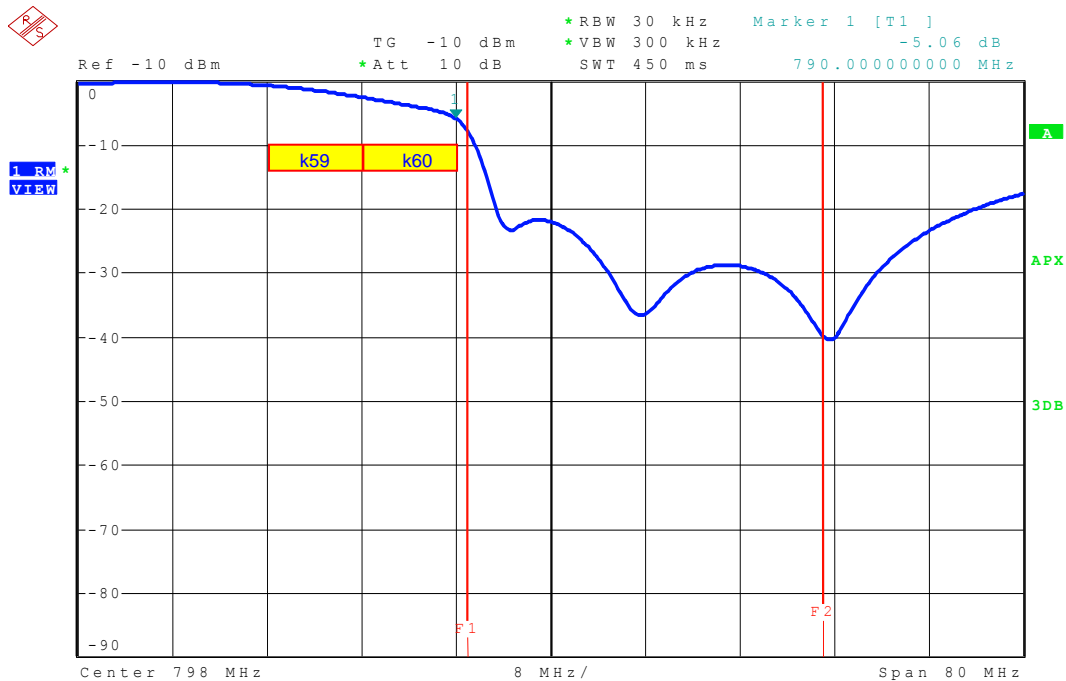
Detail – F1 (791 MHz) ⇔ F2 (821 MHz) = pásno Tx BTS LTE

## Filtr Televes 403401 (5 , 790 MHz)

potlačení pásma 791-796 MHz (blok A1-1) : 20,9 dB  
 útlum v pásnu kanálu k60 : 4,1 dB  
 útlum v pásnu kanálu k59 : 2,7 dB



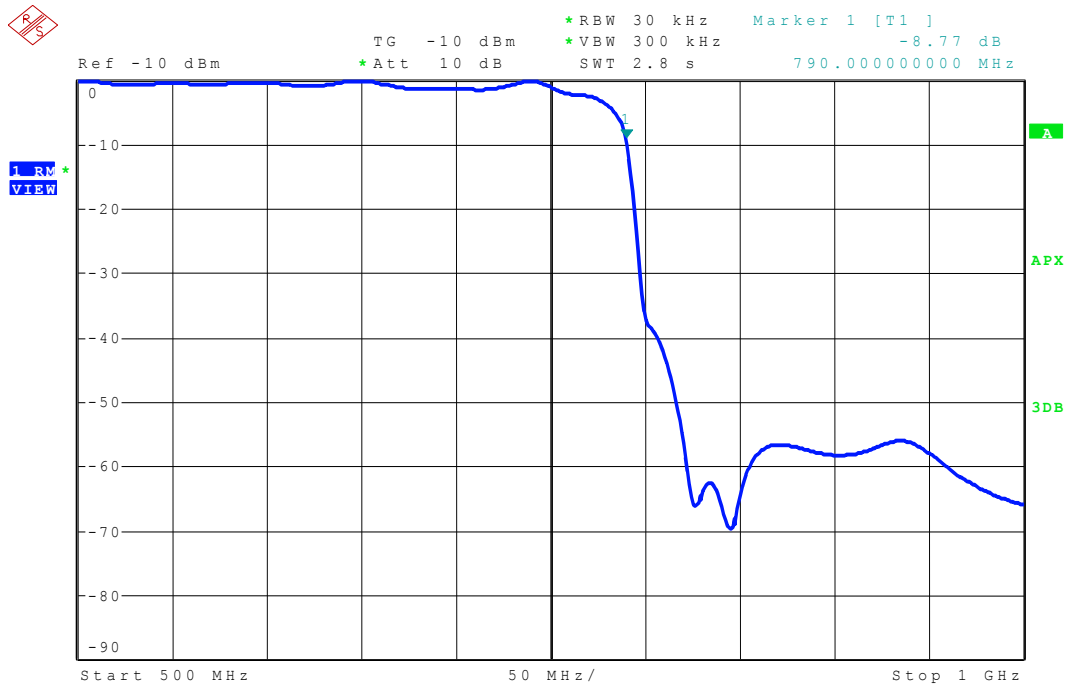
Kmitočtová charakteristika v pásnu 500-1000 MHz (marka 790 MHz = konec k60 DVB-T)



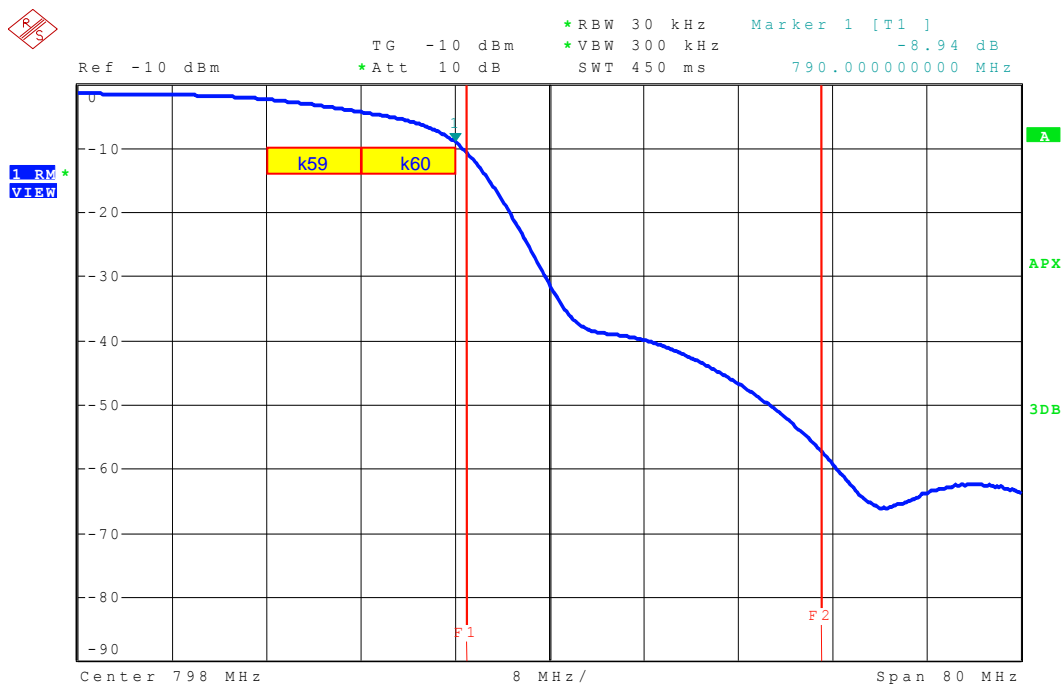
Detail – F1 (791 MHz) ⇔ F2 (821 MHz) = pásno Tx BTS LTE

## Filtr ALCAD RF 619 (0 – 790 MHz)

potlačení pásma 791-796 MHz (blok A1-1) : 17,1 dB  
 útlum v pásnu kanálu k60 : 6,1 dB  
 útlum v pásnu kanálu k59 : 4,4 dB



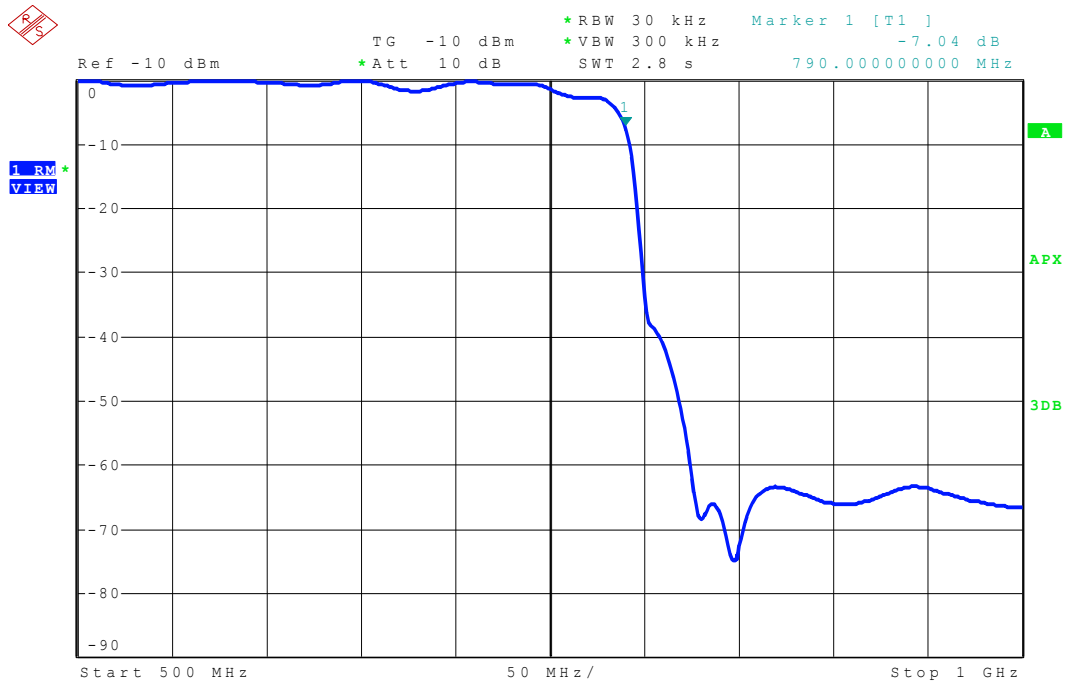
Kmitočtová charakteristika v pásnu 500-1000 MHz (marka 790 MHz = konec k60 DVB-T)



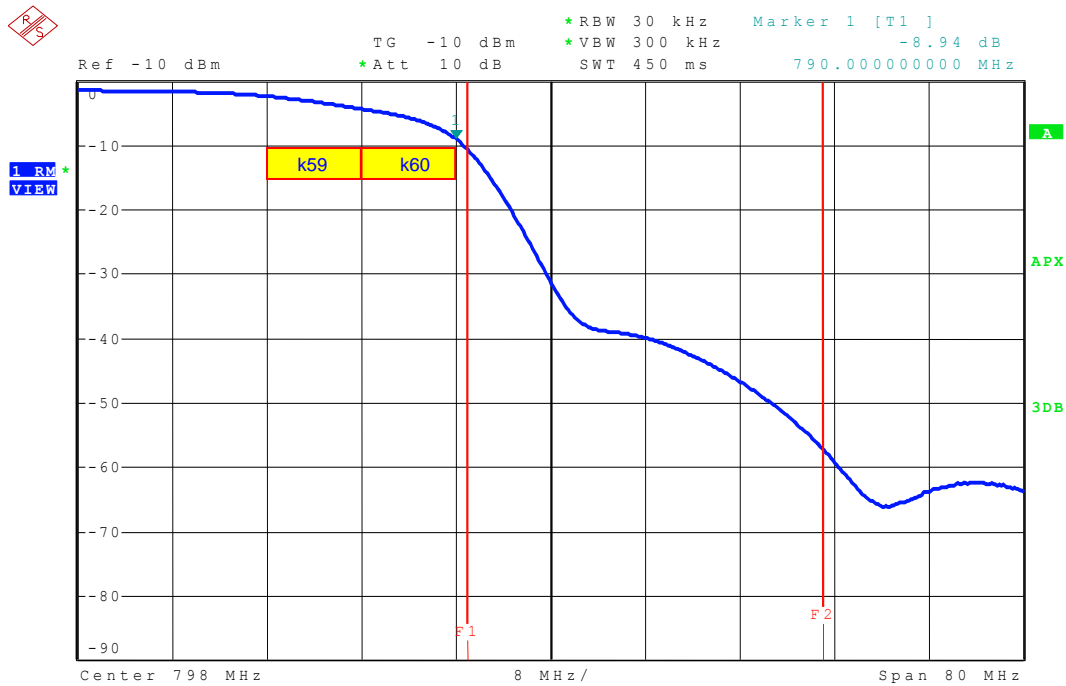
Detail – F1 (791 MHz) ⇔ F2 (821 MHz) = pásno Tx BTS LTE

# Filtr ALCAD RB 619

potlačení pásma 791-796 MHz (blok A1-1) : 12,3 dB  
 útlum v pásnu kanálu k60 : 6,0 dB  
 útlum v pásnu kanálu k59 : 3,7 dB



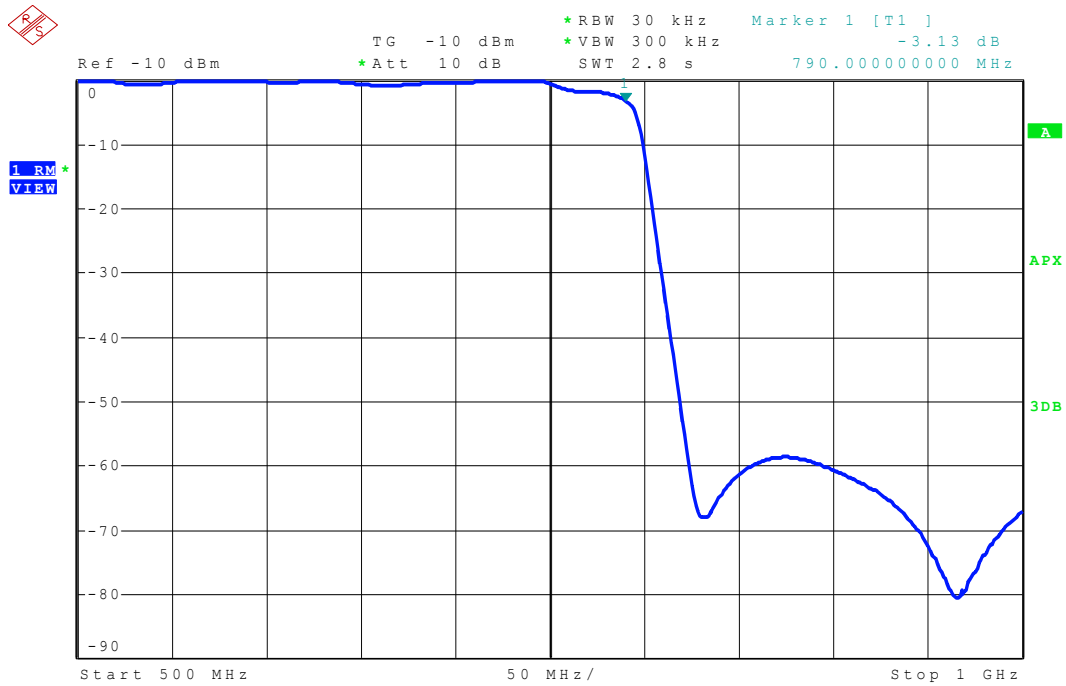
Kmitočtová charakteristika v pásnu 500-1000 MHz (marka 790 MHz = konec k60 DVB-T)



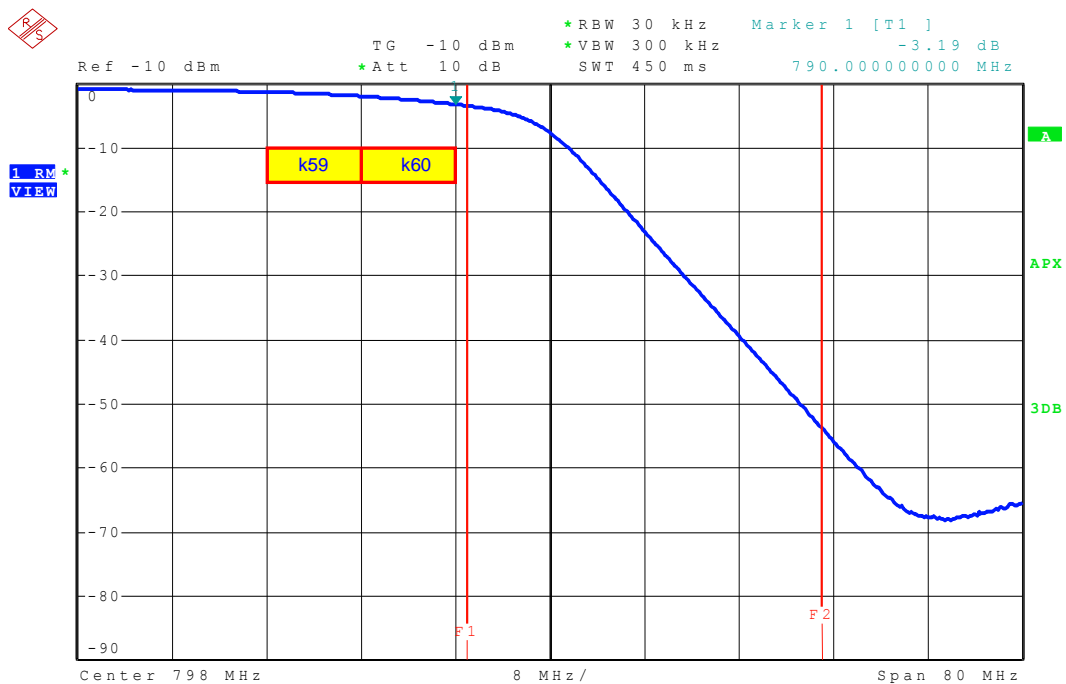
Detail – F1 (791 MHz) ⇔ F2 (821 MHz) = pásmo Tx BTS LTE

# Filtr Fagor LBF 790

potlačení pásma 791-796 MHz (blok A1-1) : 4,8 dB  
 útlum v pásnu kanálu k60 : 3,4 dB  
 útlum v pásnu kanálu k59 : 2,2 dB



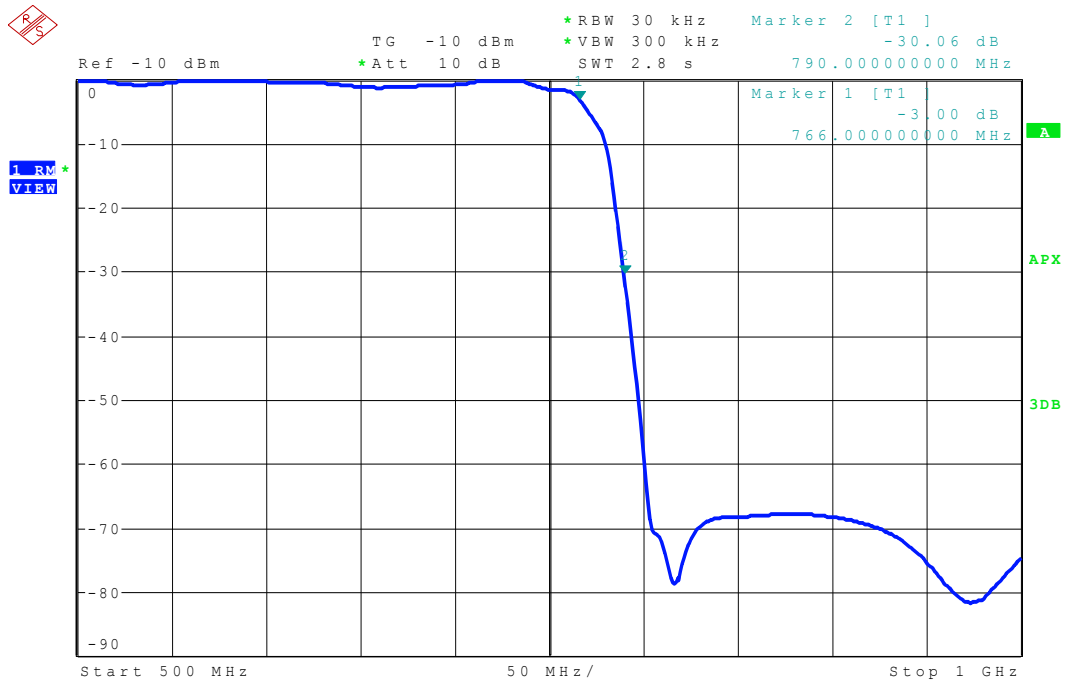
Kmitočtová charakteristika v pásnu 500-1000 MHz (marka 790 MHz = konec k60 DVB-T)



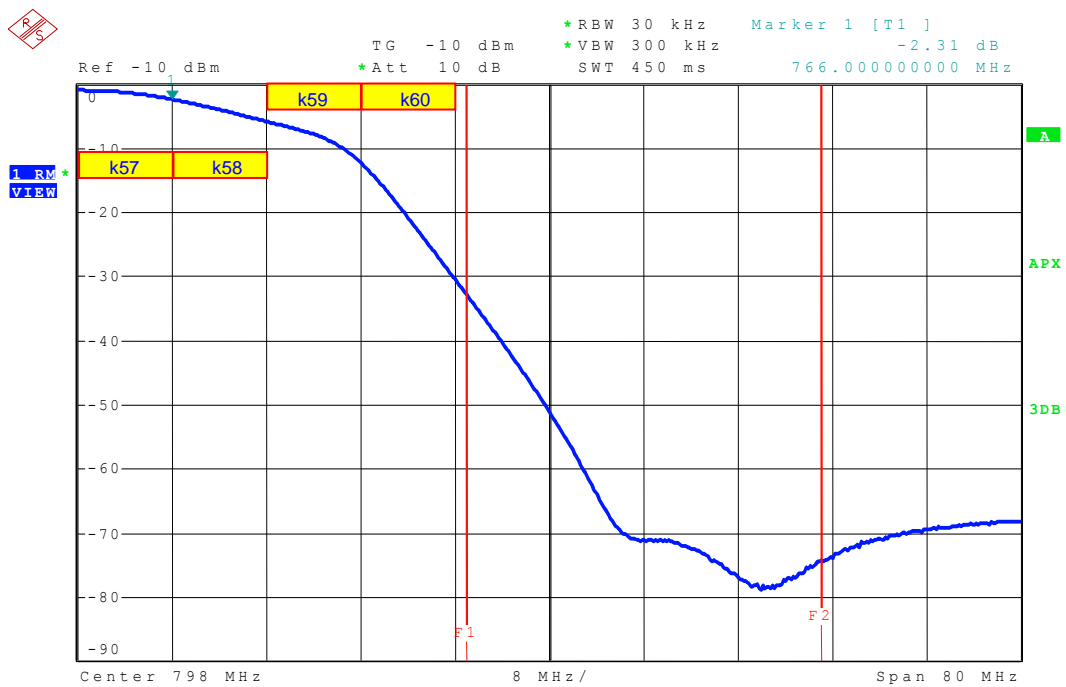
Detail – F1 (791 MHz) ⇔ F2 (821 MHz) = pásno Tx BTS LTE

# Filtr Fagor LBF 766

potlačení pásma 791-796 MHz (blok A1-1) : 40,2 dB  
 útlum v pásnu kanálu k60 : 23,4 dB  
 útlum v pásnu kanálu k57 : 3,3 dB



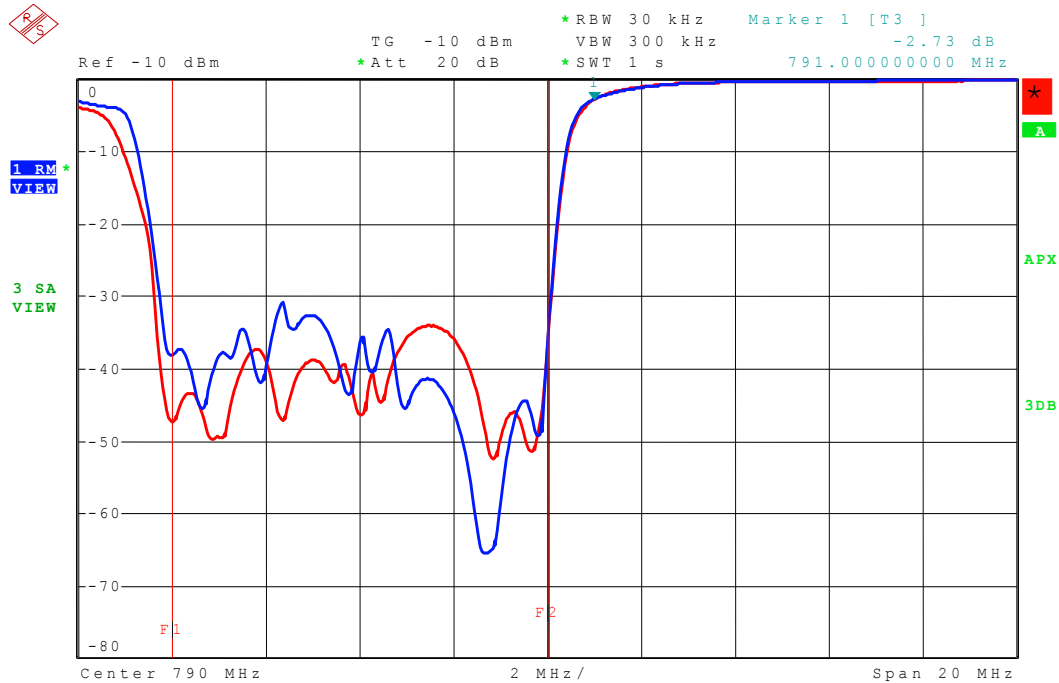
Kmitočtová charakteristika v pásnu 500-1000 MHz (marka 790 MHz = konec k60 DVB-T)



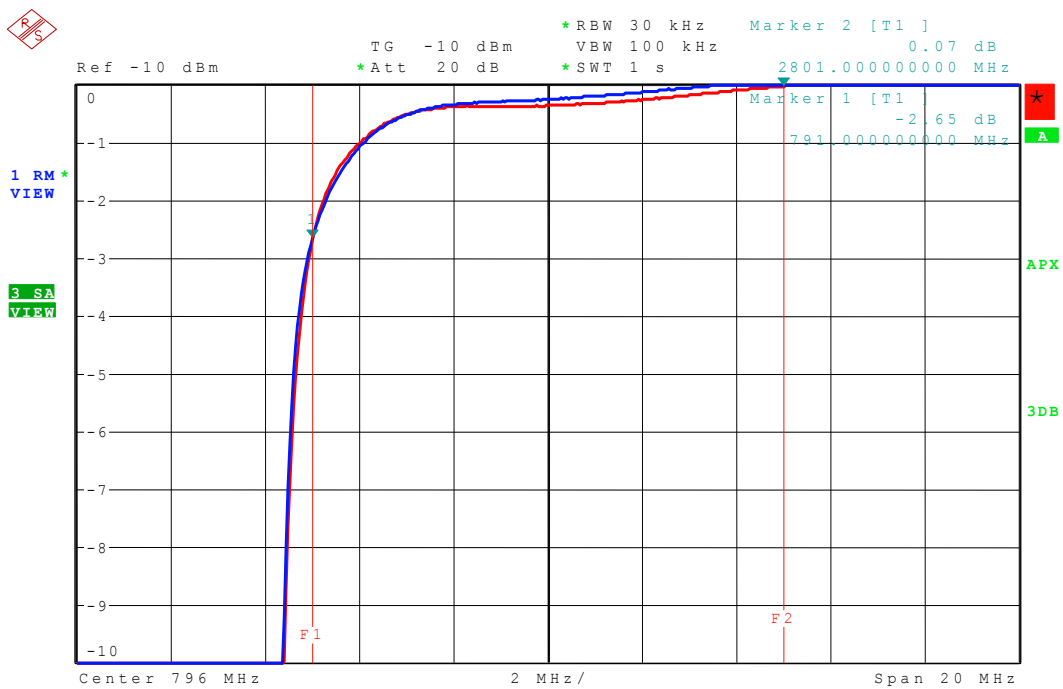
Detail – F1 (791 MHz) ⇔ F2 (821 MHz) = pásno Tx BTS LTE

## Filtr k60 na výstup BTS (dvojitý)

potlačení pásma k60 (784-790 MHz) : 41,2/37,9 dB  
 průchozí útlum v pásmu 791-801 MHz : ≈ 0,3/0,4 dB



Kmitočtová charakteristika dvojitého filtru – pásmové zadržky (k60 = F1 ↔ F2)



Detail pásma LTE (F1 = 791MHz, F2 = 801 MHz)

## 7. Použitá technologie BTS LTE

### **BTS :**

výrobce : Huawei  
typ : DBS 3900 LTE  
rádiová část : RRU 3220 (outdoor)  
výkon Tx : 2 x 40 W (2 x 46 dBm)

### **anténa :**

typ : DXX-790-960 / 1710-2180  
zisk : 16,0 dBi  
šířka svazku :  $\alpha = 65^\circ / 3 \text{ dB}$   
polarizace :  $\pm 45^\circ$

---

**EIRP : 65 dBm**