

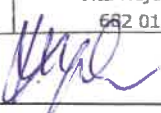
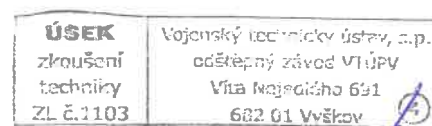


Vojenský technický ústav, s.p. odštěpný závod VTÚPV s certifikovaným systémem jakosti dle ČSN EN ISO 9001		Číslo úkolu/zakázky: 21-19-5-93-3074/018 Číslo protokolu: 194300-032/2021
Úsek zkoušení techniky ZKUŠEBNA EMC		Výtisk číslo: 1 Počet listů: 23 Počet příloh: --
PROTOKOL O ZKOUŠCE STÍNICÍ ÚČINNOSTI – VLOŽNÉHO ÚTLUMU MATERIÁLU		
Jméno a adresa zadavatele:	Vojenský výzkumný ústav, s. p. Veslařská 230, 637 00 Brno	
Identifikace zkoušeného předmětu:	Dva vzorky stínicího materiálu o rozměrech 320 x 320 mm	
Výrobní číslo:	20201204 0004 MAGN.CLON., 20200720 0001	
Výrobce:	Vojenský výzkumný ústav, s. p. Veslařská 230, 637 00 Brno	
Technická dokumentace:	nedodána	
Metoda zkoušení: Modifikovaná metoda vycházející z IEEE Std 299TM - 2006 (200 MHz až 40 GHz)		
Datum přijetí do zkoušky: 28. 1. 2021	Vedoucí zkoušky: Ing. Daniel Kula, Ph.D. Výzkumný a zkušební inženýr 	
Datum a místo provedení zkoušky: 28. 1. - 5. 2. 2021 zkušebna EMC, VTÚPV Vyškov	Zkoušku provedl: Ing. Daniel Kula, Ph.D. Výzkumný a zkušební inženýr 	
Datum vydání protokolu: 10. 2. 2021	Kontroloval a schválil: Ing. Petr Kupka Vedoucí zkušebny EMC  <div style="float: right; border: 1px solid black; padding: 2px;"> ÚSEK zkoušení techniky EMC 1103 Vojenský technický ústav, s.p. odštěpný závod VTÚPV Víta Nejedlého 691 682 01 Vyškov </div>	
Výsledky zkoušky: Výsledky zkoušky jsou uvedeny na dalších stranách protokolu		
Adresa: Vojenský technický ústav, s.p. odštěpný závod VTÚPV Úsek zkoušení techniky Víta Nejedlého 691 682 01 VYŠKOV	Poznámky: <i>Použita modifikovaná metoda měření účinnosti stínění materiálového vzorku, vycházející ze standardu IEEE Std 299TM – 2006, vydaného dne 28.2.2007.</i>	
Telefon: +420 910 105 611 E-mail: daniel.kula@vtusp.cz		

Výsledky zkoušek se týkají jen zkoušeného předmětu tak, jak byl přijat. Bez písemného souhlasu zkušební laboratoře se nesmí protokol reprodukovat jinak než celý.

OBSAH

1	POUŽITÉ MĚŘICÍ PŘÍSTROJE	3
2	KLIMATICKÉ PODMÍNKY PŘI ZKOUŠENÍ	3
3	ZKOUŠENÉ ZAŘÍZENÍ (EUT)	3
4	POUŽITÁ METODA MĚŘENÍ	4
4.1	Uspořádání měřicího řetězce	6
4.2	Postup měření	6
4.2.1	Měření referenčních úrovní pro okno 260 x 260 mm	6
4.2.2	Určení dynamického (dostupného) rozsahu měření stínící účinnosti	6
4.2.3	Měření stínící účinnosti testovaných vzorků textilních stínících materiálů	7
5	VÝSLEDKY MĚŘENÍ	8
5.1	Naměřené hodnoty v kmitočtových rozsazích E1 až E3	9
6	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	19
7	FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE	20



1 POUŽITÉ MĚŘICÍ PŘÍSTROJE

Označení	Název	Výrobní číslo
A08	Anténa „Double Ridge Horn“ HP3115	8902-1464
A20	Anténa „Double Ridge Horn“ HF906	100068
A09	Anténa „DRH“ 40 GHz EMCO 3116	9802-2376
-	Anténa „DRH-Split“ 40 GHz AT4560	29412
-	Anténa spirálová 150 MHz – 1000 MHz	NBU0H000HG1J
-	Anténa spirálová 150 MHz – 1000 MHz	NBU0H000HG00
E04	Měřicí přijímač Rohde & Schwarz ESCI	100539
E02	Měřicí přijímač Rohde & Schwarz ESIB 40	100089
E14	Měřicí přijímač Rohde & Schwarz ESU 26	100289
G2	Generátor Marconi 2025	202308/765
G4	Generátor Rohde & Schwarz SMR 40	101987
-	Laptop ASUS M50VC-AS002E, Win XP Professional ver. 2002, SP3, sw ATTmeter 7.1	8AN0AS55045743B

2 KLIMATICKÉ PODMÍNKY PŘI ZKOUŠENÍ

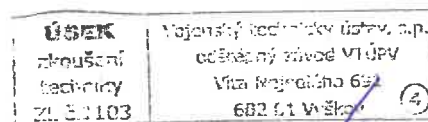
Atmosférický tlak: 96,8 kPa \pm 0,1 kPa
 Teplota okolí: 24,2 °C \pm 0,5 °C
 Relativní vlhkost: 16 % \pm 5 %

3 ZKOUŠENÉ ZAŘÍZENÍ (EUT)

- Dva vzorky stínících materiálů o tloušťce 8,9 mm u vzorku č. 1, respektive 7,7 mm u vzorku č. 2, s označením dle Tab. 1. Vzorek č. 2 byl prostřelen celkem 12 projektily, přičemž dva projektily uvázly ve vzorku.

Číslo vzorku	TYP
1F	20201204 0004 MAGN.CLON. (front side)
1B	20201204 0004 MAGN.CLON. (back side)
2F	20200720 0001 (front side)
2B	20200720 0001 (back side)

Tabulka 1: Seznam měřených vzorků stínících materiálů



4 POUŽITÁ METODA MĚŘENÍ

Použitá metoda měření primárně vychází ze standardu IEEE Std 299TM-2006 „Standardní metoda pro měření účinnosti elektromagneticky stíněných komor“. Ve stěně měřicí stíněné komory je vytvořeno čtvercové okno o maximálních uvažovaných rozměrech cca 610 x 610 mm (24“ x 24“), mající svůj původ v měřicím uspořádání pro měření stínicí účinnosti těsnicích materiálů dle MIL-DTL-83528. Modifikace metody uvedené v IEEE Std 299TM-2006 je nutná proto, že požadavkem zde není změření stínicí účinnosti celé stíněné komory, ale pouze vložného útlumu materiálového vzorku upnutého ve čtvercovém okně této stíněné komory. Referenční úroveň signálu je proto získána z měření provedeného na stíněné komoře s volným oknem bez upnutého vzorku. Samotná měřicí stíněná komora je pak umístěna v semibezodrazové místnosti (SAR). Takto modifikovaná metoda měření stínicí účinnosti – vložného útlumu materiálového vzorku pak klade podstatná omezení na použitý kmitočtový rozsah měření.

V konfiguraci bez vzorku je přijímaná úroveň signálu měřicího přijímače naladěného na konkrétní hodnotu kmitočtu dána rozdílem mezi výkonovou úrovní generátoru TxP (viz Obr.1) a celkovým útlumem měřicí trasy vedoucí skrze čtvercové okno PL_{FS}, který v sobě zahrnuje vložný útlum koaxiálních kabelů, zisk Rx a Tx antén, vliv rozložení elektromagnetického pole uvnitř stíněné komory, vliv blízkosti stěn stíněné komory na vyzařovací charakteristiky přijímací antény (přijímací anténa je fakticky sondou v dutinovém rezonátoru), difrakční ztráty na měřicím okně a upínacím rámu, změnu přizpůsobení Rx antény vlivem přítomnosti vzorku v jejím blízkém poli, a pod. Je-li tedy upínací rám prázdný a čtvercové okno zcela volné, platí pro tuto referenční přijímanou úroveň:

$$RxL_{FS} [dBm] = TxP [dBm] - PL_{FS} [dB] \quad (1)$$

Po vložení konkrétního testovaného vzorku do upínacího rámu se celkový útlum měřicí trasy zvětší na hodnotu PL_{EUT}, k níž, kromě výše uvedených dílčích faktorů, přispívá i stínicí účinek – vložný útlum testovaného vzorku. TxP je přitom stále udržován na konstantní úrovni, typicky v rozmezí **3 až 6 dBm**, dle proměřovaného kmitočtového rozsahu. Pro přijímanou úroveň lze tak psát:

$$RxL_{EUT} [dBm] = TxP [dBm] - PL_{EUT} [dB] \quad (2)$$

Stínicí účinnost - vložný útlum materiálového vzorku SE lze pak přibližně vyjádřit vztahem (3). Tento výraz nezohledňuje specifické rozložení elektromagnetického pole uvnitř i vně stíněné komory odlišné od vlny TEM, ani rezonanční vlastnosti okna s upínacím rámem. Aby tento vztah platil s rozumnou přesností a reprodukovatelností, je tato metoda použitelná pro kmitočtové rozsahy ležící nad základním rezonančním kmitočtem okna umístěného ve stěně stíněné komory.

$$SE [dB] = RxL_{FS} [dBm] - RxL_{EUT} [dBm] \quad (3)$$

Zatímco stínicí účinnost ideální stíněné komory bez štěrbin, průchodů a bez jiných nehomogenit, zpravidla přesahuje hodnotu 100 dB, je praktická stínicí účinnost použité měřicí stíněné komory mnohem nižší. Vlivem nedokonalého elektrického kontaktu mezi sousedními stěnami komory, mezi stěnou s oknem a k ní připevněným upínacím rámem pro vzorky materiálů, jakož i mezi rámem a kleštinami přichyceným vzorkem, dosahuje tato v našem konkrétním případě hodnoty **50 - 70 dB**, v uvažovaném kmitočtovém rozsahu 200 MHz – 40 GHz. Nahradíme-li měřený vzorek pocínovaným plechem, tedy obdobným materiálem z jakého je vyroben plášť měřicí stíněné komory, můžeme tuto skutečnou stínicí účinnost měřicí stíněné komory stanovit z měření přijímané úrovně signálu s vloženým

plechem RxL_{TIN} a určit tak i tzv. dynamický (dostupný) rozsah DR pro měření stínicí účinnosti - vložného útlumu materiálových vzorků pro dané uspořádání měřicí sestavy:

$$DR [dB] = RxL_{FS} [dBm] - RxL_{TIN} [dBm] \quad (4)$$

Plechová měřicí stíněná komora tvoří kvádrový dutinový rezonátor. Rezonanční kmitočty měřicí stíněné komory – dutinového rezonátoru, jsou určeny vztahem:

$$f_{klm} = \frac{c}{2\pi\sqrt{\epsilon_r}} \sqrt{\left(\frac{k\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{l\pi}{b}\right)^2 + \left(\frac{m\pi}{c}\right)^2}, \quad (5)$$

kde k, l, m jsou vidová čísla (přirozená čísla, z nichž alespoň dvě jsou od nuly různá) příslušného rezonančního vidu a rozměry měřicí stíněné komory: **$a = 1186 \text{ mm}$, $b = 967 \text{ mm}$, $c = 812 \text{ mm}$** . Pro vzduch je relativní permitivita ϵ_r přibližně rovna 1. Několik rezonančních kmitočtů měřicí stíněné komory, počínaje nejnižším, je uvedeno v Tab. 2.

Freq [MHz]	Freq [MHz]	Freq [MHz]
126,39	409,63	560,56
155,01	419,90	568,04
184,60	421,71	575,09
200,01	440,55	588,81
223,72	447,44	593,77
241,05	449,30	600,02
252,78	465,03	607,08
272,18	473,53	608,76
296,52	481,90	613,34
310,02	482,10	627,77
313,01	489,78	628,19
334,80	498,40	634,68
349,29	500,33	645,34
360,82	516,05	647,14
369,20	523,41	671,17
379,16	529,22	683,16
382,32	529,29	688,83
390,24	544,35	704,51
400,01	551,46	723,16
400,42	553,80	734,12

Tabulka 2: Nejnižší rezonanční kmitočty stíněné komory

Na přesnost měření mají zpravidla největší vliv resonance na nejnižších kmitočtech, tedy kmitočtech s nejnižšími vidovými čísly, kde je činitel jakosti stíněné komory – dutinového rezonátoru nejvyšší. S rostoucími vidovými čísly klesá činitel jakosti dutinového rezonátoru a vliv rezonancí na rozptyl výsledků měření stínicí účinnosti klesá.

Okno ve stěně stíněné měřicí komory VTÚPV s rámem pro upnutí vzorku má vnitřní rozměry 260 x 260 mm. Budeme-li toto okno považovat za čtvercovou plošnou anténu, pak její nejnižší rezonanční kmitočet je dán vztahem:

$$f_{Wres} = \frac{c}{2l} = \frac{300}{2 \cdot 0,26} = 577 \text{ MHz} \quad (6)$$

Zatímco nejnižší měřený kmitočet byl v daném případě zvolen 200 MHz, a to s ohledem na parametry použitých antén, spolehlivé a stabilní výsledky naměřené stínicí účinnosti - vložného útlumu

testovaného vzorku materiálu lze u zvolené metody očekávat až pro kmitočty ležící nad hodnotou nejnižšího rezonančního kmitočtu určeného dle (6).

Kmitočtový rozsah měření stínící účinnosti byl z důvodu použitého přístrojového vybavení rozdělen na tři dílčí měřicí podrozsahy:

- E1) 200 MHz až 1000 MHz s kmitočtovým krokem 21 MHz,
- E2) 1,5 GHz až 18 GHz s kmitočtovým krokem 500 MHz,
- E3) 19 GHz až 40 GHz s kmitočtovým krokem 1000 MHz.

Meze stínící účinnosti - vložného útlumu materiálového vzorku, ani kritéria Vyhovělo/Nevyhovělo, nebyla zadavatelem zkoušky stanovena.

4.1 Uspořádání měřicího řetězce

Uspořádání měřicího řetězce pro měřicí rozsahy E1 až E3 je načrtnuto na Obr. 1. Měřicí EMI přijímač s příslušnou přijímací anténou je instalován uvnitř měřicí stíněné komory a, s výjimkou přijímače ESIB 40 (podrozsah E3), je napájen z baterie 24V. Komunikace mezi EMI přijímačem a počítačem s nainstalovaným ovládacím programovým nástrojem ATTmeter ver. 7.1 probíhá skrze rozhraní 100baseFX. Signálový generátor sloužící jako vysílač je spolu s příslušnou vysílací anténou umístěn v SAR, vně měřicí stíněné komory. Tento generátor je synchronizován 10 MHz kmitočtovou referencí z EMI přijímače, skrze optické rozhraní OF-MM 1310 nm. Komunikace mezi signálovým generátorem a počítačem s programovým nástrojem ATTmeter ver. 7.1 je realizována přes GPIB/USB adaptér.

Pro kmitočtový rozsah E1 je použit pár planárních spirálových antén vysílajících/přijímajících cirkulární (kruhovou) polarizaci. Pro pásma E2, E3 jsou použity dva páry antén „Double Ridge Horn“ (DRH), lišící se velikostí a tím i svým kmitočtovým rozsahem. Vzdálenosti mezi vysílací anténou a testovaným vzorkem L1, jakož i vzdálenosti mezi testovaným vzorkem a EMI přijímačem L2 byly zvoleny následující: *pásmo E1* – L1 = 120 cm, L2 = 50 cm; *pásmo E2* – L1 = 100 cm, L2 = 40 cm; *pásmo E3* – L1 = 80 cm, L2 = 40 cm.

Měření přijímané úrovně RxL probíhalo s nastavenou šířkou pásma IF filtru EMI přijímače 200 Hz, se zapnutým detektorem střední hodnoty. Nastavená úroveň výkonu signálového generátoru v rozsahu E1 – TxP = 6 dBm; v rozsahu E2 – TxP = 5 dBm; v rozsahu E3 – TxP = 3 dBm.

4.2 Postup měření

4.2.1 Měření referenčních úrovní pro okno 260 x 260 mm

Změření referenční úrovně RxL_{FS} bylo provedeno na otevřeném okně (bez vzorku) s upínacím přípravkem o vnitřních rozměrech 260 x 260 mm. Měření probíhalo automatizovaně, za užití programového nástroje ATTmeter ver. 7.1 v režimu *Lin*, a naměřené hodnoty byly uloženy do textového souboru. Hodnoty RxL_{FS} v tomto souboru reprezentují pro každou diskretní hodnotu nastaveného kmitočtu vztahnou hodnotu úrovně pro výpočet SE dle (3).

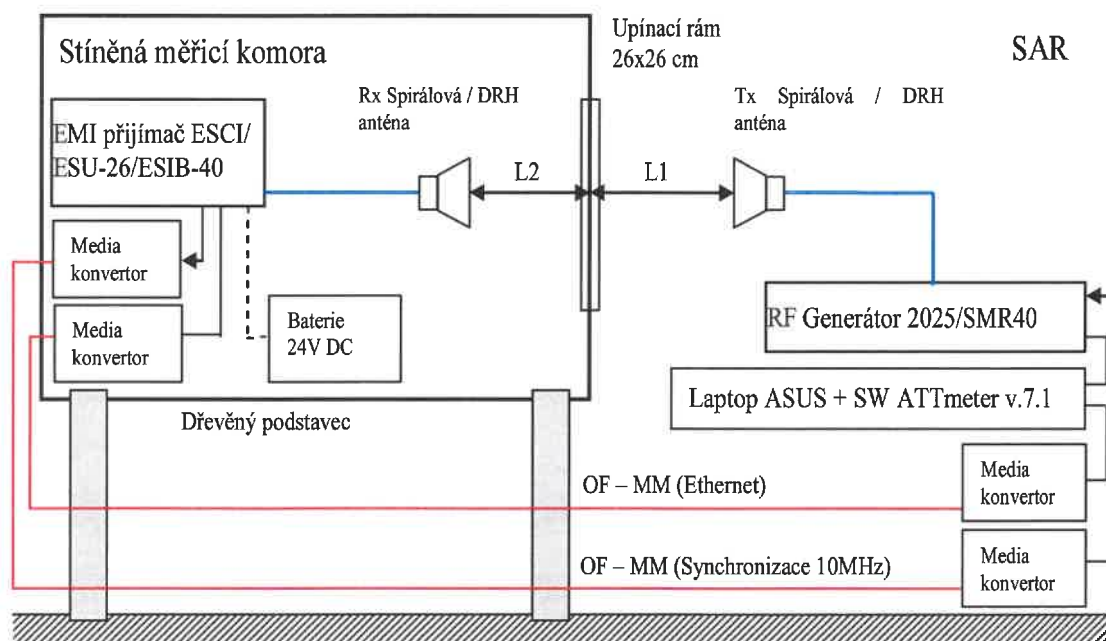
4.2.2 Určení dynamického (dostupného) rozsahu měření stínící účinnosti

Měření úrovně signálu RxL_{TIN} nutné pro zjištění dynamického (dostupného) rozsahu měření stínící účinnosti, proběhlo za použití srovnávacího vzorku pocívaného plechu o rozměru 320 x 320 mm, osazeného v okně měřicí stíněné komory. Měření probíhalo opět automatizovaně, za užití programového nástroje ATTmeter ver. 7.1 v režimu *From File*. Z naměřených hodnot byly

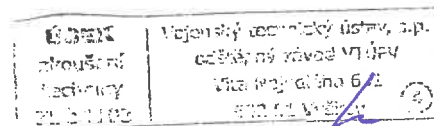
programovým nástrojem ATTmeter ver. 7.1 vypočteny hodnoty dynamického (dostupného) rozsahu DR dle vztahu (4).

4.2.3 Měření stínící účinnosti testovaných vzorků textilních stínících materiálů

Při měření testovaných textilních materiálů byl vzorek upnut do přípravku vždy ve stejné orientaci – text s označením vzorku vně v levém horním rohu. Měření byla prováděna automatizovaně za použití programového nástroje ATTmeter ver. 7.1, jednotlivě v každém kmitočtovém rozsahu E1 až E3. Programový nástroj ATTmeter ver. 7.1, pracující v režimu *From File*, provádí i výpočet stínící účinnosti dle (3). Na rozsazích E2, E3 bylo měření prováděno při obou ortogonálních polarizacích antén (horizontální, vertikální). Na rozsahu E1 bylo měření prováděno rovněž při obou ortogonálních cirkulárních polarizacích antén (levotočivá, pravotočivá). Po odměření vzorků byla znovu změřena referenční úroveň, aby se zabránilo degradaci výsledků měření vlivem posunu referenční úrovně při opakované mechanické manipulaci s měřicí stíněnou komorou.



Obrázek 1 Uspořádání měřicího řetězce

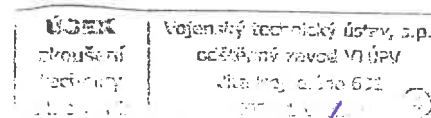


5 VÝSLEDKY MĚŘENÍ

V následujících tabulkách a grafech jsou uvedeny hodnoty stínící účinnosti – vložného útlumu měřených materiálů obou měřených vzorků z obou stran (**front side** ... lesklá strana vzorku směřuje k vysílací anténě; **back side** ... matná/hrubší strana vzorku směřuje k vysílací anténě) a srovnávacího vzorku pocínovaného plechu. Tabulka naměřených hodnot obsahuje pro každý vzorek zprůměrované hodnoty stínící účinnosti přes obě ortogonální polarizace, pro diskrétní hodnoty kmitočtů nastavované v kmitočtových rozsazích E1, E2, E3. První hodnota kmitočtu každého kmitočtového rozsahu v pořadí E1, E2, E3, je uvedena číslem zelené barvy.

Grafické závislosti používají logaritmickou stupnici kmitočtu (Frequency) v MHz a lineární stupnici hodnot stínící účinnosti – vložného útlumu měřených materiálů (Insertion Loss) v dB.

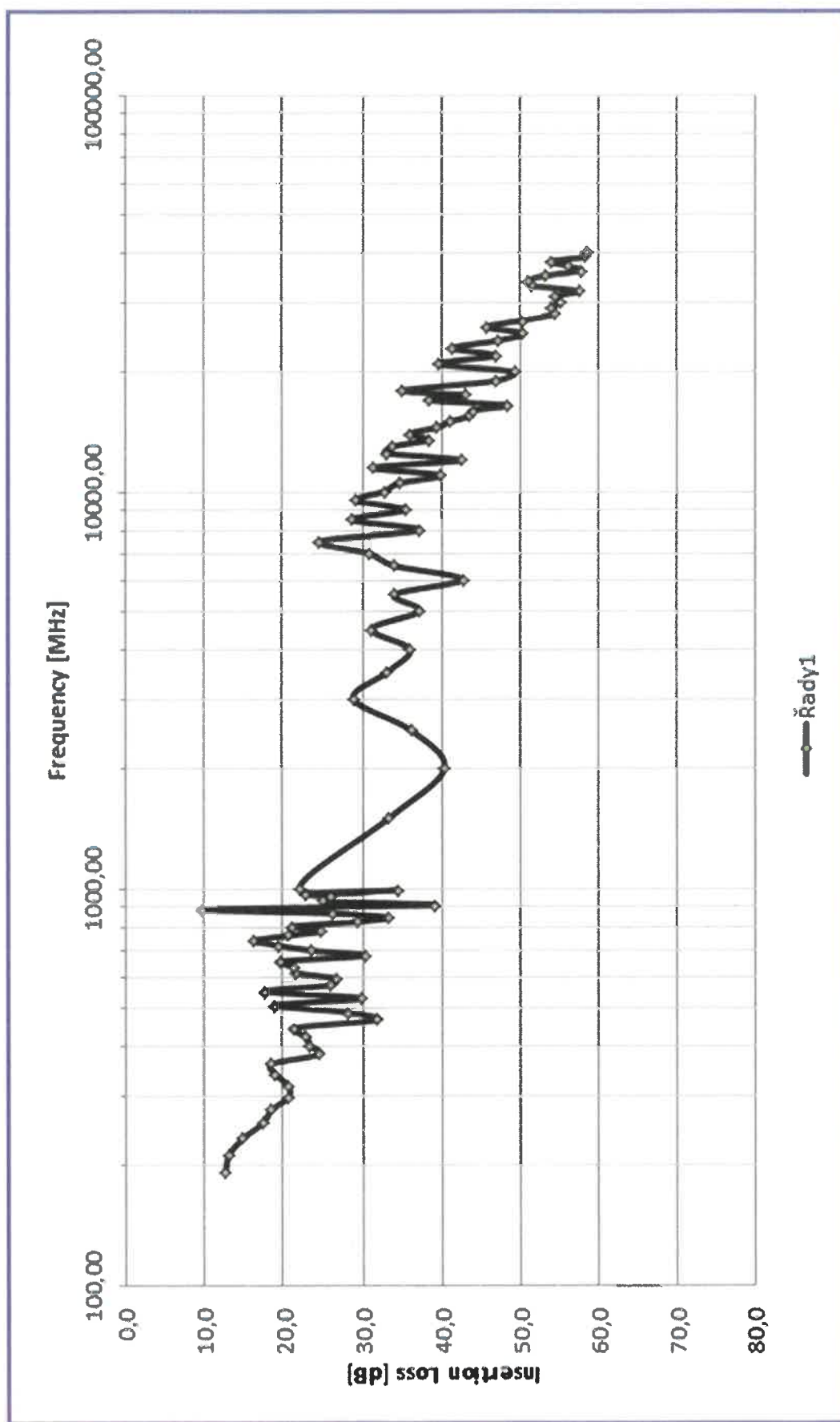
Detailní tabelární hodnoty stínící účinnosti pro jednotlivé polarizace, jakož i odpovídající přijímané úrovně RxL_{FS} a RxL_{EUT} z nichž byla stínící účinnost vypočtena dle (3), jsou k dispozici v MS Excel souboru souhrnných výsledků **VVU_2vzorkyFB_2021.xlsx**, který je zaslán spolu s tímto protokolem.



5.1 Naměřené hodnoty v kmitočtových rozsazích E1 až E3

Frequency [MHz]	Insertion Loss [dB]	Frequency [MHz]	Insertion Loss [dB]
192,00	12,6	5500,00	34,1
213,00	13,1	6000,00	42,7
234,00	14,9	6500,00	34,0
255,00	17,4	7000,00	30,7
276,00	18,5	7500,00	24,5
297,00	20,7	8000,00	37,2
318,00	20,6	8500,00	28,6
339,00	19,0	9000,00	35,5
360,00	18,5	9500,00	29,1
381,00	24,5	10000,00	32,7
402,00	23,3	10500,00	34,7
423,00	22,9	11000,00	39,9
444,00	21,3	11500,00	31,2
465,00	31,9	12000,00	42,4
486,00	28,1	12500,00	33,0
507,00	18,8	13000,00	33,8
528,00	29,8	13500,00	38,4
549,00	17,7	14000,00	35,9
570,00	26,0	14500,00	39,4
591,00	26,7	15000,00	41,0
612,00	21,6	15500,00	43,6
633,00	21,4	16000,00	43,9
654,00	19,6	16500,00	48,4
675,00	30,3	17000,00	38,3
696,00	23,7	17500,00	42,9
717,00	19,4	18000,00	35,1
738,00	16,2	19000,00	46,9
759,00	20,6	20000,00	49,2
780,00	24,8	21000,00	39,6
801,00	21,1	22000,00	46,8
822,00	29,3	23000,00	41,3
843,00	33,3	24000,00	47,1
864,00	26,3	25000,00	50,4
885,00	9,6	26000,00	45,7
906,00	39,0	27000,00	50,3
927,00	25,1	28000,00	54,4
948,00	25,9	29000,00	53,8
969,00	22,9	30000,00	55,2
990,00	34,4	31000,00	54,4
1000,00	22,1	32000,00	57,5
1500,00	33,3	33000,00	51,5
2000,00	40,3	34000,00	51,0
2500,00	36,1	35000,00	53,3
3000,00	28,8	36000,00	57,8
3500,00	33,1	37000,00	56,1
4000,00	36,0	38000,00	53,9
4500,00	31,1	39000,00	58,2
5000,00	37,3	40000,00	58,5

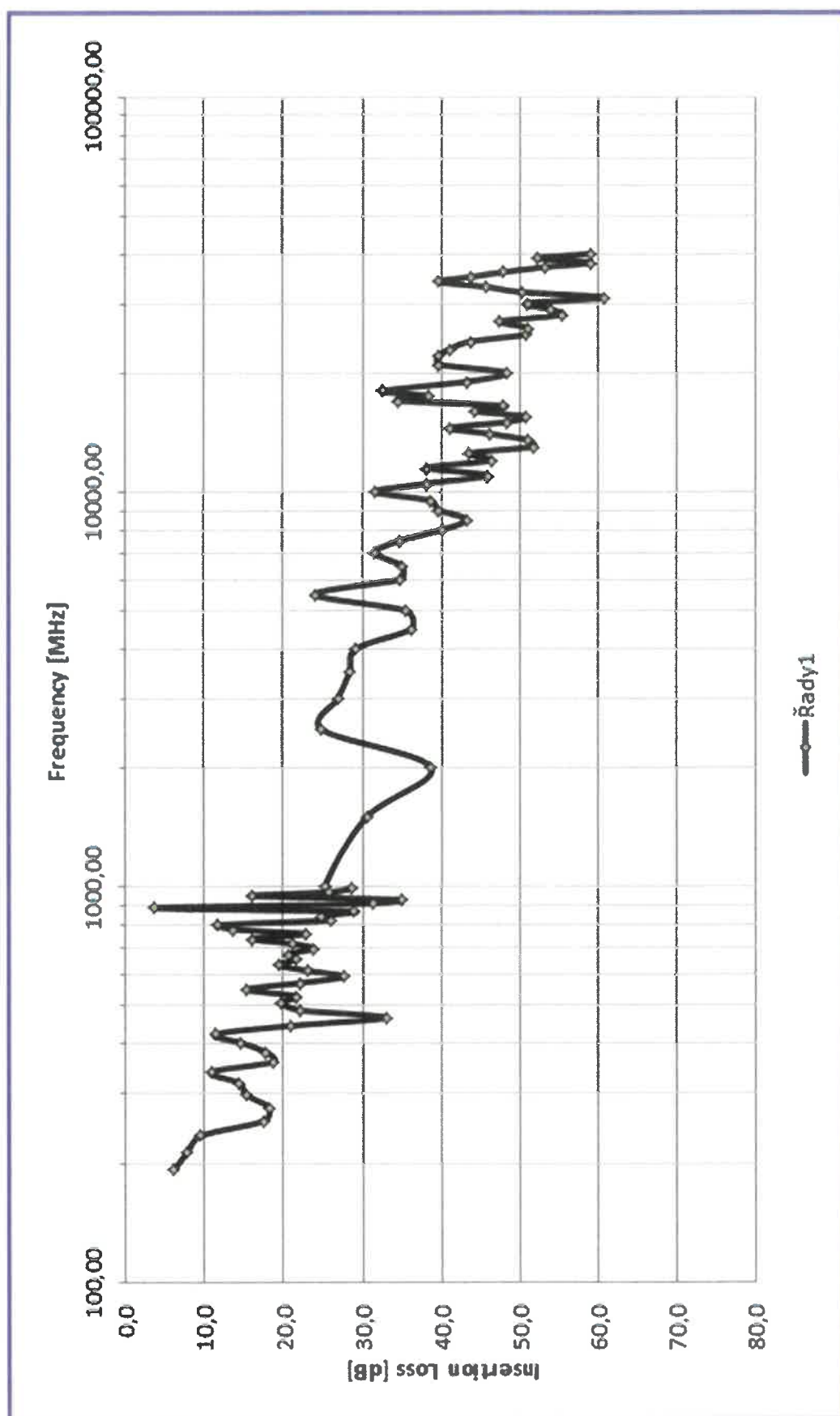
Tabulka 3 Naměřené hodnoty stínící účinnosti – vložného útlumu materiálového vzorku v rozsahu kmitočtů E1-E3: vzorek č. 1F - 20201204 0004 MAGN.CLON. (front side)



Obrázek 2 Stínící účinnost – vložný útlum materiálového vzorku, naměřená v rozsahu kmitočtů E1-E3: vzorek č. 1F - 20201204 0004 MAGN.CLON. (front side)

Frequency [MHz]	Insertion Loss [dB]	Frequency [MHz]	Insertion Loss [dB]
192,00	6,1	5500,00	24,0
213,00	7,9	6000,00	34,8
234,00	9,5	6500,00	35,0
255,00	17,5	7000,00	31,6
276,00	18,1	7500,00	34,6
297,00	15,2	8000,00	40,1
318,00	14,4	8500,00	43,2
339,00	10,8	9000,00	39,6
360,00	18,7	9500,00	38,6
381,00	17,8	10000,00	31,5
402,00	14,6	10500,00	38,2
423,00	11,3	11000,00	45,8
444,00	20,8	11500,00	38,2
465,00	33,0	12000,00	46,4
486,00	22,2	12500,00	43,6
507,00	19,7	13000,00	51,8
528,00	21,6	13500,00	51,1
549,00	15,3	14000,00	46,3
570,00	22,0	14500,00	41,0
591,00	27,6	15000,00	48,3
612,00	23,2	15500,00	50,7
633,00	19,3	16000,00	44,3
654,00	21,6	16500,00	48,0
675,00	20,5	17000,00	34,6
696,00	23,8	17500,00	38,4
717,00	21,2	18000,00	32,6
738,00	15,9	19000,00	43,3
759,00	22,7	20000,00	48,3
780,00	13,6	21000,00	39,7
801,00	11,7	22000,00	39,6
822,00	25,9	23000,00	41,1
843,00	24,7	24000,00	43,6
864,00	28,9	25000,00	50,9
885,00	3,5	26000,00	51,0
906,00	31,4	27000,00	47,5
927,00	35,0	28000,00	55,4
948,00	15,9	29000,00	53,9
969,00	25,7	30000,00	51,1
990,00	28,7	31000,00	60,8
1000,00	25,3	32000,00	50,3
1500,00	30,5	33000,00	45,7
2000,00	38,7	34000,00	39,6
2500,00	24,9	35000,00	43,9
3000,00	26,9	36000,00	48,0
3500,00	28,4	37000,00	53,2
4000,00	29,1	38000,00	59,1
4500,00	36,2	39000,00	52,3
5000,00	35,4	40000,00	59,1

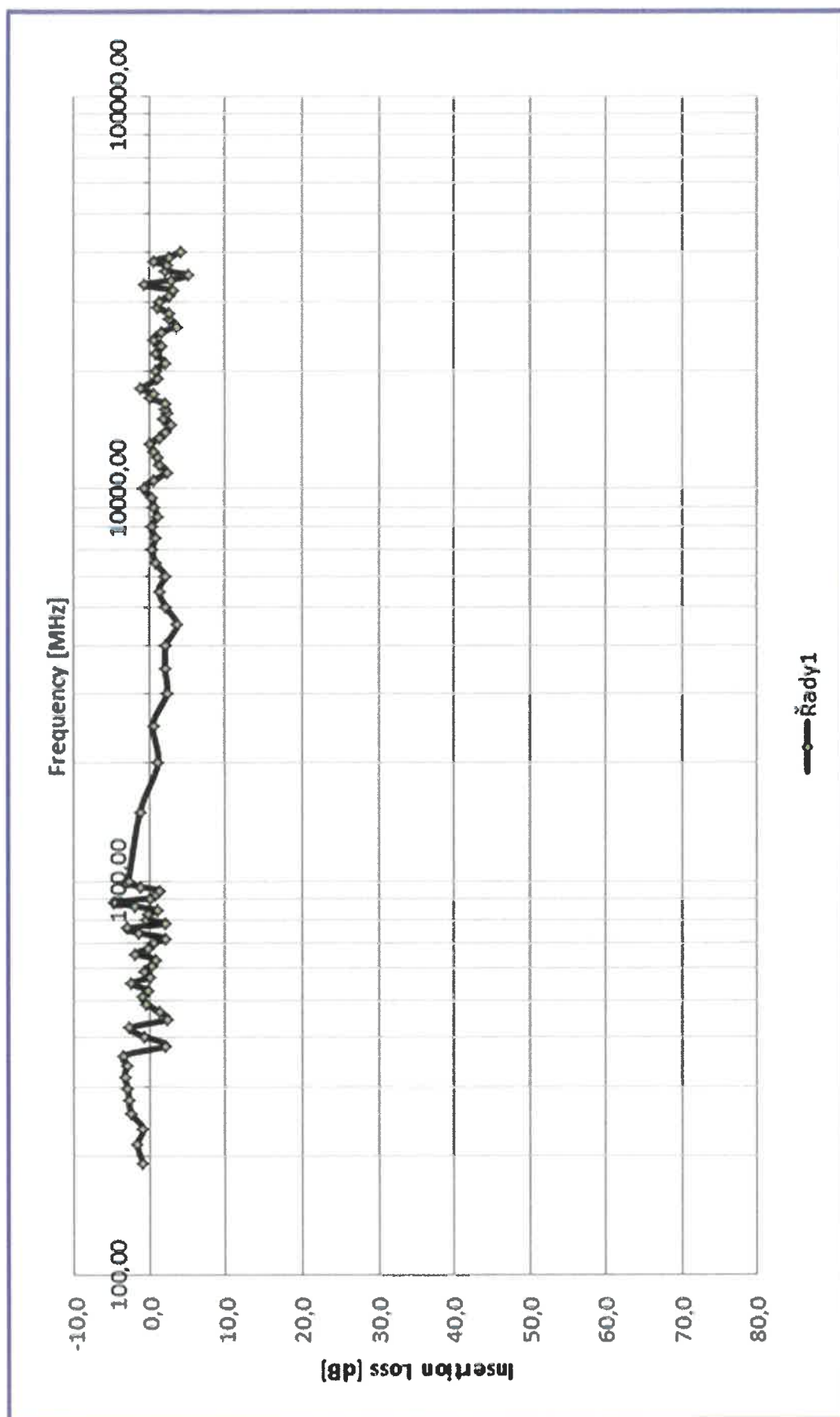
Tabulka 4 Naměřené hodnoty stínící účinnosti – vložného útlumu materiálového vzorku v rozsahu kmitočtů E1-E3: vzorek č. 1B - 20201204 0004 MAGN.CLON. (back side)



Obrázek 3 Stínicí účinnost – vložný útlum materiálového vzorku, naměřená v rozsahu kmitočtů E1-E3: vzorek č. 1B - 20201204 0004 MAGN.CLON. (back side)

Frequency [MHz]	Insertion Loss [dB]	Frequency [MHz]	Insertion Loss [dB]
192,00	-1,0	5500,00	1,2
213,00	-1,7	6000,00	2,0
234,00	-0,9	6500,00	0,7
255,00	-2,4	7000,00	0,4
276,00	-2,8	7500,00	0,7
297,00	-3,0	8000,00	0,2
318,00	-3,4	8500,00	0,9
339,00	-3,1	9000,00	0,6
360,00	-3,5	9500,00	0,2
381,00	2,1	10000,00	-0,8
402,00	-0,7	10500,00	0,4
423,00	-2,7	11000,00	2,2
444,00	2,2	11500,00	1,2
465,00	1,2	12000,00	1,1
486,00	-0,4	12500,00	0,6
507,00	-1,1	13000,00	0,0
528,00	-0,2	13500,00	1,2
549,00	-2,5	14000,00	2,0
570,00	0,1	14500,00	2,8
591,00	-0,8	15000,00	1,9
612,00	0,2	15500,00	2,3
633,00	0,8	16000,00	2,1
654,00	-1,9	16500,00	2,1
675,00	-0,2	17000,00	-0,1
696,00	0,6	17500,00	0,4
717,00	2,1	18000,00	-1,2
738,00	-1,4	19000,00	1,1
759,00	-3,1	20000,00	0,8
780,00	2,0	21000,00	2,0
801,00	-0,4	22000,00	0,8
822,00	-0,3	23000,00	1,6
843,00	1,0	24000,00	0,5
864,00	-2,1	25000,00	1,5
885,00	-4,7	26000,00	3,6
906,00	0,1	27000,00	2,4
927,00	0,8	28000,00	2,6
948,00	1,4	29000,00	1,0
969,00	-1,3	30000,00	1,3
990,00	-3,2	31000,00	2,6
1000,00	-2,9	32000,00	3,1
1500,00	-1,3	33000,00	-0,8
2000,00	1,1	34000,00	2,9
2500,00	0,4	35000,00	5,1
3000,00	2,2	36000,00	2,0
3500,00	2,0	37000,00	2,2
4000,00	2,2	38000,00	0,4
4500,00	3,6	39000,00	2,6
5000,00	2,1	40000,00	4,2

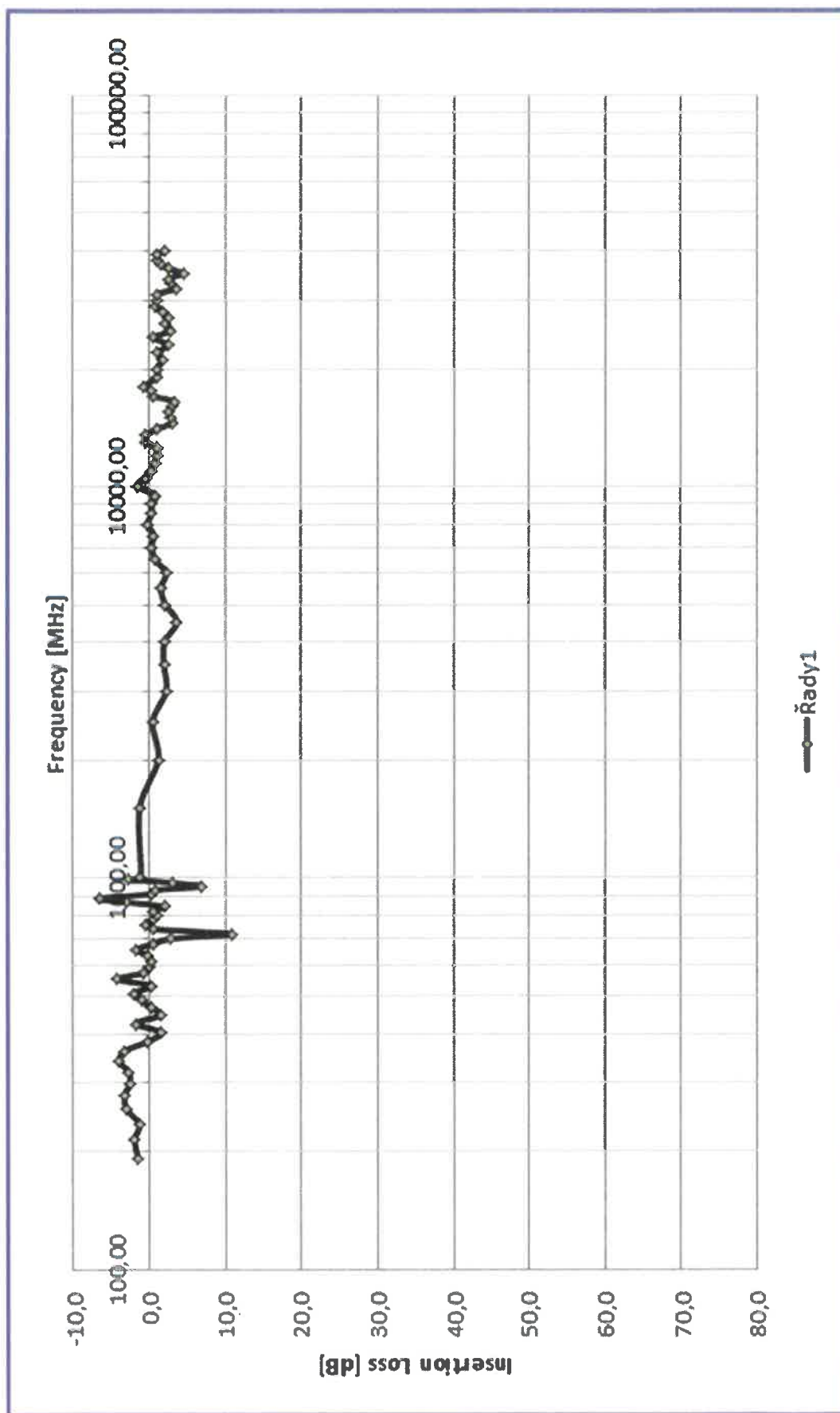
Tabulka 5 Naměřené hodnoty stínící účinnosti – vložného útlumu materiálového vzorku v rozsahu kmitočtů E1-E3: vzorek č. 2F - 20200720 0001 (front side)



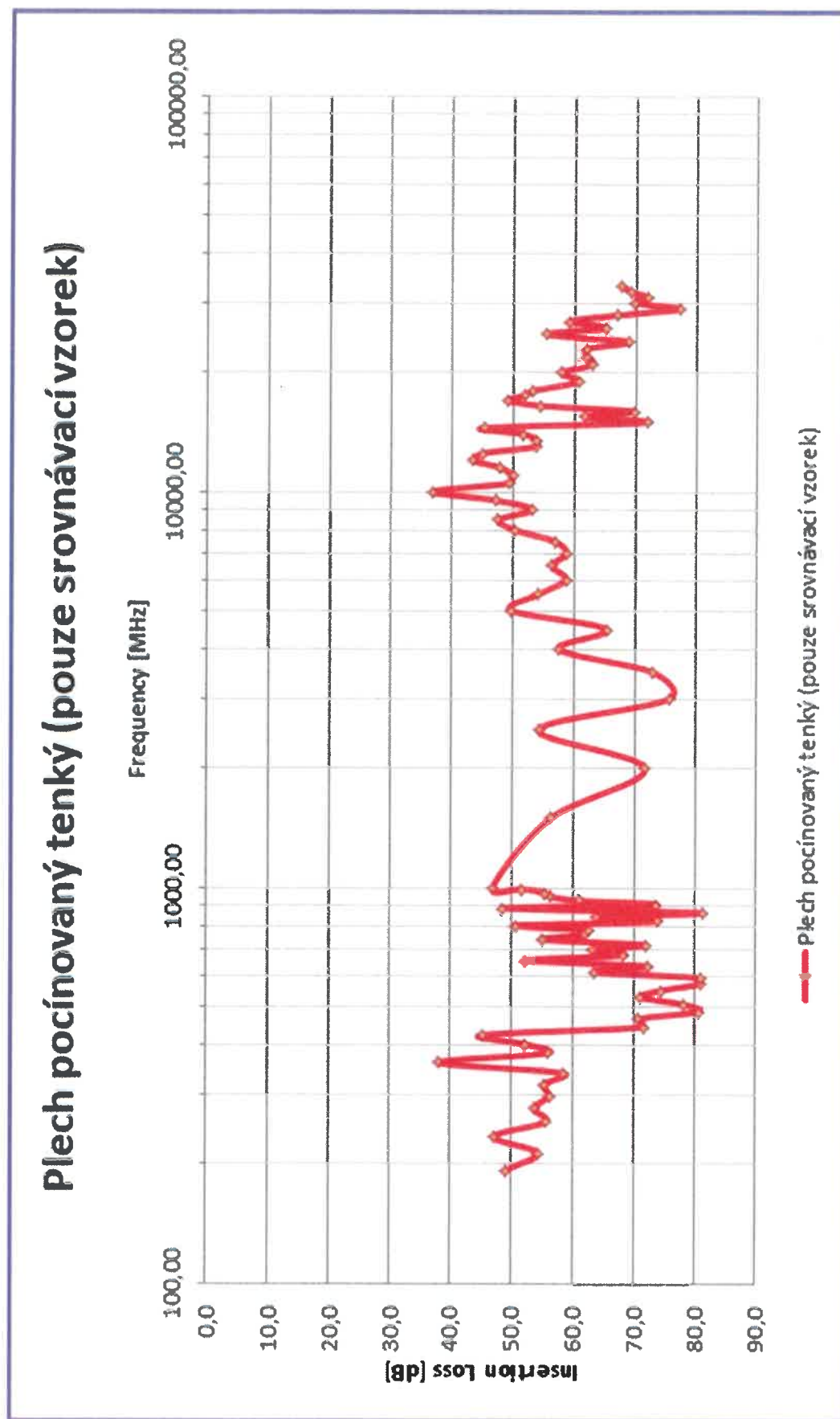
Obrázek 4 Stínicí účinnost – vložný útlum materiálového vzorku, naměřená v rozsahu kmitočtů E1-E3:
vzorek č. 2F - 20200720 0001 (front side)

Frequency [MHz]	Insertion Loss [dB]	Frequency [MHz]	Insertion Loss [dB]
192,00	-1,6	5500,00	1,5
213,00	-1,9	6000,00	2,2
234,00	-1,3	6500,00	0,8
255,00	-3,0	7000,00	0,3
276,00	-3,3	7500,00	0,6
297,00	-2,6	8000,00	-0,2
318,00	-2,7	8500,00	0,3
339,00	-4,0	9000,00	0,3
360,00	-3,3	9500,00	0,9
381,00	-0,1	10000,00	-1,5
402,00	1,5	10500,00	-0,6
423,00	-1,8	11000,00	0,3
444,00	1,4	11500,00	0,6
465,00	0,1	12000,00	0,9
486,00	-1,1	12500,00	1,0
507,00	-2,0	13000,00	-0,5
528,00	0,4	13500,00	-0,4
549,00	-4,3	14000,00	1,0
570,00	-0,7	14500,00	3,1
591,00	0,1	15000,00	2,9
612,00	0,3	15500,00	2,4
633,00	-0,4	16000,00	3,0
654,00	-1,7	16500,00	3,2
675,00	0,4	17000,00	0,6
696,00	2,7	17500,00	0,3
717,00	10,7	18000,00	-0,7
738,00	0,4	19000,00	1,1
759,00	-0,4	20000,00	1,0
780,00	0,6	21000,00	1,6
801,00	1,0	22000,00	1,1
822,00	0,6	23000,00	2,4
843,00	2,0	24000,00	0,5
864,00	-3,1	25000,00	2,9
885,00	-6,7	26000,00	2,0
906,00	0,3	27000,00	2,5
927,00	0,6	28000,00	1,8
948,00	6,9	29000,00	0,8
969,00	2,9	30000,00	0,9
990,00	-2,8	31000,00	1,0
1000,00	-1,2	32000,00	3,5
1500,00	-1,3	33000,00	2,9
2000,00	1,1	34000,00	2,5
2500,00	0,4	35000,00	4,5
3000,00	2,2	36000,00	2,4
3500,00	1,9	37000,00	1,4
4000,00	2,0	38000,00	1,1
4500,00	3,6	39000,00	1,0
5000,00	2,0	40000,00	2,0

Tabulka 6 Naměřené hodnoty stínící účinnosti – vložného útlumu materiálového vzorku v rozsahu kmitočtů E1-E3: vzorek č. 2B - 20200720 0001 (back side)



Obrázek 5 Stínicí účinnost – vložný útlum materiálového vzorku, naměřená v rozsahu kmitočtů E1-E3:
vzorek č. 2B - 20200720 0001 (back side)



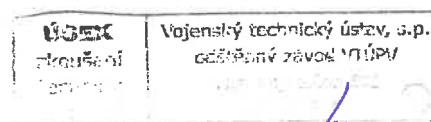
Obrázek 6 Stínicí účinnost – vložný útlum materiálového vzorku, naměřená v rozsahu kmitočtů E1-E3:
Srovnávací vzorek pocínovaného plechu

6 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Jak výše uvedeno, je měření stínicí účinnosti – vložného útlumu materiálových vzorků zdola kmitočtově omezeno rozměry měřicího okna. Stabilních výsledků měřené stínicí účinnosti je proto dosaženo až od kmitočtu cca 400 MHz. Rozptyl naměřených hodnot byl zmenšen průměrováním výsledků ze dvou ortogonálních polarizací, tj. průměrováním výsledků z levotočivé-cirkulární a pravotočivé-cirkulární polarizace u měření prováděných v kmitočtovém rozsahu E1, jakož i z vertikální a horizontální polarizace u měření prováděných v kmitočtových rozsazích E2, E3.

Ke skokovým změnám hodnoty stínicí účinnosti – vložného útlumu materiálových vzorků v závislosti na kmitočtu, zejména u kmitočtů do 1 GHz, dochází vlivem rezonancí měřicí stíněné komory, event. též vlivem nedokonalého přizpůsobení jednotlivých prvků měřicí sestavy (kabelů, antén). Interpolovaná hodnota stínicí účinnosti naměřené u vzorku **20201204 0004 MAGN.CLON.** v rámci proměřovaného kmitočtového pásma roste od cca **10 dB** do cca **55 dB**. U vzorku **20200720 0001** je pak přibližně **0 dB**. Záporné hodnoty stínicí účinnosti u vzorku 20200720 0001 jsou s velkou pravděpodobností způsobeny posunem vnitřních rezonancí stíněné komory po upnutí vzorku do měřicího okna, případně též konstruktivní difrakcí na otvorech po projektilech. **Tyto záporné hodnoty naměřené stínicí účinnosti je třeba interpretovat jakožto nulovou stínicí účinnost vzorku.**

Měřicí stíněná komora s upnutým srovnávací vzorkem pocínovaného plechu pak dosahuje stínicí účinnosti cca 50 – 70 dB v pásmu kmitočtů od 200 MHz do 40 GHz. Snížená hodnota stínicí účinnosti na vysokých mikrovlnných kmitočtech může být způsobena větším vlivem nedokonalého kontaktu mezi pláštěm komory a upínacím rámem, jakož i vlivem nedokonalého kontaktu mezi plechovými stěnami stínicí komory a její nosnou konstrukcí.



7 FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE



Obrázek 7 EUT – pásmo E1, vzorek - 20201204 0004 MAGN.CLON. (front side)



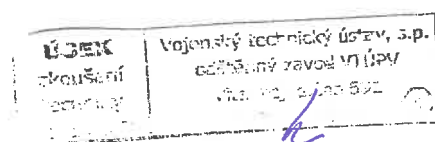
Obrázek 8 EUT – pásmo E2, vzorek - 20201204 0004 MAGN.CLON. (back side)

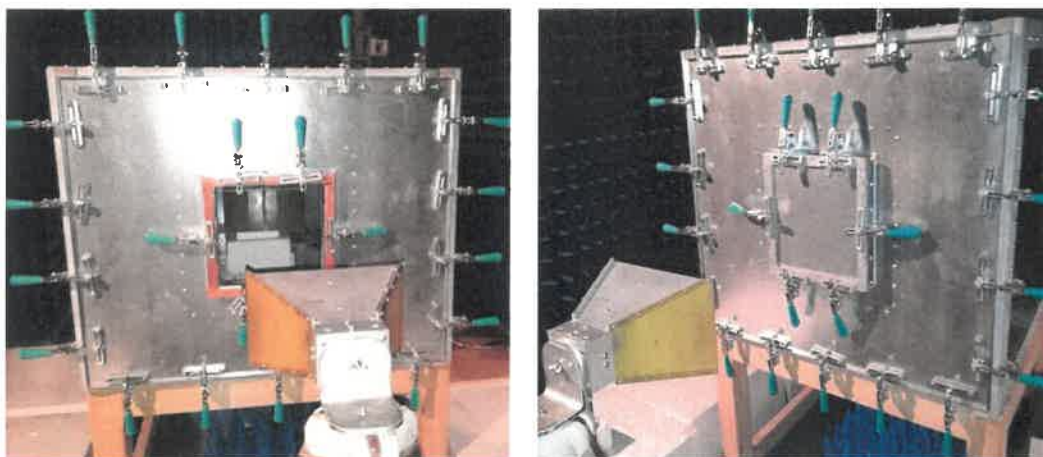


Obrázek 9 EUT – pásmo E1, vzorek - 20200720 0001 (back side)

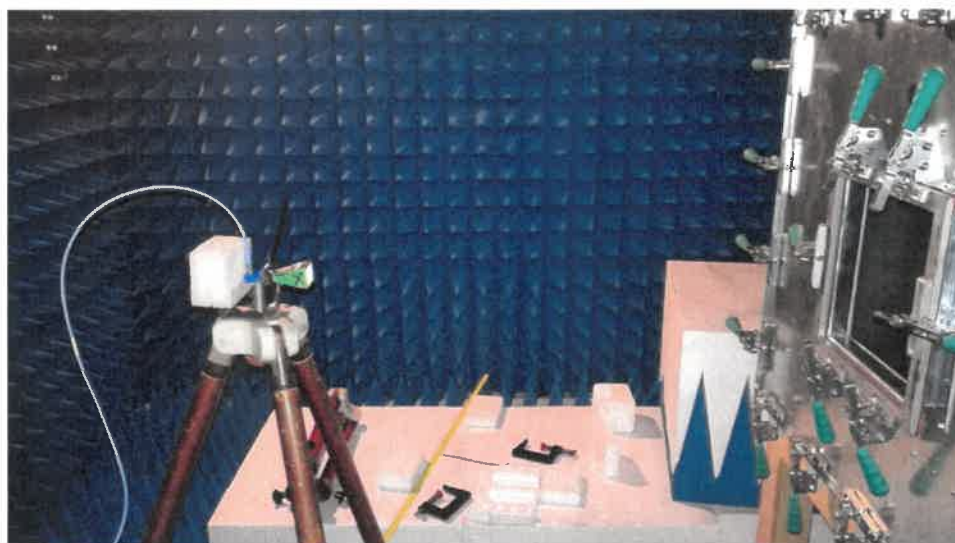


Obrázek 10 EUT – pásmo E2, vzorek - 20200720 0001 (front side)

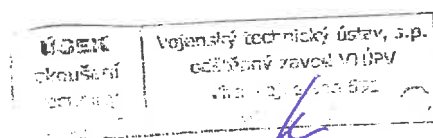




Obrázek 11 Měření v rozsahu E2, reference (vlevo), srovnávací vzorek plechu (vpravo), vertikální polarizace

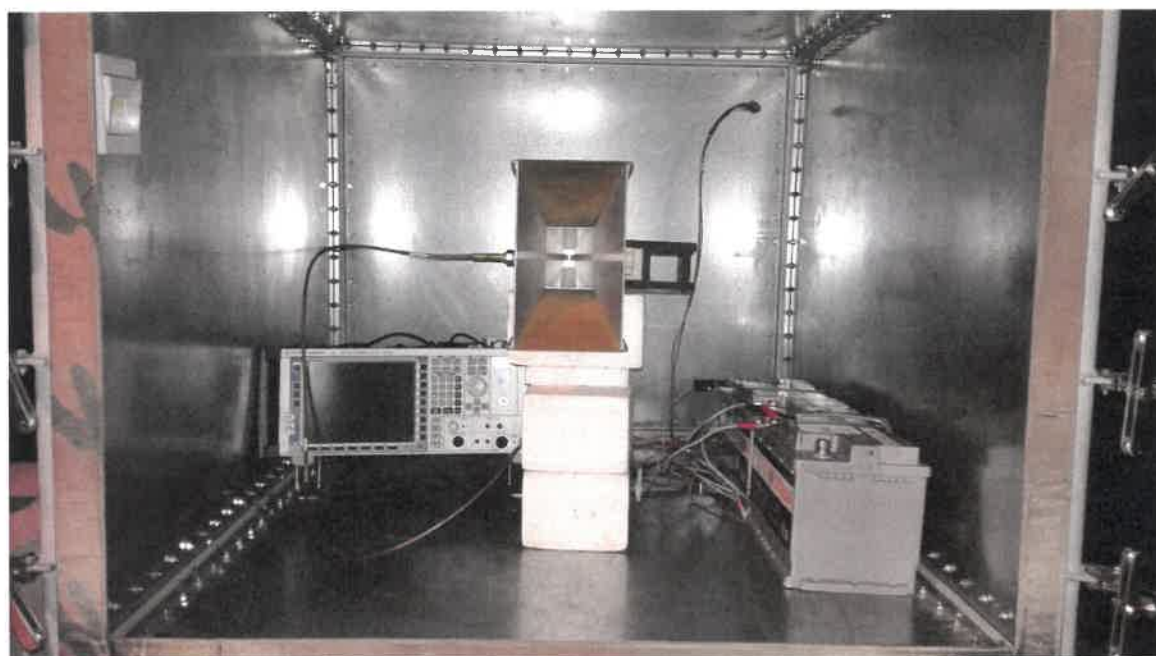


Obrázek 12 Měření reference v kmitočtovém rozsahu E3, vertikální polarizace





Obrázek 13 Laptop ASUS s měřicím a ovládacím SW ATTmeter v.7.1



Obrázek 14 Sestava EMI přijímače v měřicí stíněné komoře, kmitočtový rozsah E2, horizontální polarizace

KONEC PROTOKOLU