

ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA

Přípravy prototypů pro ověření reprodukovatelnosti výroby
nulté série vyvinutých prototypů

v rámci experimentálního vývoje a průmyslového výzkumu
projektu

CZ.01.1.02/0.0/0.0/20_321/0024291

Výzkum a vývoj vysoce odolných hybridních laminátů

Záměrem projektu je prostřednictvím aktivit průmyslového výzkumu
i experimentálního vývoje vyvinout vysoce odolné hybridní lamináty
představujících kombinaci speciálních vlastností.



EVROPSKÁ UNIE

Evropský fond pro regionální rozvoj

OP Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost



MINISTERSTVO
PRŮMYSLU A OBCHODU



Vojenský výzkumný ústav, s. p.

Veslařská 337/230, 637 00 Brno

IČ: 29372259 ID datové schránky: n62kuhr
DIČ: CZ29372259 www.vvubrno.cz Tel.: +420 543 562 101
vvu@vvubrno.cz
Zapsán v obchodním rejstříku u KS Brno, značka A25718

Závěrečná zpráva

Hybridní laminát s elektromagnetickým cloněním

Ing. Irena Beránková
Ing. Pavel Čalkovský

Květen 2023

Obsah

1. Úvod	3
2. Fáze 1 – vývoj prototypu - zkoušky prvotních vzorků	3
2.1 Údaje o vzorcích	3
2.2 Provedení zkoušek.....	3
2.3 Výsledky	4
3. Fáze 2 – vývoj prototypu - zkoušky perspektivních vzorků	11
3.1 Údaje o vzorcích	11
3.2 Provedení zkoušek.....	13
3.3 Výsledky	14
4. Fáze 3 – testování prototypu	41
4.1 Údaje o vzorcích	41
4.2 Provedení zkoušek.....	42
4.3 Výsledky	42
5. Finální řešení.....	45
6. Seznam příloh	47

1. Úvod

Cílem průmyslového výzkumu a experimentálního vývoje bylo vyvinout hybridní laminát s elektromagnetickým cloněním. V rámci zkoušek *elektromagnetické kompatibility (EMC)* byly zjišťovány útlumové vlastnosti laminátů měřením stínicí účinnosti – vložného útlumu materiálu ve třech kmitočtových pásmech 200 MHz - 1 GHz, 1 GHz - 18 GHz a 18 GHz - 40 GHz.

U vybraných perspektivních vzorků hybridních laminátů byl v kmitočtových pásmech 2 GHz - 18 GHz a 19 GHz - 40 GHz navíc zjišťován *vložný útlum na odraz a průchod elektromagnetického záření*.

2. Fáze 1 – vývoj prototypu - zkoušky prvotních vzorků

Ve fázi 1 byly pro zkoušky připraveny OMB composites EU a. s. 3 vzorky hybridních laminátů o plošném rozměru 320 x 320 mm. Pro získání co nejkomplexnějších prvotních informací bylo měření stínicí účinnosti prováděno vždy z čelní i zadní strany vzorku.

2.1 Údaje o vzorcích

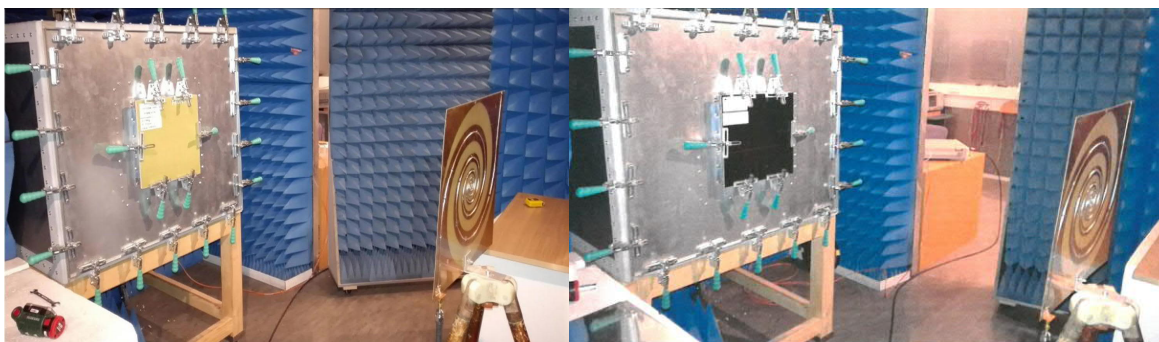
Parametry a složení vzorků hybridních laminátů jsou uvedeny v *tabulce 1*.

Tabulka 1: Parametry a složení prvotních vzorků hybridních laminátů pro zkoušky měření EMC

Označení vzorku	Rozměr vzorku [mm]	Plošná hmotnost vzorku AW [kg.m ⁻²]	Složení vzorku
20200720 0001	320 x 320 x 7,7	12,2	hybridní tkanina HT-BA 220-100-D1 (3 vrstvy) bazaltová tkanina BB-250-100 (18 vrstev) tkanina aramid STYLE 281 (2 vrstvy) tkanina 19.12.01 - CETRIKO (1 vrstva)
20201204 0004 MAGN. CLON.	320 x 320 x 8,9	11,0	tkanina aramid STYLE 281 (11 vrstev) hybridní tkanina HT-BA 220-100-D1 (12 vrstev) EMC tkanina H94 (2 vrstvy)
20210319 0008	320 x 320 x 8,0	14,0	bazaltová tkanina BB-250-100 (8 vrstev) tkanina aramid STYLE 281 (4 vrstvy) emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² (11 vrstev) EMC tkanina H94 (1 vrstva)

2.2 Provedení zkoušek

Zkoušky měření *elektromagnetické kompatibility (EMC)* vzorků laminátů byly prováděny modifikovanou metodou vycházející z normy IEEE Std 299-2006 umístěním vzorku do čtvercového okna s upínacím rámem ve stěně měřicí stíněné komory, která umožňuje měřit stínicí účinnost v rozsahu 0 – 60 dB (případně až 70 dB).



Obr. 1a, b: Ukázky sestav při měření EMC vzorků laminátů

2.3 Výsledky

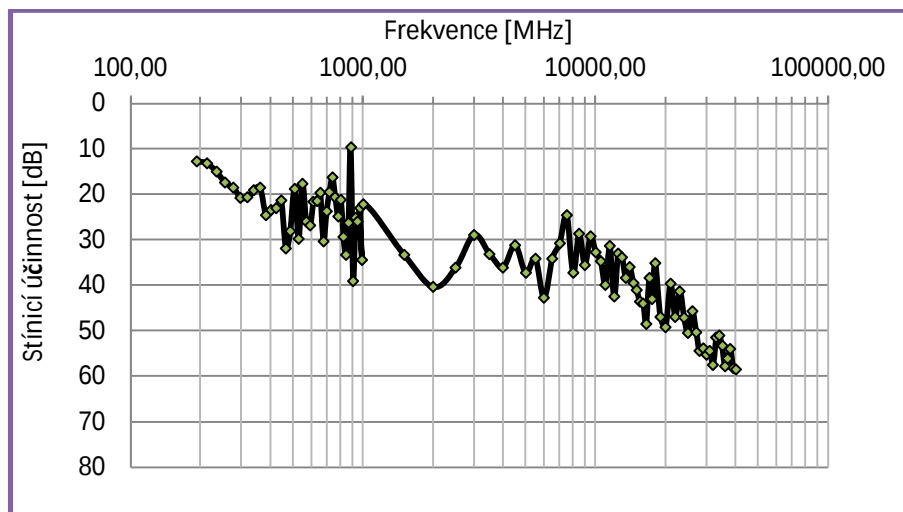
U vzorku laminátu 20200720 0001 se proti původnímu předpokladu nepodařilo získat hodnoty *stínící účinnosti* neovlivněné předešlou zkouškou *balistické limitní rychlosti* V_{50} . Důvodem byla nedostačující nepoškozená plocha zkoušeného materiálu.

Výsledky zkoušek vzorku 20201204 0004 MAGN. CLON. z čelní a zadní strany byly souhrnně zapsány do *tabulek 2 a 3*. Graficky jsou výsledky znázorněny na *obr. 2 a obr. 3*.

Tabulka 2: Výsledky EMC vzorku laminátu 20201204 0004 MAGN. CLON. – čelní strana

Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]	Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [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



Obr. 2: EMC vzorku laminátu 20201204 0004 MAGN. CLON. (frekvence-logaritmická stupnice) – čelní strana

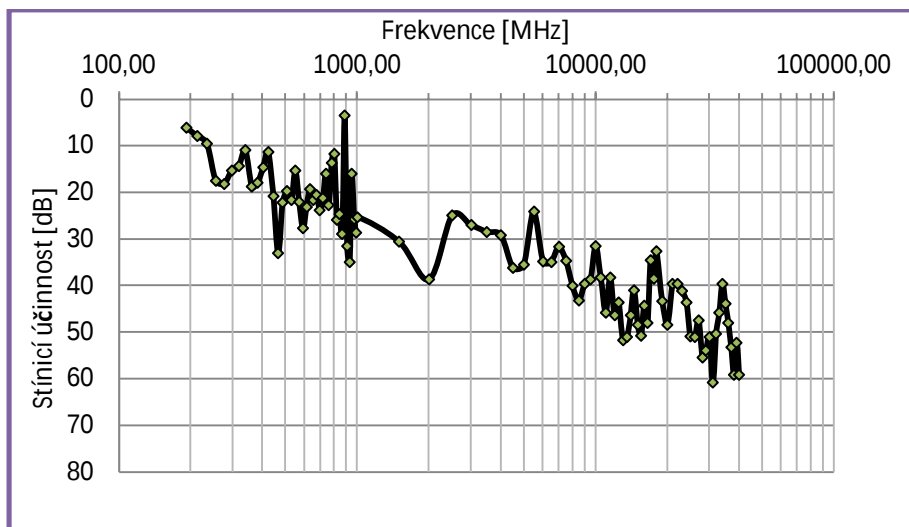
Tabulka 3: Výsledky EMC vzorku laminátu 20201204 0004 MAGN. CLON. – zadní strana

Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]	Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]
192,00	6,1	5500,00	24,0
213,00	7,9	6000,00	34,8

234,00	9,5
255,00	17,5
276,00	18,1
297,00	15,2
318,00	14,4
339,00	10,8
360,00	18,7
381,00	17,8
402,00	14,6
423,00	11,3
444,00	20,8
465,00	33,0
486,00	22,2
507,00	19,7
528,00	21,6
549,00	15,3
570,00	22,0
591,00	27,6
612,00	23,2
633,00	19,3
654,00	21,6
675,00	20,5
696,00	23,8
717,00	21,2
738,00	15,9
759,00	22,7
780,00	13,6
801,00	11,7
822,00	25,9
843,00	24,7
864,00	28,9
885,00	3,5
906,00	31,4
927,00	35,0
948,00	15,9
969,00	25,7
990,00	28,7
1000,00	25,3
1500,00	30,5
2000,00	38,7
2500,00	24,9
3000,00	26,9
3500,00	28,4
4000,00	29,1
4500,00	36,2

6500,00	35,0
7000,00	31,6
7500,00	34,6
8000,00	40,1
8500,00	43,2
9000,00	39,6
9500,00	38,6
10000,00	31,5
10500,00	38,2
11000,00	45,8
11500,00	38,2
12000,00	46,4
12500,00	43,6
13000,00	51,8
13500,00	51,1
14000,00	46,3
14500,00	41,0
15000,00	48,3
15500,00	50,7
16000,00	44,3
16500,00	48,0
17000,00	34,6
17500,00	38,4
18000,00	32,6
19000,00	43,3
20000,00	48,3
21000,00	39,7
22000,00	39,6
23000,00	41,1
24000,00	43,6
25000,00	50,9
26000,00	51,0
27000,00	47,5
28000,00	55,4
29000,00	53,9
30000,00	51,1
31000,00	60,8
32000,00	50,3
33000,00	45,7
34000,00	39,6
35000,00	43,9
36000,00	48,0
37000,00	53,2
38000,00	59,1
39000,00	52,3

5000,00	35,4	40000,00	59,1
---------	------	----------	------



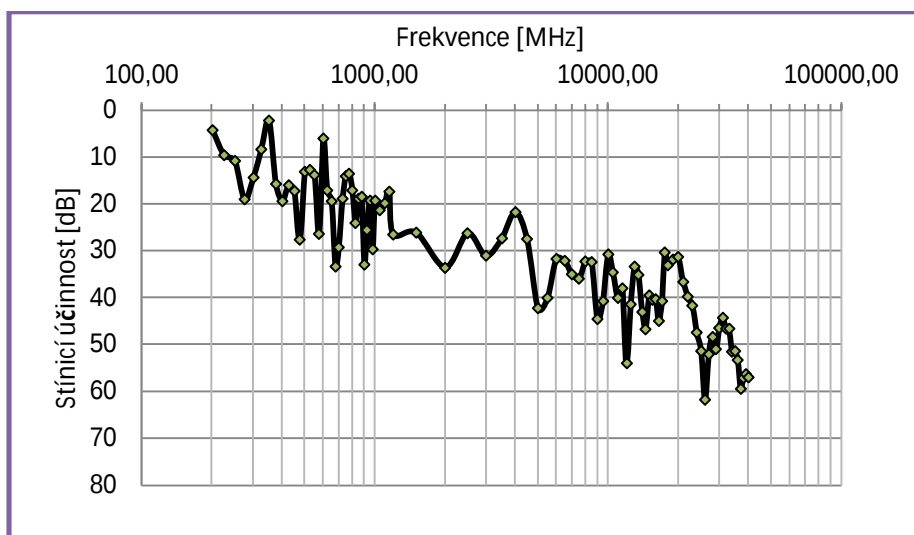
Obr. 3: EMC vzorku laminátu 20201204 0004 MAGN. CLON.(frekvence-logaritmická stupnice) – zadní strana

Výsledky zkoušek vzorku 20210319 0008 z čelní a zadní strany byly souhrnně zapsány do tabulek 4 a 5. Graficky jsou výsledky znázorněny na obr. 4 a obr. 5.

Tabulka 4: Výsledky EMC vzorku laminátu 20210319 0008 – čelní strana

Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]	Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]
201,00	4,2	6500,00	32,1
226,00	9,5	7000,00	34,9
251,00	10,8	7500,00	36,0
276,00	18,9	8000,00	32,3
301,00	14,3	8500,00	32,4
326,00	8,3	9000,00	44,6
351,00	2,2	9500,00	40,6
376,00	15,7	10000,00	30,8
401,00	19,5	10500,00	34,6
426,00	16,0	11000,00	40,0
451,00	17,2	11500,00	38,0
476,00	27,5	12000,00	54,0
501,00	13,1	12500,00	41,4
526,00	12,8	13000,00	33,4
551,00	13,8	13500,00	35,2
576,00	26,4	14000,00	43,1
601,00	5,9	14500,00	46,8
626,00	17,0	15000,00	39,5
651,00	19,3	15500,00	40,4
676,00	33,3	16000,00	40,4
701,00	29,2	16500,00	45,0

726,00	18,9	17000,00	40,7
751,00	14,1	17500,00	30,3
776,00	13,5	18000,00	33,1
801,00	17,1	19000,00	31,9
826,00	24,0	20000,00	31,3
851,00	18,8	21000,00	36,6
876,00	18,4	22000,00	39,7
901,00	32,9	23000,00	41,7
926,00	25,5	24000,00	47,4
951,00	19,3	25000,00	51,4
976,00	29,7	26000,00	61,7
1001,00	19,2	27000,00	52,0
1051,00	21,3	28000,00	48,3
1101,00	19,8	29000,00	51,0
1151,00	17,4	30000,00	46,4
1201,00	26,4	31000,00	44,3
1500,00	26,1	32000,00	46,5
2000,00	33,5	33000,00	46,6
2500,00	26,2	34000,00	51,5
3000,00	31,0	35000,00	51,4
3500,00	27,3	36000,00	53,3
4000,00	21,7	37000,00	59,4
4500,00	27,5	38000,00	57,1
5000,00	42,3	39000,00	56,3
5500,00	40,1	40000,00	57,0
6000,00	31,7		

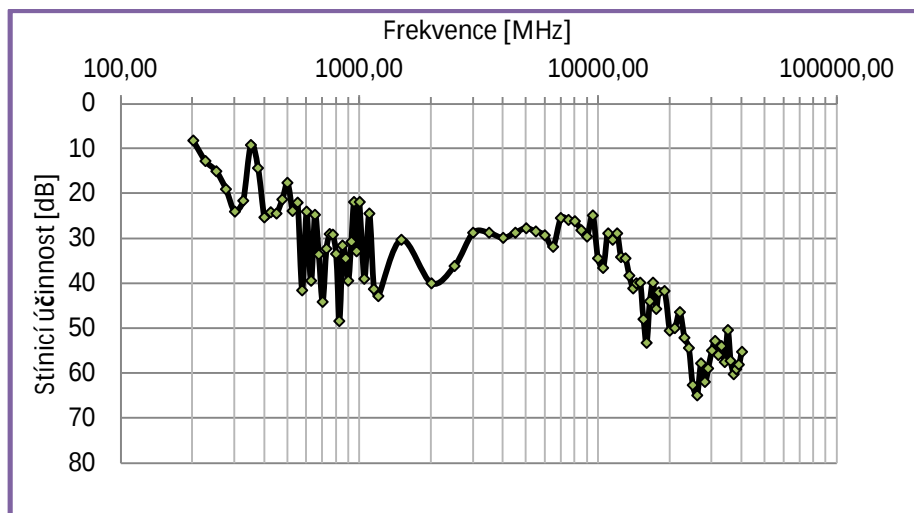


Obr. 4: EMC vzorku laminátu 20210319 0008 (frekvence – logaritmická stupnice) - čelní strana

Tabulka 5: : Výsledky EMC vzorku laminátu 20210319 0008 – zadní strana

Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]	Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]
201,00	8,2	6500,00	31,8
226,00	12,8	7000,00	25,4
251,00	15,0	7500,00	25,8
276,00	19,0	8000,00	26,1
301,00	24,0	8500,00	28,1
326,00	21,6	9000,00	29,6
351,00	9,2	9500,00	24,9
376,00	14,3	10000,00	34,4
401,00	25,2	10500,00	36,5
426,00	24,1	11000,00	28,9
451,00	24,4	11500,00	30,3
476,00	21,4	12000,00	28,9
501,00	17,6	12500,00	34,1
526,00	23,8	13000,00	34,4
551,00	22,0	13500,00	38,3
576,00	41,5	14000,00	41,2
601,00	24,0	14500,00	40,0
626,00	39,4	15000,00	39,8
651,00	24,7	15500,00	47,9
676,00	33,5	16000,00	53,2
701,00	44,0	16500,00	44,0
726,00	32,3	17000,00	39,8
751,00	29,0	17500,00	45,7
776,00	29,1	18000,00	42,0
801,00	33,4	19000,00	41,7
826,00	48,4	20000,00	50,5
851,00	31,6	21000,00	49,9
876,00	34,4	22000,00	46,4
901,00	39,4	23000,00	52,0
926,00	30,7	24000,00	54,4
951,00	21,9	25000,00	62,7
976,00	32,8	26000,00	64,9
1001,00	21,8	27000,00	57,8
1051,00	39,0	28000,00	61,8
1101,00	24,5	29000,00	58,9
1151,00	41,3	30000,00	54,9
1201,00	42,9	31000,00	52,8
1500,00	30,2	32000,00	55,9
2000,00	39,9	33000,00	54,0
2500,00	36,1	34000,00	57,5
3000,00	28,8	35000,00	50,4
3500,00	28,8	36000,00	57,2

4000,00	29,8	37000,00	60,2
4500,00	28,6	38000,00	59,1
5000,00	27,7	39000,00	58,1
5500,00	28,4		
6000,00	29,3	40000,00	55,2

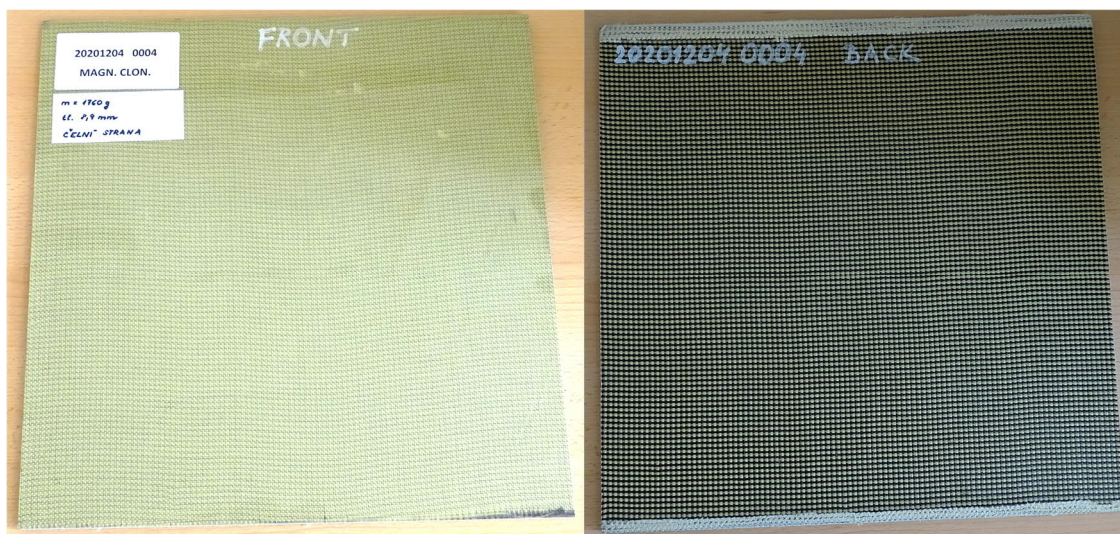


Obr. 5: EMC vzorku laminátu 20210319 0008 (frekvence – logaritmická stupnice) - zadní strana

Výsledky ukázaly, že vzorek 20201204 0004 MAGN. CLON. hybridního laminátu vykazuje pro kmitočtový rozsah do 1 GHz stínící účinnost do 20 dB, 1 – 18 GHz stínící účinnost 25 – 45 dB a 18 – 40 GHz stínící účinnost 45 – 55 dB.

Vzorek 20210319 0008 hybridního laminátu vykazuje pro kmitočtový rozsah do 1 GHz stínící účinnost 10 – 35 dB, 1 – 18 GHz stínící účinnost 25 – 40 dB a 18 – 40 GHz stínící účinnost 35 – 60 dB.

Vzorky jsou zobrazeny na obr. 6 a obr. 7.



Obr. 6: Vzorek 20201204 0004 MAGN. CLON. pro zkoušky EMC



Obr. 7: Vzorek 20210319 0008 pro zkoušky EMC

Podrobněji jsou zkoušky popsány v Příloze 1.

3. Fáze 2 – vývoj prototypu - zkoušky perspektivních vzorků

Ve fázi 2 bylo připraveno OMB composites EU a. s. 7 vzorků hybridních laminátů o plošném rozměru 300 x 300 mm. Rozměr vzorků byl zvolen tak, aby byl univerzální jak pro zkoušky EMC (stínící účinnosti – vložného útlumu materiálu), tak pro zkoušky vložného útlumu na odraz a průchod elektromagnetického záření.

Ve fázi 2 byl dále byl připraven základní - 0. vzorek o plošném rozměru 320 x 320 mm, který je standardním plošným rozměrem metody měření pro zkoušku EMC laminátů.

Vzorky hybridních laminátů i základní - 0. vzorek byly navrženy OMB composites EU a. s. ve standardní tloušťce komerčně vyráběných dílů pro automobilový průmysl, na které se specializuje.

3.1 Údaje o vzorcích

Parametry a složení vzorků hybridních laminátů jsou uvedeny v tabulce 6.

Tabulka 6 :Parametry a složení perspektivních vzorků hybridních laminátů a základního - 0. vzorku (s označením 9/2022) pro zkoušky měření EMC

Označení vzorku	Rozměr vzorku [mm]	Plošná hmotnost vzorku AW [kg.m ⁻²]	Složení vzorku
1/2022	300 x 300 x 3,5	5,56	gelcoat OLDOPAL S250 V emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² MEFTEX 10 emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ²

			emulzní rohož ze sekaných vláken BN 300 g/m ² pryskyřice FIRESTOP 8175- W-1
2/2022	300 x 300 x 3,9	6,67	gelcoat OLDOPAL S250 V emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² MEFTEX 20 emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² emulzní rohož ze sekaných vláken BN 300 g/m ² pryskyřice FIRESTOP 8175- W-1
3/2022	300 x 300 x 4,4	6,11	gelcoat OLDOPAL S250 V emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² MEFTEX 30 emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² emulzní rohož ze sekaných vláken BN 300 g/m ² pryskyřice FIRESTOP 8175- W-1
4/2022	300 x 300 x 4,5	6,67	gelcoat OLDOPAL S250 V emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² BOJAN MEFTEX 10 emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² emulzní rohož ze sekaných vláken BN 300 g/m ² pryskyřice FIRESTOP 8175- W-1
5/2022	300 x 300 x 3,6	5,56	gelcoat OLDOPAL S250 V emulzní rohož ze sekaných vláken BN 300 g/m ² emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² BOJAN MEFTEX 20 emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² pryskyřice FIRESTOP 8175- W-1
6/2022	300 x 300 x 4,4	6,11	gelcoat OLDOPAL S250 V emulzní rohož ze sekaných vláken BN 300 g/m ² emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² BOJAN MEFTEX 30 emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² pryskyřice FIRESTOP 8175- W-1
8/2022	300 x 300 x 3,9	6,13	gelcoat OLDOPAL S250 V emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² MEFTEX 30 emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² MEFTEX 30 emulzní rohož ze sekaných vláken BN 300 g/m ² pryskyřice FIRESTOP 8175- W-1
9/2022 0.vzorek	320 x 320 x 3,7	5,88	emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² emulzní rohož ze sekaných vláken BN 300 g/m ² pryskyřice FIRESTOP 8175- W-1

Pro zkoušky stanovení vložného útlumu na odraz a průchod elektromagnetického záření byly ze vzorků v tabulce 6 vybrány vzorky uvedené v tabulce 7.

Tabulka 7: Parametry a složení perspektivních vzorků hybridních laminátů pro zkoušky vložného útlumu na odraz a průchod elektromagnetického záření

Označení vzorku	Označení vzorku ve výsledcích a grafech	Plošná hmotnost vzorku AW [kg.m ⁻²]	Složení vzorku
4/2022	Útlum na odraz elmag. záření V4R (2-18 GHz) V4R40 (19-40 GHz) Útlum na průchod elmag. záření V4T (2-18 GHz) V4T40 (19-40 GHz)	6,67	gelcoat OLDOPAL S250 V emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² BOJAN MEFTEX 10 emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² emulzní rohož ze sekaných vláken BN 300 g/m ² pryskyřice FIRESTOP 8175- W-1
5/2022	Útlum na odraz elmag. záření V5R (2-18 GHz) V5R40 (19-40 GHz) Útlum na průchod elmag. záření V5T (2-18 GHz) V5T40 (19-40 GHz)	5,56	gelcoat OLDOPAL S250 V emulzní rohož ze sekaných vláken BN 300 g/m ² emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² BOJAN MEFTEX 20 emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² pryskyřice FIRESTOP 8175- W-1
6/2022	Útlum na odraz elmag. záření V6R (2-18 GHz) V6R40 (19-40 GHz) Útlum na průchod elmag. záření V6T (2-18 GHz) V6T40 (19-40 GHz)	6,11	gelcoat OLDOPAL S250 V emulzní rohož ze sekaných vláken BN 300 g/m ² emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² BOJAN MEFTEX 30 emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² pryskyřice FIRESTOP 8175- W-1
8/2022	Útlum na odraz elmag. záření V8R (2-18 GHz) V8R40 (19-40 GHz) Útlum na průchod elmag. záření V8T (2-18 GHz) V8T40 (19-40 GHz)	6,13	gelcoat OLDOPAL S250 V emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² MEFTEX 30 emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² MEFTEX 30 emulzní rohož ze sekaných vláken BN 300 g/m ² pryskyřice FIRESTOP 8175- W-1

3.2 Provedení zkoušek

Zkoušky EMC (stínící účinnosti – vložného útlumu materiálu) vzorků hybridních laminátů byly prováděny modifikovanou metodou vycházející z normy IEEE Std 299-2006 umístěním vzorku do čtvercového okna s upínacím rámem ve stěně měřicí stíněné komory, která umožňuje měřit stínící účinnost v rozsahu 0 – 60 dB (případně až 70 dB).

Pro zkoušky stanovení útlumových vlastností na odraz a průchod elektromagnetického záření byl vzorek hybridního laminátu instalován na přípravek (rám) a vložen do měřicí trasy kolmo k ose mikrovlnného svazku. Množství záření vracejícího se po interakci se vzorkem zpět ke zdroji signálu bylo kvantifikováno pomocí fyzikální veličiny „vložný útlum na odraz“ označené ILR, která je vyjádřena vztahem:

$$ILR = 20 \log \frac{S_{11 \text{ sample}}}{S_{11 \text{ ref}}} \quad [\text{dB}]$$

ILRvložený útlum na odraz
 $S_{11sample}$velikost koeficientu odrazu pro měřený vzorek
 S_{11ref}velikost koeficientu odrazu pro referenční vzorek

Množství záření prošlého měřeným vzorkem bylo kvantifikováno pomocí fyzikální veličiny „vložený útlum na průchod“ označené ILT , která je vyjádřena vztahem:

$$ILT = 20 \log \frac{S_{21 sample}}{S_{21 ref}} \quad [dB]$$

ILTvložený útlum na průchod
 $S_{11sample}$velikost koeficientu průchodu pro měřený vzorek
 S_{11ref}velikost koeficientu průchodu pro referenční vzorek



Obr. 8: Ukázka sestavy při měření vloženého útlumu na odraz a průchod elektromagnetického záření

3.3 Výsledky

Zkoušky EMC

Výsledky EMC vzorků hybridních laminátů 1/2022 - 6/2022 a 8/2022 v kmitočtových pásmech 200 MHz-1 GHz, 1-18 GHz a 18-40 GHz jsou uvedeny v *tabulce 8 až tabulce 14*.

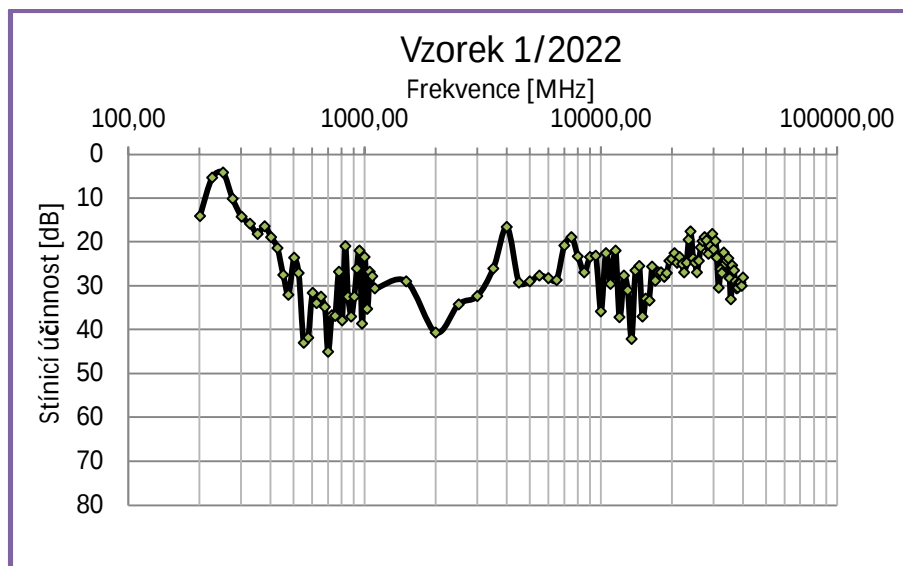
Graficky jsou výsledky znázorněny na *obr. 9 až obr. 15*.

Tabulka 8: Výsledky elektromagnetické kompatibility EMC vzorku laminátu 1/2022

Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]	Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]
201,00	14,0	6500,00	28,6
226,00	5,3	7000,00	20,7
251,00	4,1	7500,00	18,9
276,00	10,1	8000,00	23,3
301,00	14,1	8500,00	26,8
326,00	15,8	9000,00	23,3
351,00	18,1	9500,00	23,1
376,00	16,3	10000,00	35,8
401,00	18,8	10500,00	22,5

426,00	21,3
451,00	27,5
476,00	32,1
501,00	23,6
526,00	27,0
551,00	42,9
576,00	41,8
601,00	31,6
626,00	33,9
651,00	32,5
676,00	34,8
701,00	45,0
726,00	36,7
751,00	36,9
776,00	26,7
801,00	37,9
826,00	20,9
851,00	32,4
876,00	36,9
901,00	32,5
926,00	26,0
951,00	21,9
976,00	38,6
1001,00	23,3
1026,00	35,2
1051,00	26,8
1076,00	27,8
1101,00	30,5
1500,00	28,9
2000,00	40,6
2500,00	34,1
3000,00	32,3
3500,00	26,0
4000,00	16,5
4500,00	29,2
5000,00	28,9
5500,00	27,6
6000,00	28,2

11000,00	29,5
11500,00	22,0
12000,00	37,1
12500,00	27,6
13000,00	31,0
13500,00	42,1
14000,00	26,4
14500,00	25,5
15000,00	36,9
15500,00	32,9
16000,00	33,3
16500,00	25,5
17000,00	28,8
17500,00	26,9
18000,00	26,9
18500,00	27,9
19000,00	27,0
19500,00	24,3
20000,00	23,8
21000,00	24,6
22000,00	24,9
23000,00	24,7
24000,00	17,6
25000,00	24,7
26000,00	24,3
27000,00	19,7
28000,00	19,6
29000,00	20,9
30000,00	21,7
31000,00	23,5
32000,00	26,1
33000,00	22,3
34000,00	24,1
35000,00	28,2
36000,00	25,2
37000,00	28,9
38000,00	30,4
39000,00	29,3
40000,00	28,0

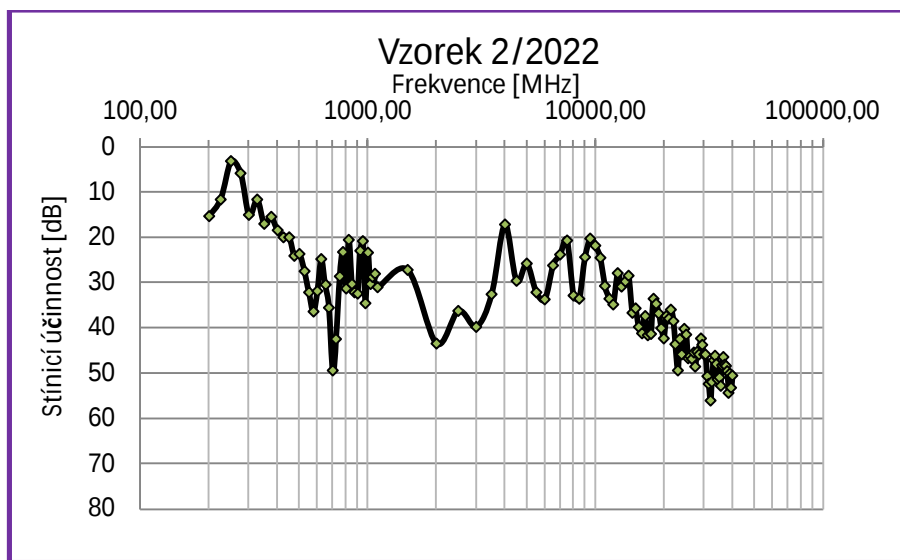


Obr. 9: EMC vzorku laminátu 1/2022 (frekvence – logaritmická stupnice)

Tabulka 9: Výsledky elektromagnetické kompatibility EMC vzorku laminátu 2/2022

Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]	Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]
201,00	15,4	6500,00	26,2
226,00	11,6	7000,00	23,8
251,00	3,2	7500,00	20,6
276,00	5,8	8000,00	32,8
301,00	15,1	8500,00	33,6
326,00	11,6	9000,00	24,3
351,00	17,0	9500,00	20,2
376,00	15,5	10000,00	21,8
401,00	18,4	10500,00	24,5
426,00	20,0	11000,00	30,7
451,00	19,9	11500,00	33,6
476,00	24,1	12000,00	34,8
501,00	23,7	12500,00	27,9
526,00	27,5	13000,00	30,8
551,00	32,2	13500,00	29,8
576,00	36,3	14000,00	28,5
601,00	31,9	14500,00	36,7
626,00	24,8	15000,00	35,7
651,00	30,5	15500,00	39,8
676,00	35,6	16000,00	41,2
701,00	49,4	16500,00	37,3
726,00	42,5	17000,00	41,6
751,00	28,5	17500,00	41,4
776,00	23,3	18000,00	33,5
801,00	31,2	18500,00	34,7
826,00	20,5	19000,00	36,9

851,00	30,3	19500,00	40,0
876,00	32,2	20000,00	42,3
901,00	32,5	21000,00	38,0
926,00	22,9	22000,00	38,4
951,00	20,8	23000,00	49,4
976,00	34,6	24000,00	45,8
1001,00	23,4	25000,00	41,4
1026,00	30,3	26000,00	46,3
1051,00	28,7	27000,00	45,4
1076,00	28,0	28000,00	45,3
1101,00	31,0	29000,00	42,3
1500,00	27,2	30000,00	45,8
2000,00	43,5	31000,00	50,7
2500,00	36,3	32000,00	56,0
3000,00	39,7	33000,00	47,1
3500,00	32,6	34000,00	47,9
4000,00	17,2	35000,00	50,9
4500,00	29,6	36000,00	48,2
5000,00	25,8	37000,00	48,1
5500,00	32,1	38000,00	49,5
6000,00	33,7	39000,00	50,1
		40000,00	50,4

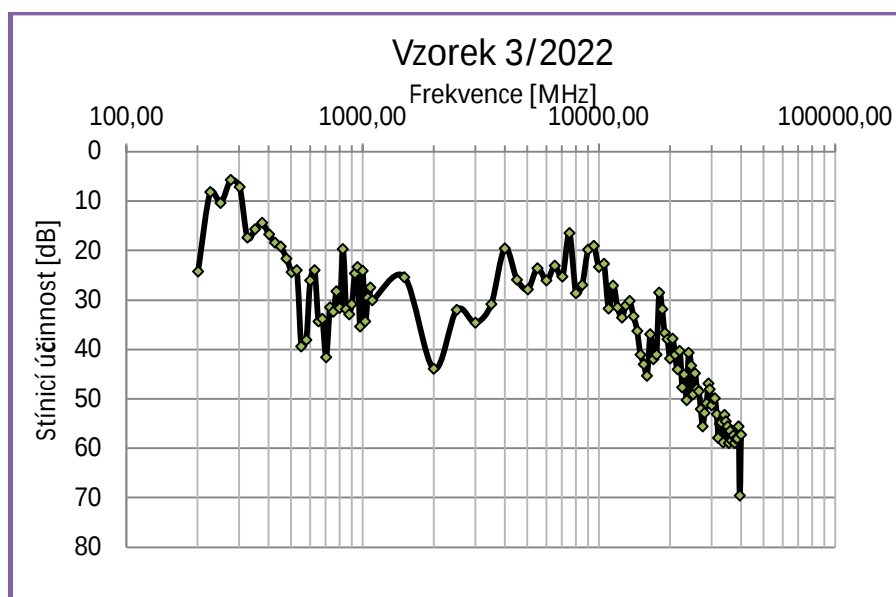


Obr. 10: EMC vzorku laminátu 2/2022 (frekvence – logaritmická stupnice)

Tabulka 10: Výsledky elektromagnetické kompatibility EMC vzorku laminátu 3/2022

Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]	Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]
201,00	24,2	6500,00	23,0
226,00	8,2	7000,00	25,2
251,00	10,3	7500,00	16,4
276,00	5,6	8000,00	28,6

301,00	7,1	8500,00	26,8
326,00	17,3	9000,00	19,8
351,00	15,6	9500,00	19,0
376,00	14,3	10000,00	23,3
401,00	16,7	10500,00	22,7
426,00	18,3	11000,00	31,7
451,00	19,2	11500,00	27,0
476,00	21,5	12000,00	31,4
501,00	24,3	12500,00	33,5
526,00	23,9	13000,00	31,0
551,00	39,3	13500,00	30,1
576,00	38,1	14000,00	33,2
601,00	26,0	14500,00	36,2
626,00	23,9	15000,00	41,0
651,00	34,2	15500,00	42,9
676,00	33,7	16000,00	45,2
701,00	41,5	16500,00	36,9
726,00	31,4	17000,00	41,9
751,00	32,3	17500,00	40,9
776,00	28,2	18000,00	28,5
801,00	31,6	18500,00	31,8
826,00	19,6	19000,00	36,6
851,00	31,8	19500,00	37,9
876,00	32,9	20000,00	41,8
901,00	30,7	21000,00	41,0
926,00	24,5	22000,00	40,2
951,00	23,2	23000,00	45,0
976,00	35,3	24000,00	40,6
1001,00	24,1	25000,00	49,0
1026,00	34,2	26000,00	47,9
1051,00	29,4	27000,00	52,1
1076,00	27,4	28000,00	52,8
1101,00	30,0	29000,00	46,9
1500,00	25,3	30000,00	51,3
2000,00	43,9	31000,00	49,9
2500,00	32,0	32000,00	57,8
3000,00	34,6	33000,00	54,7
3500,00	30,7	34000,00	53,1
4000,00	19,6	35000,00	55,5
4500,00	25,8	36000,00	56,5
5000,00	27,8	37000,00	57,4
5500,00	23,5	38000,00	58,0
6000,00	26,0	39000,00	55,5
		40000,00	57,2

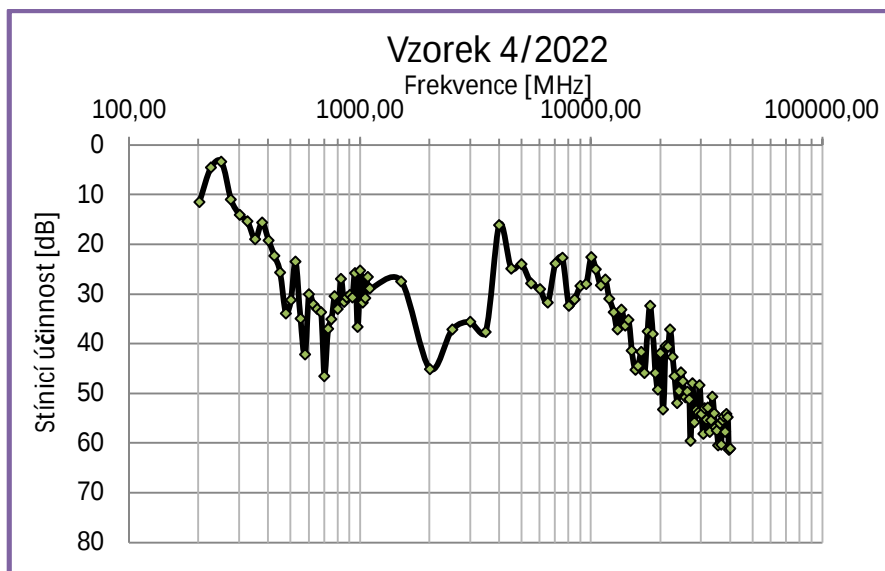


Obr. 11: EMC vzorku laminátu 3/2022 (frekvence – logaritmická stupnice)

Tabulka 11: Výsledky elektromagnetickej kompatibility EMC vzorku laminátu 4/2022

Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]	Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]
201,00	11,5	6500,00	31,7
226,00	4,5	7000,00	23,7
251,00	3,3	7500,00	22,6
276,00	10,9	8000,00	32,3
301,00	14,0	8500,00	31,1
326,00	15,3	9000,00	28,3
351,00	18,8	9500,00	28,0
376,00	15,5	10000,00	22,6
401,00	19,1	10500,00	25,0
426,00	22,2	11000,00	28,2
451,00	25,6	11500,00	27,1
476,00	33,8	12000,00	30,9
501,00	31,2	12500,00	33,7
526,00	23,4	13000,00	37,1
551,00	34,9	13500,00	33,1
576,00	42,1	14000,00	36,3
601,00	30,0	14500,00	35,1
626,00	32,0	15000,00	41,3
651,00	32,9	15500,00	45,2
676,00	33,6	16000,00	44,4
701,00	46,5	16500,00	41,5
726,00	37,0	17000,00	45,8
751,00	35,1	17500,00	37,4
776,00	30,4	18000,00	32,4
801,00	32,9	18500,00	38,0

826,00	26,9	19000,00	45,9
851,00	31,6	19500,00	49,2
876,00	30,6	20000,00	41,9
901,00	30,1	21000,00	40,4
926,00	30,6	22000,00	37,1
951,00	25,7	23000,00	46,5
976,00	36,6	24000,00	49,4
1001,00	25,2	25000,00	47,6
1026,00	31,7	26000,00	49,6
1051,00	30,8	27000,00	59,6
1076,00	26,5	28000,00	55,8
1101,00	28,8	29000,00	53,8
1500,00	27,3	30000,00	54,1
2000,00	45,0	31000,00	53,0
2500,00	37,1	32000,00	52,9
3000,00	35,6	33000,00	55,3
3500,00	37,7	34000,00	53,9
4000,00	16,0	35000,00	57,4
4500,00	24,8	36000,00	56,1
5000,00	23,9	37000,00	55,3
5500,00	27,8	38000,00	57,7
6000,00	29,0	39000,00	54,8
		40000,00	61,1



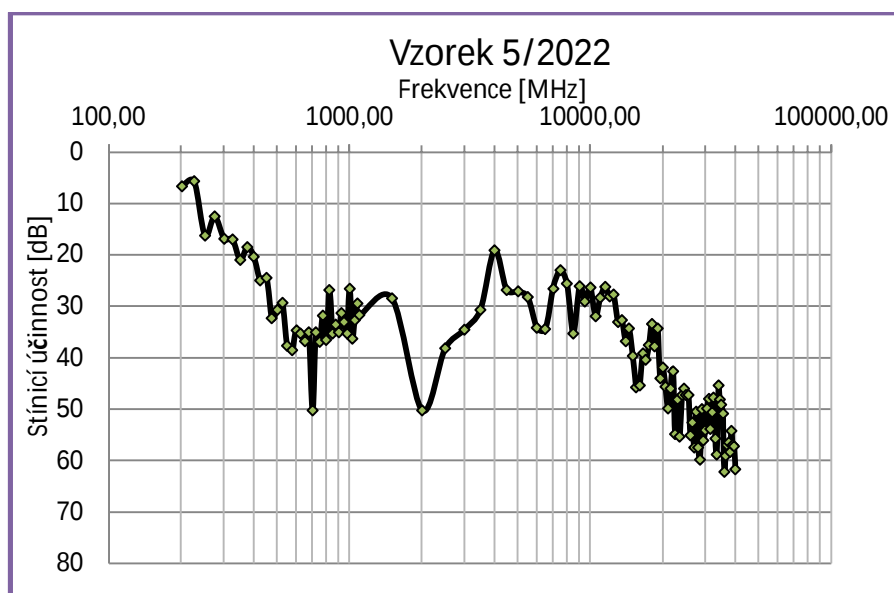
Obr. 12: EMC vzorku laminátu 4/2022 (frekvence – logaritmická stupnice)

Tabulka 12: Výsledky elektromagnetické kompatibility EMC vzorku laminátu 5/2022

Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]	Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]
201,00	6,6	6500,00	34,4
226,00	5,7	7000,00	26,6
251,00	16,2	7500,00	23,0

276,00	12,5
301,00	16,8
326,00	16,9
351,00	20,9
376,00	18,4
401,00	20,3
426,00	24,9
451,00	24,4
476,00	32,3
501,00	30,7
526,00	29,3
551,00	37,6
576,00	38,5
601,00	34,6
626,00	35,3
651,00	36,7
676,00	35,0
701,00	50,3
726,00	35,0
751,00	36,9
776,00	31,8
801,00	36,5
826,00	26,8
851,00	35,3
876,00	33,5
901,00	35,0
926,00	31,3
951,00	33,0
976,00	35,3
1001,00	26,6
1026,00	36,2
1051,00	32,7
1076,00	29,4
1101,00	31,7
1500,00	28,4
2000,00	50,2
2500,00	38,2
3000,00	34,5
3500,00	30,6
4000,00	19,0
4500,00	26,8
5000,00	27,1
5500,00	28,1
6000,00	34,1

8000,00	25,5
8500,00	35,3
9000,00	26,0
9500,00	29,0
10000,00	26,2
10500,00	31,9
11000,00	28,3
11500,00	26,2
12000,00	28,0
12500,00	27,7
13000,00	33,0
13500,00	32,6
14000,00	36,7
14500,00	34,3
15000,00	39,6
15500,00	45,7
16000,00	45,3
16500,00	39,1
17000,00	40,4
17500,00	37,5
18000,00	33,4
18500,00	37,8
19000,00	34,3
19500,00	44,0
20000,00	41,8
21000,00	49,9
22000,00	42,5
23000,00	48,1
24000,00	47,2
25000,00	47,2
26000,00	55,1
27000,00	57,4
28000,00	57,4
29000,00	50,0
30000,00	54,1
31000,00	48,0
32000,00	50,6
33000,00	55,7
34000,00	45,3
35000,00	49,1
36000,00	62,2
37000,00	57,0
38000,00	58,3
39000,00	57,0
40000,00	61,7

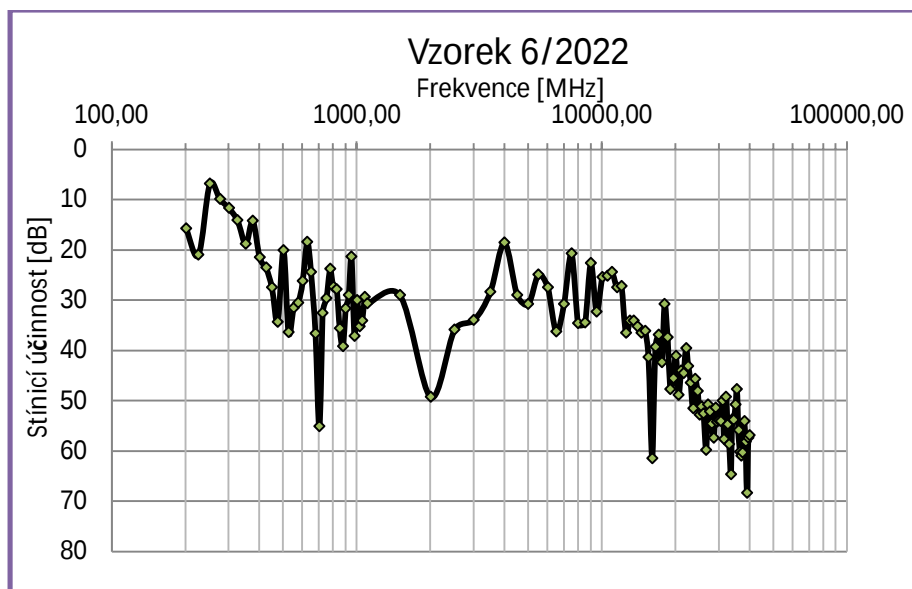


Obr. 13: EMC vzorku laminátu 5/2022 (frekvence – logaritmická stupnice)

Tabulka 13: Výsledky elektromagnetické kompatibility EMC vzorku laminátu 6/2022

Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]	Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]
201,00	15,7	6500,00	36,3
226,00	21,0	7000,00	30,8
251,00	6,9	7500,00	20,8
276,00	9,9	8000,00	34,6
301,00	11,7	8500,00	34,5
326,00	14,1	9000,00	22,6
351,00	18,8	9500,00	32,3
376,00	14,3	10000,00	25,4
401,00	21,6	10500,00	25,2
426,00	23,6	11000,00	24,4
451,00	27,5	11500,00	27,5
476,00	34,4	12000,00	27,3
501,00	20,1	12500,00	36,5
526,00	36,3	13000,00	34,1
551,00	31,6	13500,00	34,1
576,00	30,5	14000,00	35,2
601,00	26,3	14500,00	36,5
626,00	18,4	15000,00	36,2
651,00	24,5	15500,00	41,3
676,00	36,7	16000,00	61,5
701,00	55,1	16500,00	39,3
726,00	32,5	17000,00	36,9
751,00	29,7	17500,00	42,4
776,00	23,7	18000,00	30,8
801,00	27,4	18500,00	37,4
826,00	27,9	19000,00	47,7

851,00	35,7	19500,00	45,5
876,00	39,2	20000,00	41,1
901,00	31,7	21000,00	44,1
926,00	29,0	22000,00	39,5
951,00	21,3	23000,00	46,4
976,00	37,2	24000,00	45,7
1001,00	30,0	25000,00	52,9
1026,00	35,3	26000,00	52,6
1051,00	34,2	27000,00	50,8
1076,00	29,4	28000,00	54,6
1101,00	30,6	29000,00	51,5
1500,00	29,0	30000,00	54,0
2000,00	49,3	31000,00	50,0
2500,00	35,9	32000,00	49,3
3000,00	33,9	33000,00	58,6
3500,00	28,3	34000,00	53,7
4000,00	18,6	35000,00	50,7
4500,00	29,0	36000,00	55,9
5000,00	30,8	37000,00	60,9
5500,00	24,9	38000,00	54,1
6000,00	27,5	39000,00	68,4
		40000,00	56,8



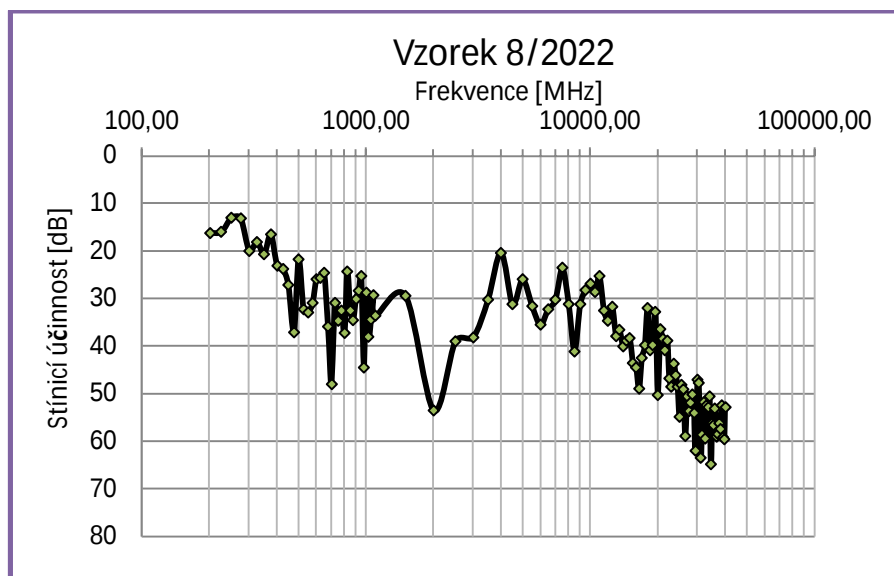
Obr. 14: EMC vzorku laminátu 6/2022 (frekvence – logaritmická stupnice)

Tabulka 14: Výsledky elektromagnetické kompatibility EMC vzorku laminátu 8/2022

Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]	Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]
201,00	16,2	6500,00	32,2
226,00	16,0	7000,00	30,3
251,00	13,0	7500,00	23,5

276,00	13,2
301,00	19,9
326,00	18,1
351,00	20,6
376,00	16,5
401,00	23,1
426,00	23,8
451,00	27,1
476,00	37,1
501,00	21,8
526,00	32,2
551,00	32,9
576,00	30,9
601,00	25,8
626,00	25,6
651,00	24,5
676,00	35,9
701,00	47,9
726,00	30,9
751,00	34,6
776,00	32,4
801,00	37,2
826,00	24,2
851,00	32,5
876,00	34,5
901,00	30,0
926,00	28,2
951,00	25,2
976,00	44,4
1001,00	28,7
1026,00	38,1
1051,00	34,3
1076,00	29,2
1101,00	33,6
1500,00	29,4
2000,00	53,5
2500,00	38,9
3000,00	38,1
3500,00	30,2
4000,00	20,3
4500,00	31,2
5000,00	25,9
5500,00	31,6
6000,00	35,5

8000,00	31,2
8500,00	41,0
9000,00	31,2
9500,00	28,2
10000,00	26,9
10500,00	28,6
11000,00	25,2
11500,00	32,5
12000,00	34,7
12500,00	31,6
13000,00	37,9
13500,00	36,5
14000,00	40,0
14500,00	38,8
15000,00	38,3
15500,00	43,5
16000,00	44,4
16500,00	48,9
17000,00	42,5
17500,00	39,8
18000,00	32,0
18500,00	40,9
19000,00	39,8
19500,00	32,8
20000,00	50,3
21000,00	38,5
22000,00	38,8
23000,00	48,5
24000,00	46,1
25000,00	54,8
26000,00	49,0
27000,00	50,6
28000,00	51,8
29000,00	54,1
30000,00	47,1
31000,00	63,5
32000,00	51,8
33000,00	52,5
34000,00	50,5
35000,00	56,2
36000,00	53,1
37000,00	58,4
38000,00	57,4
39000,00	59,1
40000,00	52,7



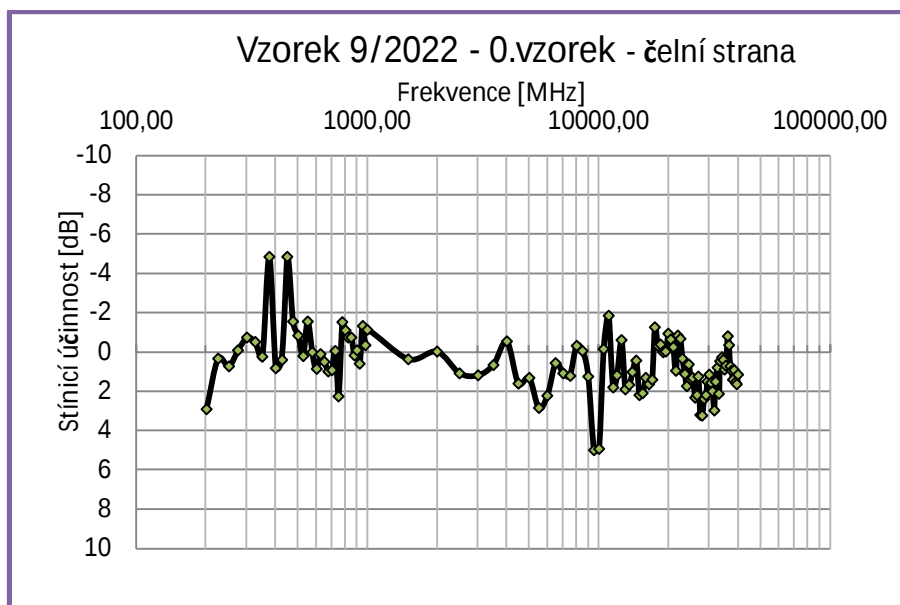
Obr. 15: EMC vzorku laminátu 8/2022 (frekvence – logaritmická stupnice)

Výsledky EMC základního - 0.vzorku (vzorek 9/2022) v kmitočtových pásmech 200 MHz-1 GHz, 1-18 GHz a 18-40 GHz jsou uvedeny v *tabulce 15* a *tabulce 16*, graficky na *obr. 16* a *obr. 17*.

Tabulka 15: Výsledky elektromagnetické kompatibility EMC základního-0.vzorku laminátu 9/2022- čelní strana

Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]	Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]
201,00	2,9	7500,00	1,2
226,00	0,3	8000,00	-0,3
251,00	0,7	8500,00	-0,1
276,00	-0,1	9000,00	1,2
301,00	-0,7	9500,00	5,0
326,00	-0,5	10000,00	4,9
351,00	0,2	10500,00	-0,2
376,00	-4,9	11000,00	-1,9
401,00	0,8	11500,00	1,8
426,00	0,4	12000,00	1,2
451,00	-4,9	12500,00	-0,6
476,00	-1,5	13000,00	1,9
501,00	-0,8	13500,00	1,7
526,00	0,2	14000,00	1,0
551,00	-1,5	14500,00	0,4
576,00	0,0	15000,00	2,2
601,00	0,9	15500,00	2,1
626,00	0,1	16000,00	1,3
651,00	0,5	16500,00	1,6
676,00	1,0	17000,00	1,4
701,00	0,9	17500,00	-1,3
726,00	0,0	18000,00	-0,3
751,00	2,2	18500,00	-0,4

776,00	-1,5	19000,00	0,0
801,00	-1,1	20000,00	-1,0
826,00	-0,8	21000,00	-0,2
851,00	-0,7	22000,00	-0,8
876,00	0,2	23000,00	0,3
901,00	-0,1	24000,00	1,7
926,00	0,6	25000,00	1,4
951,00	-1,3	26000,00	2,3
976,00	-0,4	27000,00	1,3
1000,00	-1,1	28000,00	3,2
1500,00	0,4	29000,00	2,2
2000,00	0,0	30000,00	1,1
2500,00	1,1	31000,00	2,0
3000,00	1,2	32000,00	1,5
3500,00	0,6	33000,00	2,1
4000,00	-0,5	34000,00	0,3
4500,00	1,6	35000,00	0,9
5000,00	1,3	36000,00	-0,8
5500,00	2,9	37000,00	0,7
6000,00	2,2	38000,00	1,4
6500,00	0,5	39000,00	1,6
7000,00	1,1	40000,00	1,1



Obr. 16: EMC vzorku laminátu 9/2022 - 0. vzorek - čelní strana (frekvence - logaritmická stupnice)

Tabulka 16: Výsledky elektromagnetické kompatibility EMC základního-0.vzorku laminátu 9/2022 – zadní strana

Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]	Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]
201,00	-0,5	7500,00	1,0
226,00	0,7	8000,00	-0,3

251,00	1,3	8500,00	-0,3
276,00	0,2	9000,00	0,9
301,00	-0,7	9500,00	6,0
326,00	-0,8	10000,00	5,1
351,00	0,1	10500,00	0,0
376,00	-4,4	11000,00	-1,6
401,00	0,7	11500,00	1,5
426,00	0,6	12000,00	1,1
451,00	-4,8	12500,00	-0,8
476,00	-1,6	13000,00	1,4
501,00	-0,6	13500,00	2,2
526,00	0,1	14000,00	1,1
551,00	-1,8	14500,00	0,4
576,00	0,0	15000,00	2,2
601,00	0,9	15500,00	1,7
626,00	0,1	16000,00	1,5
651,00	0,5	16500,00	1,5
676,00	0,7	17000,00	1,3
701,00	0,9	17500,00	-1,3
726,00	-0,1	18000,00	-0,1
751,00	2,4	18500,00	0,5
776,00	-1,3	19000,00	-0,1
801,00	-1,0	20000,00	-0,5
826,00	-1,0	21000,00	-0,5
851,00	-0,8	22000,00	-1,2
876,00	0,1	23000,00	-0,5
901,00	-0,1	24000,00	0,9
926,00	0,4	25000,00	1,3
951,00	-1,5	26000,00	3,1
976,00	0,0	27000,00	1,1
1000,00	-0,8	28000,00	3,9
1500,00	0,4	29000,00	2,8
2000,00	0,0	30000,00	1,6
2500,00	1,0	31000,00	1,6
3000,00	1,2	32000,00	1,9
3500,00	0,9	33000,00	3,1
4000,00	-0,6	34000,00	1,4
4500,00	1,5	35000,00	0,2
5000,00	1,4	36000,00	0,6
5500,00	2,8	37000,00	1,3
6000,00	2,2	38000,00	4,0
6500,00	0,7	39000,00	0,4
7000,00	1,2	40000,00	1,5



Obr. 17: EMC vzorku laminátu 9/2022 - 0. vzorek - zadní strana (frekvence – logaritmická stupnice)

Zkoušky stanovení útlumových vlastností na odraz a průchod elektromagnetického záření

Hodnoty vloženého útlumu na odraz ILR v závislosti na frekvenci v rámci měřicího rozsahu 2-18 GHz byly pro všechny měřené vzorky souhrnně zapsány do *tabulky 17*.

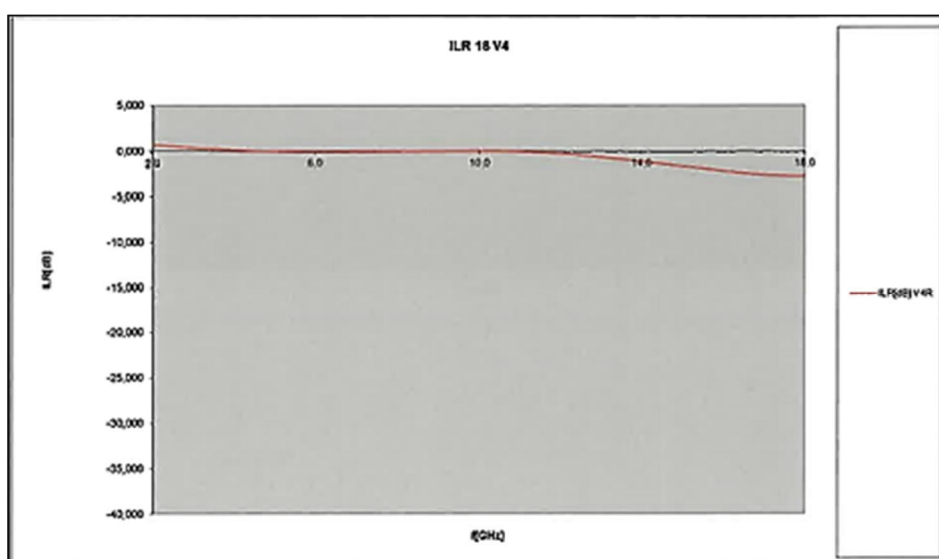
Vzorky byly v tomto měřicím rozsahu označeny jako V4R, V5R, V6R a V8R.

Graficky jsou výsledky znázorněny na *obr. 18 až obr. 21*.

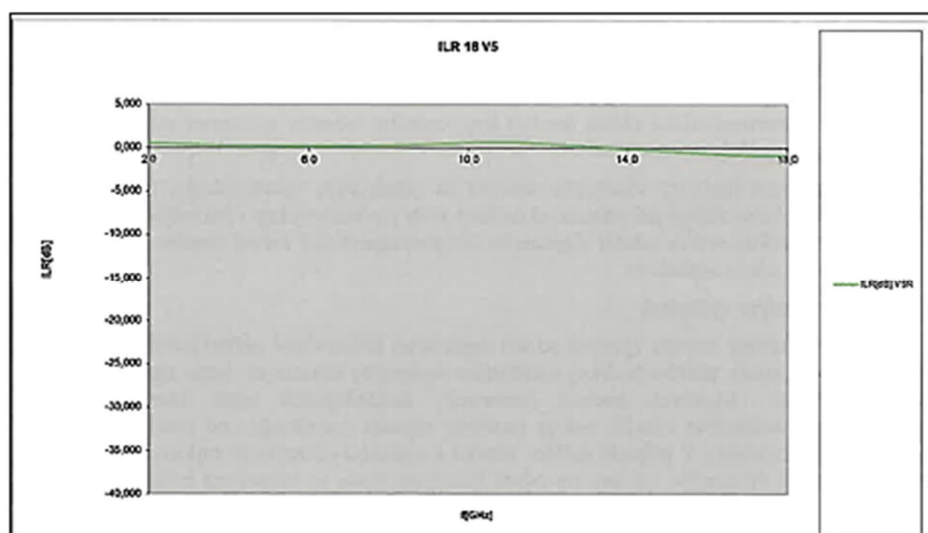
Tabulka 17: Výsledky vloženého útlumu na odraz ILR vzorků 4/2022 (V4R), 5/2022 (V5R), 6/2022 (V6R) a 8/2022 (V8R)

f [GHz]	ILR V4R [dB]	ILR V5R [dB]	ILR V6R [dB]	ILR V8R [dB]
2,0	0,666	0,527	0,216	1,155
2,5	0,528	0,443	0,071	1,065
3,0	0,369	0,361	-0,063	0,952
3,5	0,230	0,291	-0,172	0,845
4,0	0,097	0,245	-0,234	0,731
4,5	0,009	0,216	-0,257	0,647
5,0	-0,052	0,196	-0,271	0,590
5,5	-0,085	0,177	-0,276	0,575
6,0	-0,102	0,176	-0,283	0,612
6,5	-0,102	0,175	-0,318	0,673
7,0	-0,085	0,192	-0,354	0,761
7,5	-0,077	0,226	-0,409	0,857
8,0	-0,060	0,269	-0,474	0,954
8,5	-0,043	0,338	-0,524	1,054
9,0	-0,026	0,424	-0,556	1,138
9,5	-0,018	0,502	-0,561	1,208
10,0	-0,009	0,589	-0,509	1,272
10,5	-0,018	0,635	-0,429	1,320
11,0	-0,072	0,622	-0,356	1,318

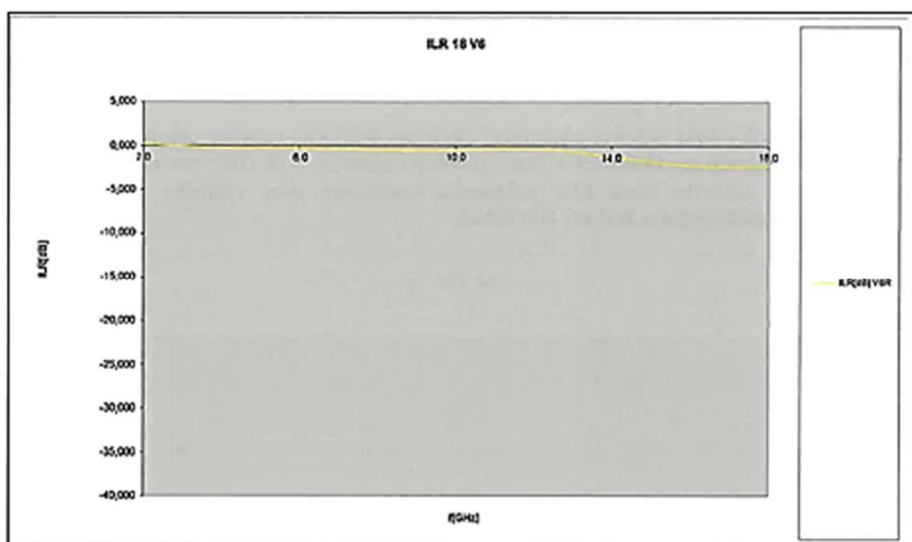
11,5	-0,163	0,556	-0,329	1,281
12,0	-0,291	0,453	-0,356	1,208
12,5	-0,464	0,305	-0,474	1,090
13,0	-0,673	0,156	-0,683	0,945
13,5	-0,901	0,009	-0,949	0,785
14,0	-1,139	-0,138	-1,267	0,618
14,5	-1,387	-0,267	-1,568	0,447
15,0	-1,652	-0,400	-1,849	0,268
15,5	-1,919	-0,530	-2,081	0,077
16,0	-2,189	-0,658	-2,245	-0,114
16,5	-2,429	-0,781	-2,348	-0,295
17,0	-2,612	-0,868	-2,375	-0,446
17,5	-2,718	-0,910	-2,360	-0,561
18,0	-2,754	-0,906	-2,303	-0,635



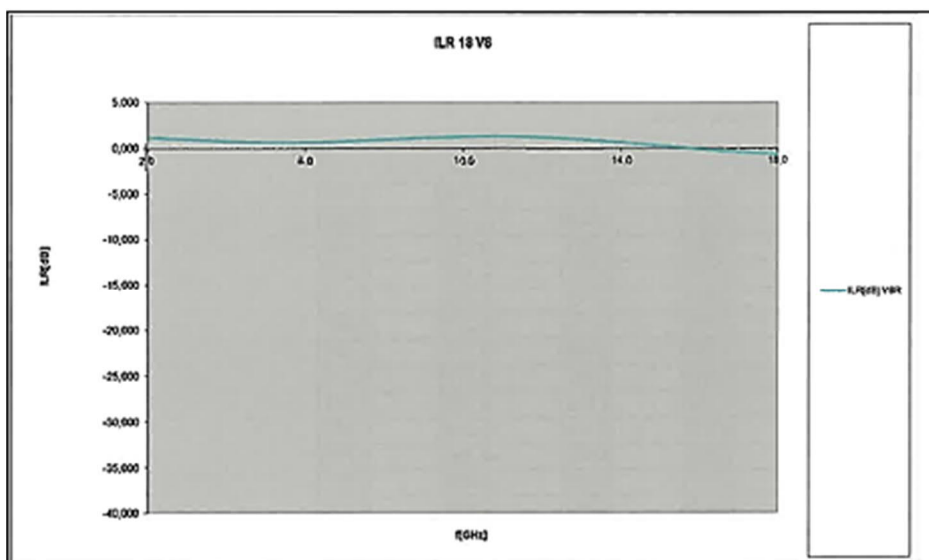
Obr. 18: Graf závislosti ILR na frekvenci u vzorku 4/2022 (V4R)



Obr. 19: Graf závislosti ILR na frekvenci u vzorku 5/2022 (V5R)



Obr. 20: Graf závislosti ILR na frekvenci u vzorku 6/2022 (V6R)



Obr. 21: Graf závislosti ILR na frekvenci u vzorku 8/2022 (V8R)

Hodnoty vloženého útlumu na odraz ILR v závislosti na frekvenci v rámci měřicího rozsahu 19-40 GHz byly pro všechny měřené vzorky souhrnně zapsány do *tabulky 18*.

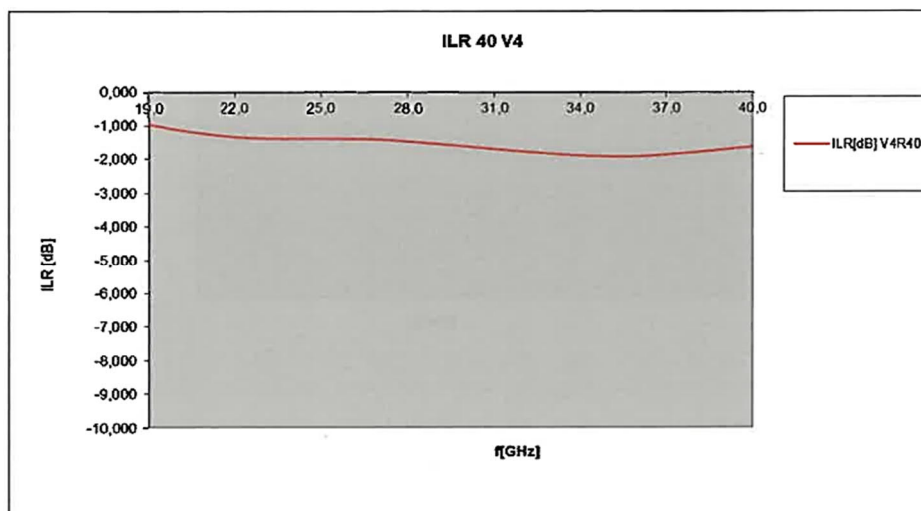
Vzorky byly v tomto měřicím rozsahu označeny jako V4R40, V5R40, V6R40 a V8R40.

Graficky jsou výsledky znázorněny na *obr. 22 až obr. 25*.

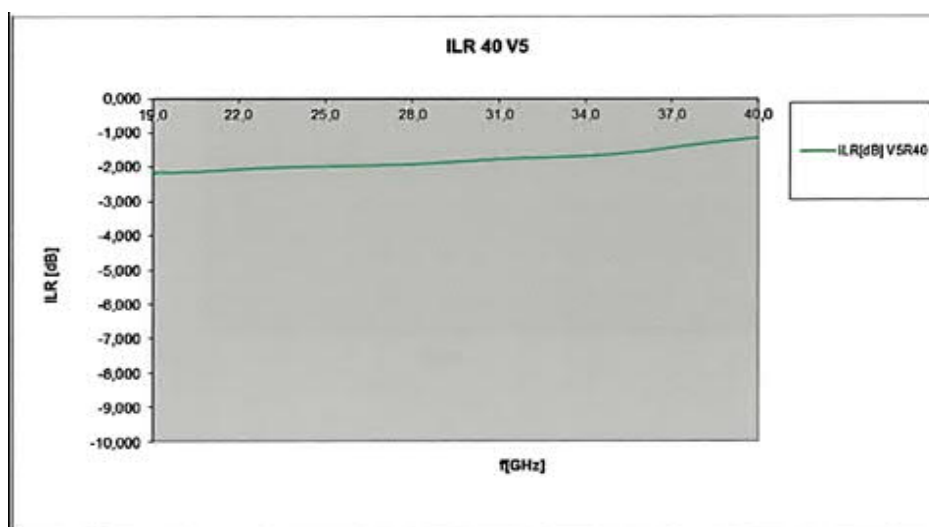
Tabulka 18: Výsledky vloženého útlumu na odraz ILR vzorků 4/2022 (V4R40), 5/2022 (V5R40), 6/2022 (V6R40) a 8/2022 (V8R40)

f [GHz]	ILR V4R40 [dB]	ILR V5R40 [dB]	ILR V6R40 [dB]	ILR V8R40 [dB]
19,0	-0,958	-2,157	-0,987	-1,404
20,0	-1,117	-2,151	-0,836	-1,540
21,0	-1,238	-2,111	-0,714	-1,627
22,0	-1,329	-2,067	-0,648	-1,669

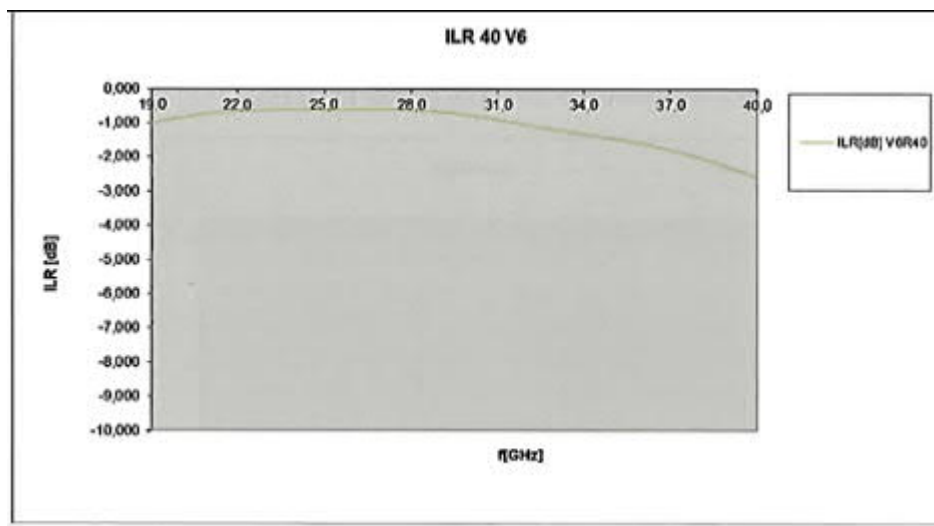
23,0	-1,369	-2,023	-0,611	-1,680
24,0	-1,378	-1,999	-0,601	-1,688
25,0	-1,377	-1,975	-0,601	-1,697
26,0	-1,385	-1,962	-0,600	-1,706
27,0	-1,406	-1,940	-0,591	-1,706
28,0	-1,465	-1,917	-0,609	-1,714
29,0	-1,535	-1,872	-0,664	-1,712
30,0	-1,608	-1,818	-0,757	-1,702
31,0	-1,691	-1,765	-0,890	-1,702
32,0	-1,765	-1,733	-1,045	-1,712
33,0	-1,831	-1,704	-1,183	-1,725
34,0	-1,886	-1,674	-1,314	-1,727
35,0	-1,910	-1,624	-1,448	-1,718
36,0	-1,904	-1,544	-1,585	-1,669
37,0	-1,854	-1,434	-1,768	-1,599
38,0	-1,783	-1,324	-1,999	-1,499
39,0	-1,701	-1,226	-2,272	-1,409
40,0	-1,620	-1,149	-2,566	-1,310



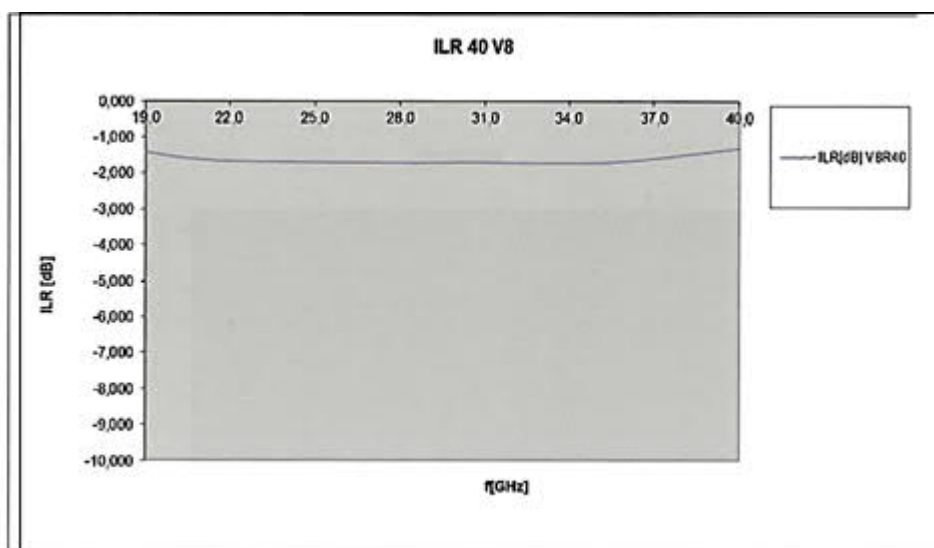
Obr. 22: Graf závislosti ILR na frekvenci u vzorku 4/2022 (V4R40)



Obr. 23: Graf závislosti ILR na frekvenci u vzorku 5/2022 (V5R40)



Obr. 24: Graf závislosti ILR na frekvenci u vzorku 6/2022 (V6R40)



Obr. 25: Graf závislosti ILR na frekvenci u vzorku 8/2022 (V8R40)

Hodnoty vloženého útlumu na průchod ILT v závislosti na frekvenci v rámci měřicího rozsahu 2-18 GHz byly pro všechny měřené vzorky souhrnně zapsány do *tabulky 19*.

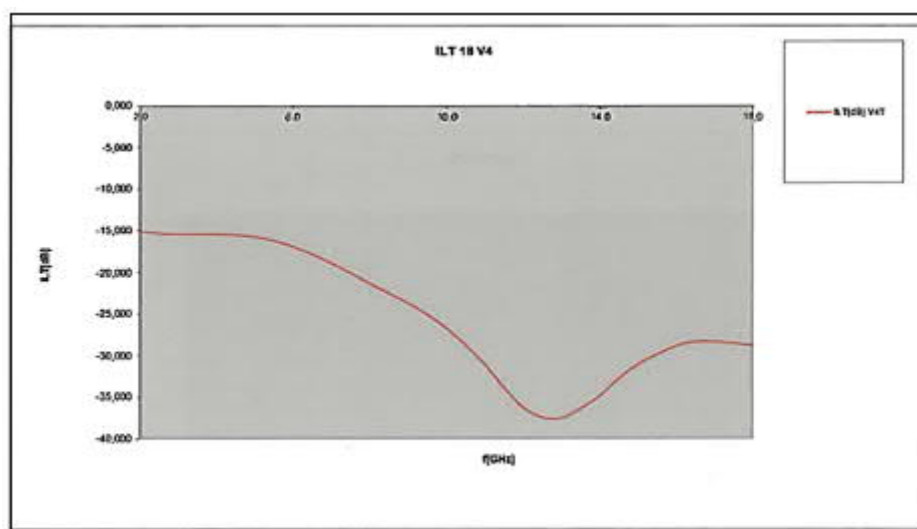
Vzorky byly v tomto měřicím rozsahu označeny jako V4T, V5T, V6T a V8T.

Graficky jsou výsledky znázorněny na *obr. 26 až obr. 29*.

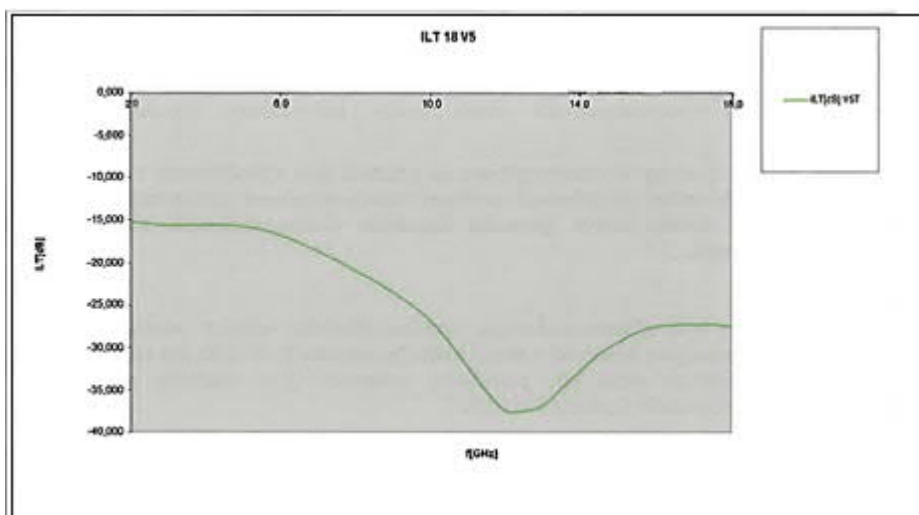
Tabulka 19: Výsledky útlumu na průchod ILT vzorků 4/2022 (V4T), 5/2022 (V5T), 6/2022 (V6T) a 8/2022 (V8T)

f [GHz]	ILT V4T [dB]	ILT V5T [dB]	ILT V6T [dB]	ILT V8T [dB]
2,0	-15,053	-15,148	-15,292	-15,488
2,5	-15,300	-15,398	-15,546	-15,748
3,0	-15,406	-15,555	-15,655	-15,860
3,5	-15,415	-15,563	-15,613	-15,868
4,0	-15,423	-15,522	-15,522	-15,876

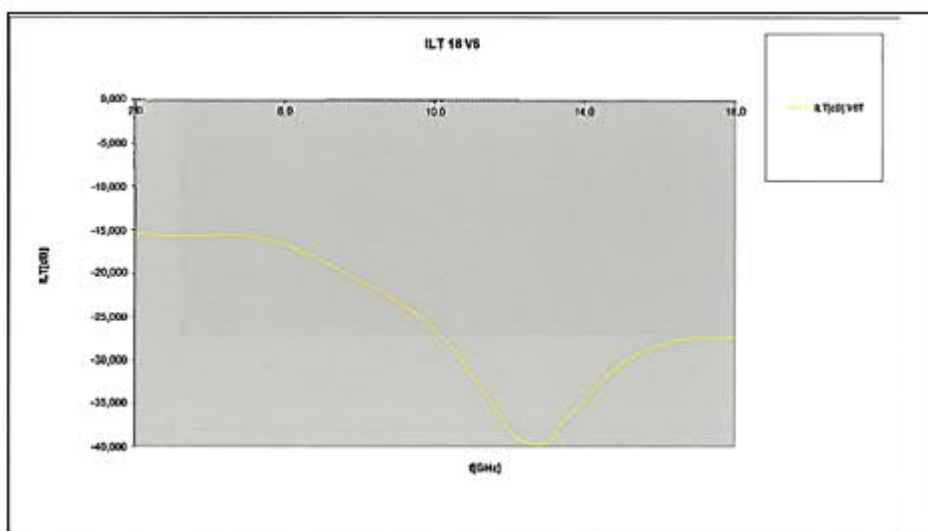
4,5	-15,480	-15,530	-15,480	-15,936
5,0	-15,739	-15,688	-15,638	-16,155
5,5	-16,209	-16,102	-15,997	-16,649
6,0	-16,935	-16,762	-16,649	-17,292
6,5	-17,857	-17,665	-17,476	-18,187
7,0	-18,953	-18,663	-18,522	-19,253
7,5	-20,126	-19,795	-19,634	-20,382
8,0	-21,386	-21,004	-20,820	-21,484
8,5	-22,532	-22,204	-21,992	-22,532
9,0	-23,724	-23,597	-23,227	-23,597
9,5	-25,105	-25,105	-24,667	-24,957
10,0	-26,749	-26,932	-26,395	-26,570
10,5	-28,787	-29,501	-28,787	-28,561
11,0	-31,143	-32,432	-31,763	-30,848
11,5	-33,946	-35,285	-34,816	-33,156
12,0	-36,308	-37,468	-38,112	-34,816
12,5	-37,460	-37,460	-39,554	-35,773
13,0	-37,443	-36,844	-39,538	-35,757
13,5	-36,267	-34,774	-36,827	-34,328
14,0	-34,741	-32,711	-34,741	-32,711
14,5	-32,678	-30,740	-32,323	-30,740
15,0	-30,992	-29,359	-30,413	-29,359
15,5	-29,836	-28,165	-29,080	-28,385
16,0	-28,808	-27,503	-28,351	-27,916
16,5	-28,325	-27,277	-27,681	-27,681
17,0	-28,308	-27,260	-27,460	-27,664
17,5	-28,534	-27,260	-27,460	-27,874
18,0	-28,774	-27,469	-27,469	-28,317



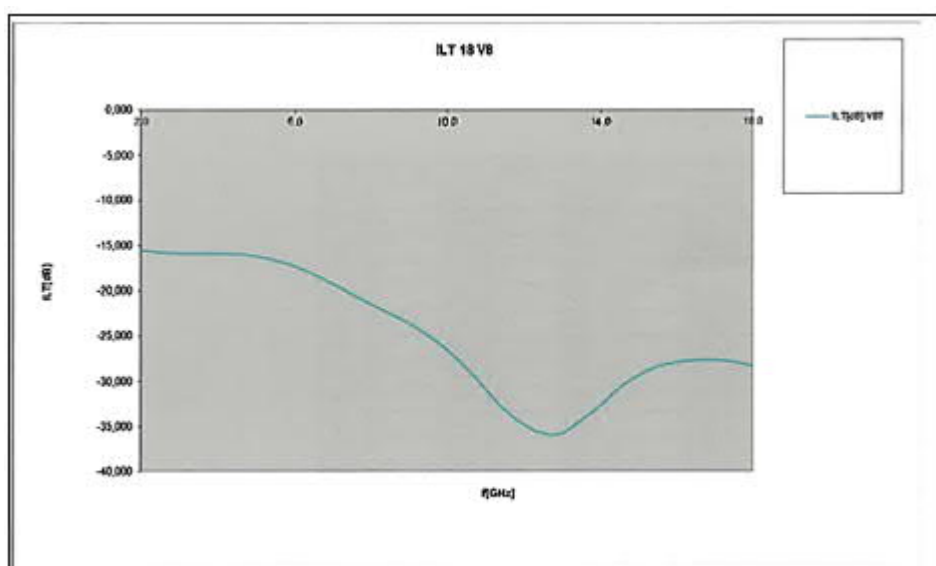
Obr. 26: Graf závislosti ILT na frekvenci u vzorku 4/2022 (V4T)



Obr. 27: Graf závislosti ILT na frekvenci u vzorku 5/2022 (V5T)



Obr. 28: Graf závislosti ILT na frekvenci u vzorku 6/2022 (V6T)



Obr. 29: Graf závislosti ILT na frekvenci u vzorku 8/2022 (V8T)

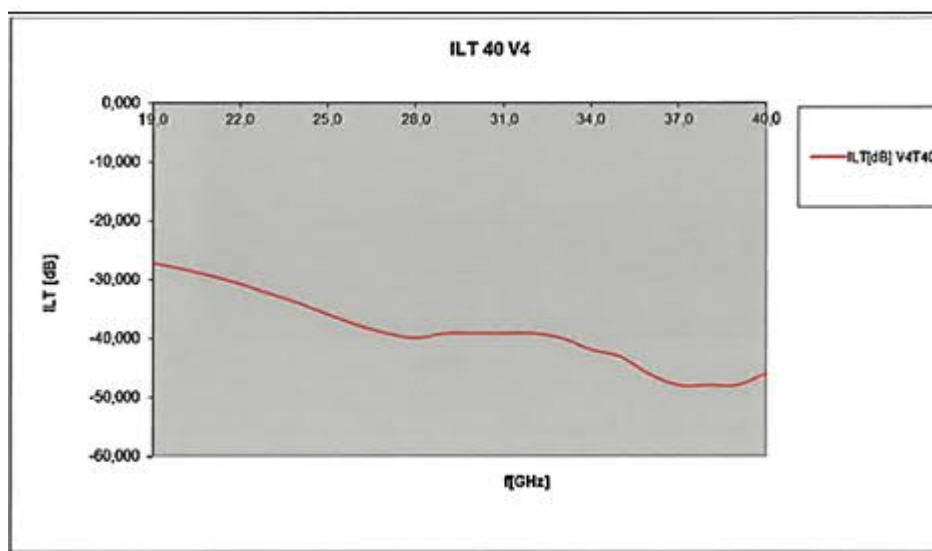
Hodnoty vloženého útlumu na průchod ILT v závislosti na frekvenci v rámci měřicího rozsahu 19-40 GHz byly pro všechny měřené vzorky souhrnně zapsány do *tabulky 20*.

Vzorky byly v tomto měřicím rozsahu označeny jako V4T40, V5T40, V6T40 a V8T40.

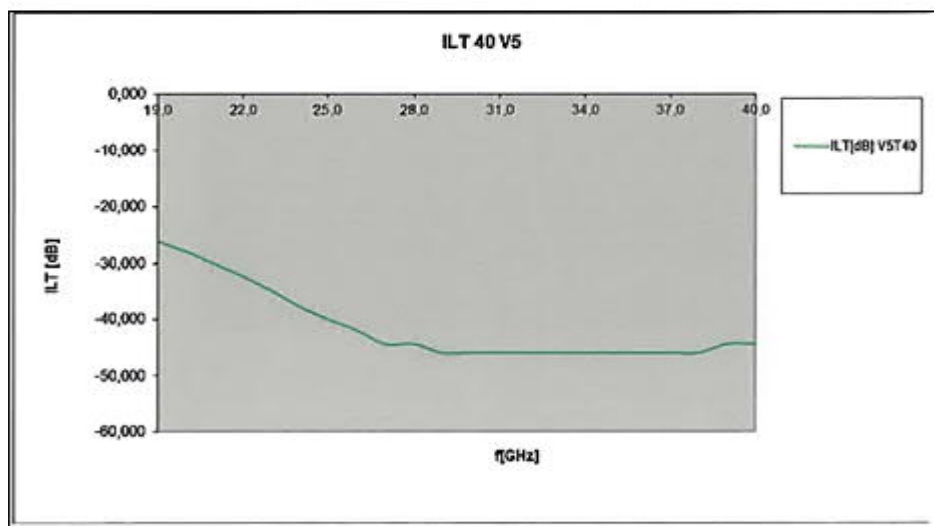
Graficky jsou výsledky znázorněny na *obr. 30 až obr. 33*.

Tabulka 20: Výsledky útlumu na průchod ILT vzorků 4/2022 (V4T40), 5/2022 (V5T40), 6/2022 (V6T40) a 8/2022 (V8T40)

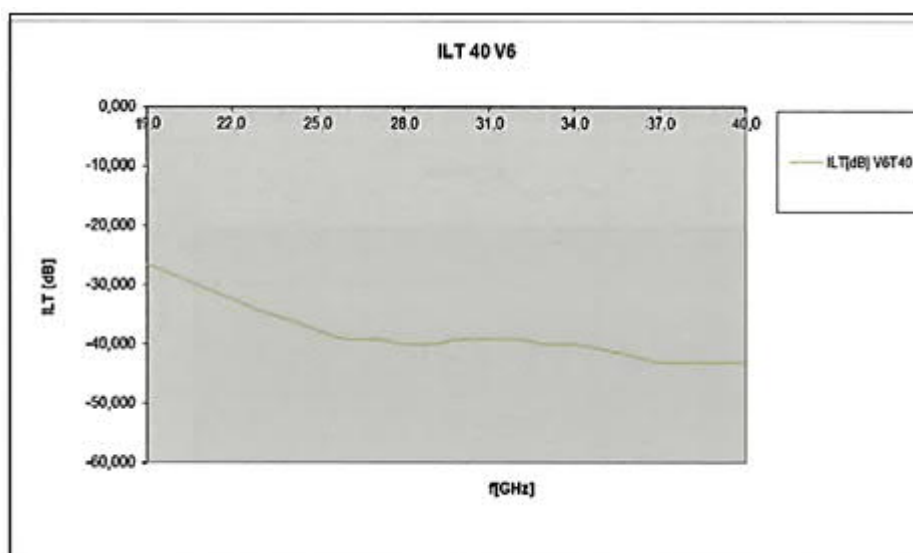
f [GHz]	ILT V4T40 [dB]	ILT V5T40 [dB]	ILT V6T40 [dB]	ILT V8T40 [dB]
19,0	-27,174	-26,239	-26,601	-27,374
20,0	-28,213	-27,993	-28,439	-28,671
21,0	-29,396	-30,199	-30,484	-29,923
22,0	-30,769	-32,413	-32,413	-31,074
23,0	-32,404	-34,903	-34,434	-32,774
24,0	-33,988	-37,730	-35,926	-34,434
25,0	-35,918	-40,000	-37,721	-35,918
26,0	-37,721	-41,938	-39,172	-38,416
27,0	-39,163	-44,428	-39,163	-39,991
28,0	-39,983	-44,420	-39,983	-40,898
29,0	-39,155	-46,003	-39,983	-41,921
30,0	-39,155	-46,003	-39,155	-43,081
31,0	-39,155	-46,003	-39,155	-44,420
32,0	-39,155	-46,003	-39,155	-46,003
33,0	-39,991	-46,012	-39,991	-47,950
34,0	-41,930	-46,012	-39,991	-47,950
35,0	-43,089	-46,012	-40,906	-47,950
36,0	-46,012	-46,012	-41,930	-50,449
37,0	-47,950	-46,012	-43,089	-50,449
38,0	-47,950	-46,012	-43,089	-47,950
39,0	-47,950	-44,428	-43,089	-47,950
40,0	-46,012	-44,428	-43,089	-46,012



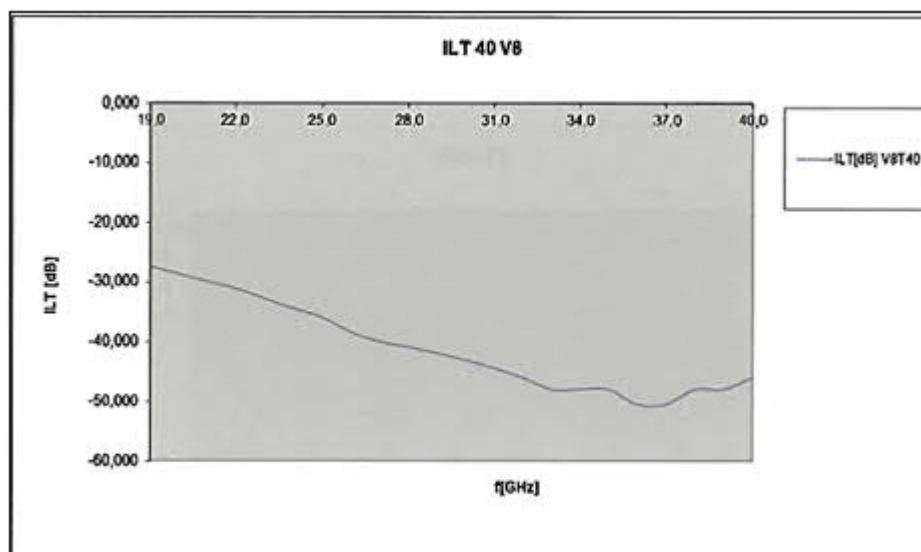
Obr. 30: Graf závislosti ILT na frekvenci u vzorku 4/2022 (V4T40)



Obr. 31: Graf závislosti ILT na frekvenci u vzorku 5/2022 (V5T40)



Obr. 32: Graf závislosti ILT na frekvenci u vzorku 6/2022 (V6T40)



Obr. 33: Graf závislosti ILT na frekvenci u vzorku 8/2022 (V8T40)

V rámci rozsahu frekvencí elektromagnetického záření 2-18 GHz byly zjištěny mezní hodnoty vložného útlumu na odraz uvedené v tabulce 21.

Tabulka 21: Mezní hodnoty vložného útlumu na odraz v rozsahu frekvencí 2 GHz-18 GHz

	ILR V4R [dB]	ILR V5R [dB]	ILR V6R [dB]	ILR V8R [dB]
Nejmenší vložný útlum na odraz	0,666	0,635	0,216	1,320
Největší vložný útlum na odraz	-2,754	-0,910	-2,375	-0,635

V rámci rozsahu frekvencí elektromagnetického záření 19-40 GHz byly zjištěny mezní hodnoty vložného útlumu na odraz uvedené v tabulce 22.

Tabulka 22: Mezní hodnoty vložného útlumu na odraz v rozsahu frekvencí 19 GHz-40 GHz

	ILR V4R40 [dB]	ILR V5R40 [dB]	ILR V6R40 [dB]	ILR V8R40 [dB]
Nejmenší vložný útlum na odraz	-0,958	-1,149	-0,591	-1,310
Největší vložný útlum na odraz	-1,910	-2,157	-2,566	-1,727

V rámci rozsahu frekvencí elektromagnetického záření 2-18 GHz byly zjištěny mezní hodnoty vložného útlumu na průchod uvedené v tabulce 23.

Tabulka 23: Mezní hodnoty vložného útlumu na průchod v rozsahu frekvencí 2 GHz-18 GHz

	ILT V4T [dB]	ILT V5T [dB]	ILT V6T [dB]	ILT V8T [dB]
Nejmenší vložný útlum na průchod	-15,053	-15,148	-15,292	-15,488
Největší vložný útlum na průchod	-37,460	-37,468	-39,554	-35,773

V rámci rozsahu frekvencí elektromagnetického záření 19-40 GHz byly zjištěny mezní hodnoty vložného útlumu na průchod uvedené v tabulce 24.

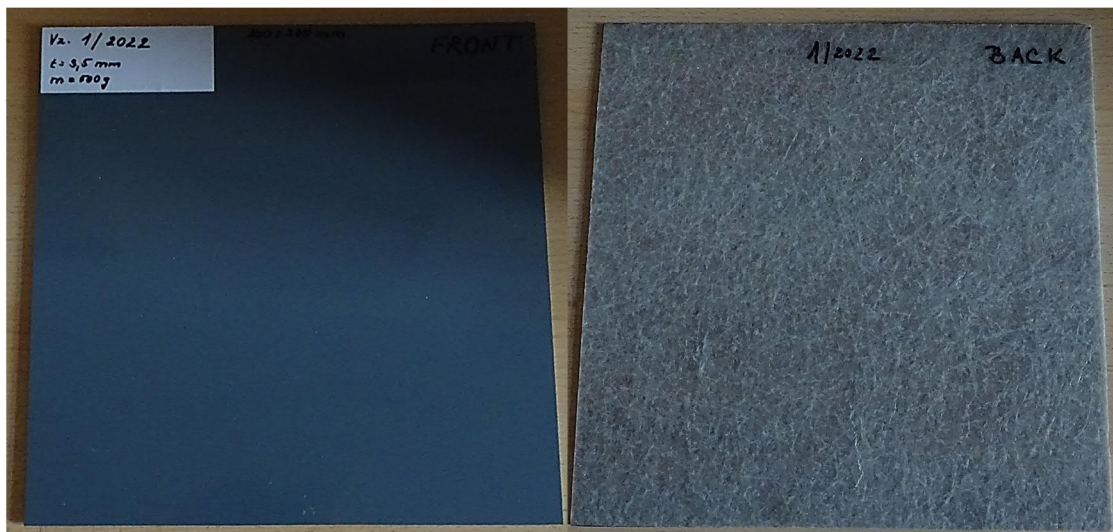
Tabulka 24: Mezní hodnoty vložného útlumu na průchod v rozsahu frekvencí 19 GHz-40 GHz

	ILT V4T40 [dB]	ILT V5T40 [dB]	ILT V6T40 [dB]	ILT V8T40 [dB]
Nejmenší vložný útlum na průchod	-27,174	-26,239	-26,601	-27,374
Největší vložný útlum na průchod	-47,950	-46,012	-43,089	-50,449

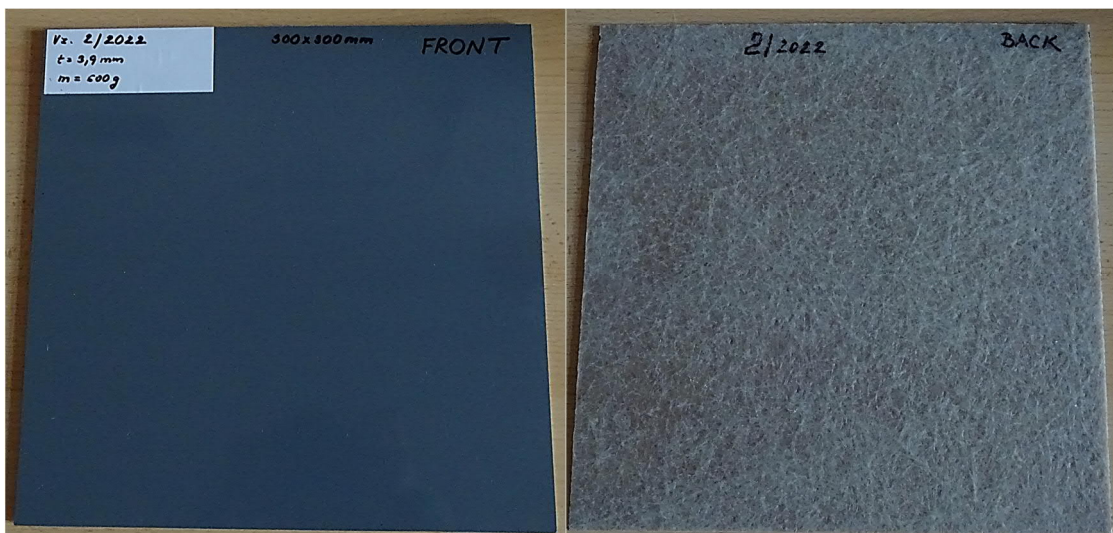
Z výsledků zkoušek EMC je patrné, že největších hodnot stínící účinnosti až 60 dB v rámci měřených vzorků hybridních laminátů bylo dosaženo u vzorku 6/2022, naproti tomu stínící účinnost základního - 0. vzorku (vzorek 9/2022) byla v celém měřeném kmitočtovém pásmu velmi blízká 0 dB.

Výsledky zkoušek stanovení útlumových vlastností na odraz a průchod elektromagnetického záření ukázaly, že zkoušené materiály se jeví v podstatě jako nepropustné pro dopadající elektromagnetické záření v rámci použitých rozsahů frekvencí 2-18 GHz a 19-40 GHz (o tom svědčí vysoké hodnoty útlumu na průchod) a dále jako významně odrazné pro dopadající elektromagnetické záření v uvedených pásmech frekvencí (o tom svědčí relativně nízké hodnoty útlumu na odraz nepřevyšující směrem do mínusových hodnot -3 dB).

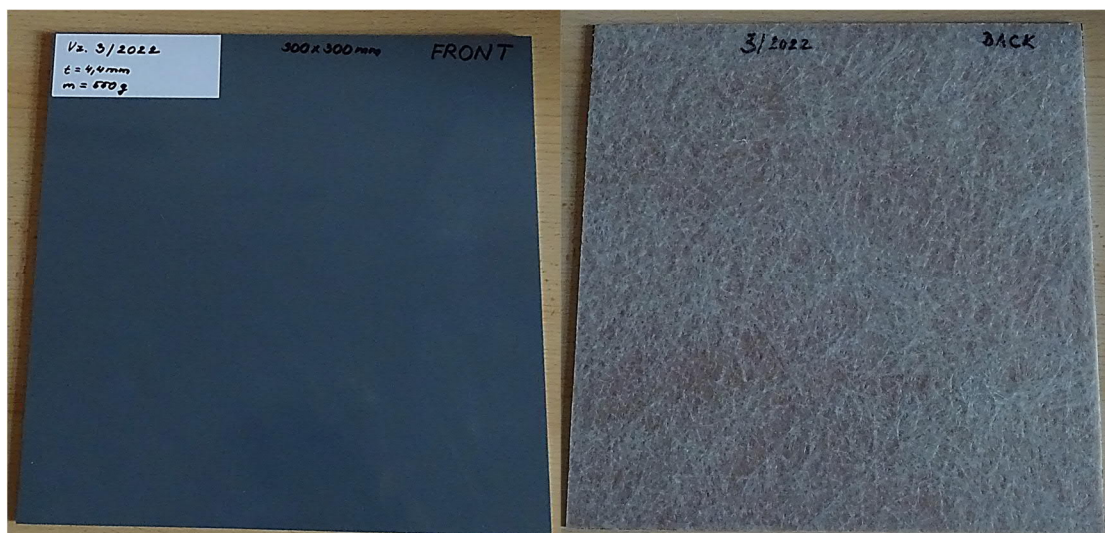
Vzorky jsou zobrazeny na obr. 34 až obr. 42.



Obr. 34: Vzorek 1/2022 pro zkoušky EMC



Obr. 35: Vzorek 2/2022 pro zkoušky EMC



Obr. 36: Vzorek 3/2022 pro zkoušky EMC



Obr. 37: Vzorek 4/2022 pro zkoušky EMC



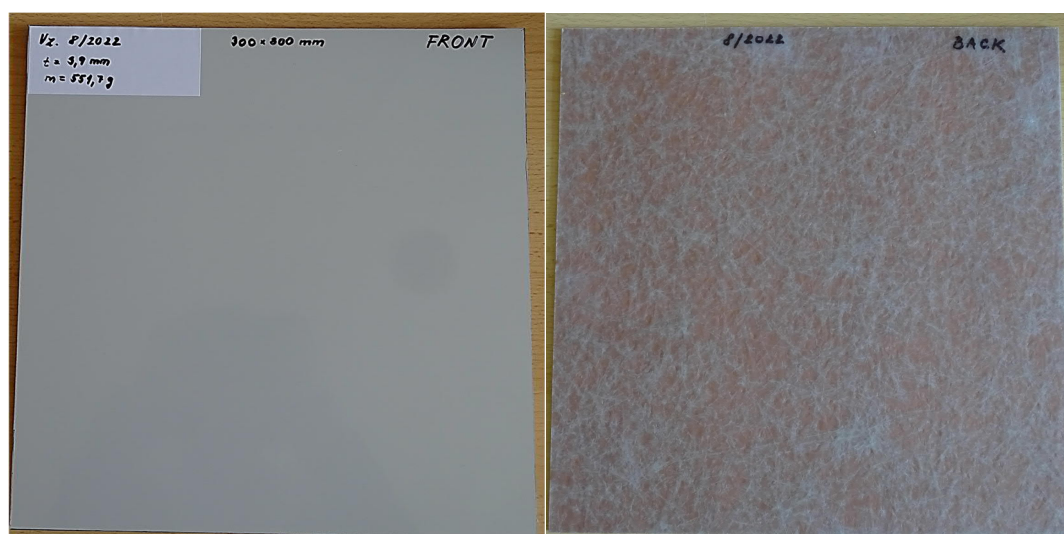
Obr. 38: Vzorek 5/2022 pro zkoušky EMC



Obr. 39: Vzorek 6/2022 pro zkoušky EMC



Obr. 40: Vzorek 7/2022 pro zkoušky EMC



Obr. 41: Vzorek 8/2022 pro zkoušky EMC



Obr. 42: Vzorek 9/20220 (základní – 0. vzorek) pro zkoušky EMC

Podrobněji jsou zkoušky popsány v Příloze 2.

4. Fáze 3 – testování prototypu

Na základě výsledků zkoušek ve fázi 2 bylo pro přípravu prototypu „hybridního laminátu s elektromagnetickým cloněním“ vybráno řešení hybridního laminátu označené jako 6/2022. Toto řešení vykazuje největší hodnoty útlumu elektromagnetického záření a jeví se v podstatě jako nepropustné pro dopadající elektromagnetické záření v rámci použitých rozsahů frekvencí 2-18 GHz a 19-40 GHz.

Stínicí účinnost řešení hybridního laminátu 6/2022 byla ověřována opakovanou zkouškou. Vzorek pro prototyp byl připraven OMB composites EU a. s. v plošném rozměru 320 x 320 mm, který je standardním rozměrem metody měření pro zkoušku EMC laminátů.

4.1 Údaje o vzorcích

Parametry a složení vzorku hybridního laminátu jsou uvedeny v tabulce 25.

Tabulka 25: Parametry a složení vzorku prototypu

Označení vzorku	Označení vzorku v grafech dle protokolu	Rozměr vzorku [mm]	Plošná hmotnost vzorku AW [kg.m ⁻²]	Složení vzorku
P3	P3/2023	320 x 320 x 4,6	6,9	gelcoat OLDOPAL S250 V emulzní rohož ze sekaných vláken BN 300 g/m ² emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² BOJAN MEFTEX 30 emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² pryskyřice FIRESTOP 8175- W-1

4.2 Provedení zkoušek

Zkoušky měření *elektromagnetické kompatibility (EMC)* vzorku laminátu byly prováděny modifikovanou metodou vycházející z normy IEEE Std 299-2006 umístěním vzorku do čtvercového okna s upínacím rámem ve stěně měřicí stíněné komory, která umožňuje měřit stínící účinnost v rozsahu 0 - 60 dB (případně až 70 dB).

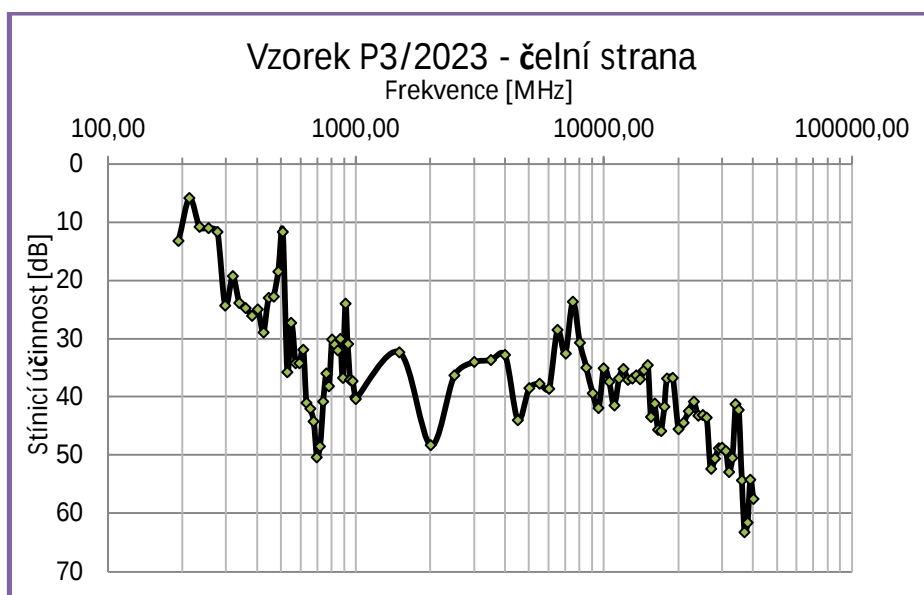
4.3 Výsledky

Výsledky EMC vzorku prototypu P3 v kmitočtových pásmech 200 MHz-1 GHz, 1-18 GHz a 18-40 GHz z čelní strany vzorku jsou uvedeny v *tabulce 26*, ze zadní strany vzorku v *tabulce 27*. Graficky jsou výsledky znázorněny na *obr. 43* a *obr. 44*.

Tabulka 26: Výsledky elektromagnetické kompatibility EMC vzorku prototypu P3 – čelní strana

Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]	Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]
192,00	13,2	2500,00	36,3
213,00	5,8	3000,00	34,0
234,00	10,8	3500,00	33,7
255,00	10,9	4000,00	32,7
276,00	11,6	4500,00	43,9
297,00	24,2	5000,00	38,5
318,00	19,2	5500,00	37,7
339,00	23,8	6000,00	38,6
360,00	24,7	6500,00	28,4
381,00	26,0	7000,00	32,5
402,00	25,0	7500,00	23,6
423,00	28,9	8000,00	30,7
444,00	22,9	8500,00	34,9
465,00	22,7	9000,00	39,4
486,00	18,4	9500,00	41,9
507,00	11,6	10000,00	35,0
528,00	35,7	10500,00	37,4
549,00	27,2	11000,00	41,4
570,00	34,2	11500,00	36,8
591,00	34,2	12000,00	35,1
612,00	31,8	12500,00	37,0
633,00	41,0	13000,00	36,8
654,00	42,0	13500,00	36,3
675,00	44,2	14000,00	36,9
696,00	50,3	14500,00	35,4
717,00	48,5	15000,00	34,5
738,00	40,8	15500,00	43,4
759,00	36,0	16500,00	45,6
780,00	38,1	17500,00	41,7
801,00	30,1	19000,00	36,6

822,00	31,0	21000,00	44,3
843,00	32,0	23000,00	40,8
864,00	30,0	25000,00	43,0
885,00	36,7	27000,00	52,3
906,00	24,0	29000,00	48,7
927,00	30,8	31000,00	49,3
948,00	37,1	33000,00	50,5
969,00	37,2	35000,00	42,2
990,00	40,0	37000,00	63,2
1000,00	40,3	39000,00	54,2
1500,00	32,3	40000,00	57,5
2000,00	48,2		

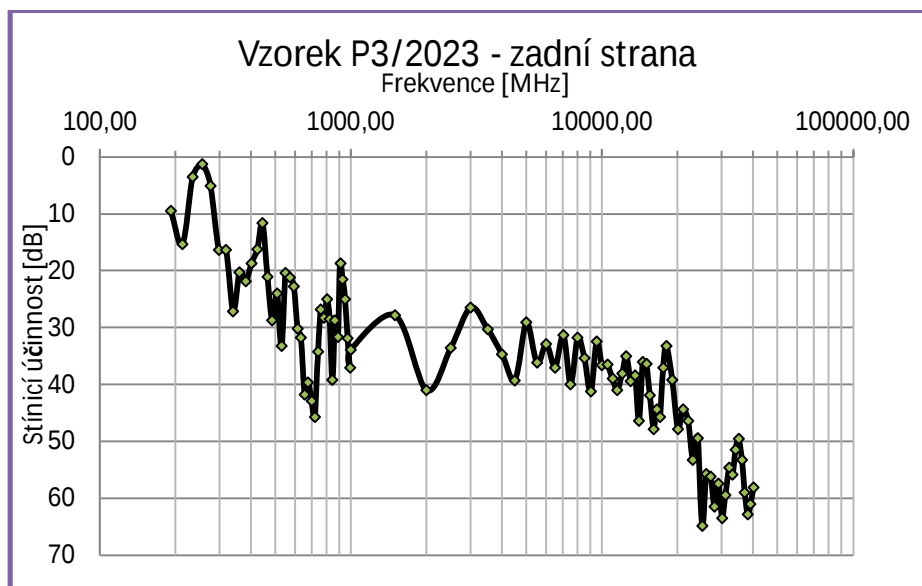


Obr. 43: EMC vzorku laminátu P3/2023 – čelní strana (frekvence – logaritmická stupnice)

Tabulka 27: Výsledky elektromagnetické kompatibility EMC vzorku prototypu P3 – zadní strana

Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]	Frekvence [MHz]	Stínící účinnost [dB]
192,00	9,5	2500,00	33,5
213,00	15,3	3000,00	26,4
234,00	3,4	3500,00	30,3
255,00	1,2	4000,00	34,7
276,00	5,1	4500,00	39,2
297,00	16,3	5000,00	29,0
318,00	16,3	5500,00	36,1
339,00	27,1	6000,00	32,8
360,00	20,2	6500,00	37,0
381,00	21,8	7000,00	31,2
402,00	18,6	7500,00	39,9
423,00	16,2	8000,00	31,7
444,00	11,6	8500,00	35,3
465,00	21,0	9000,00	41,2

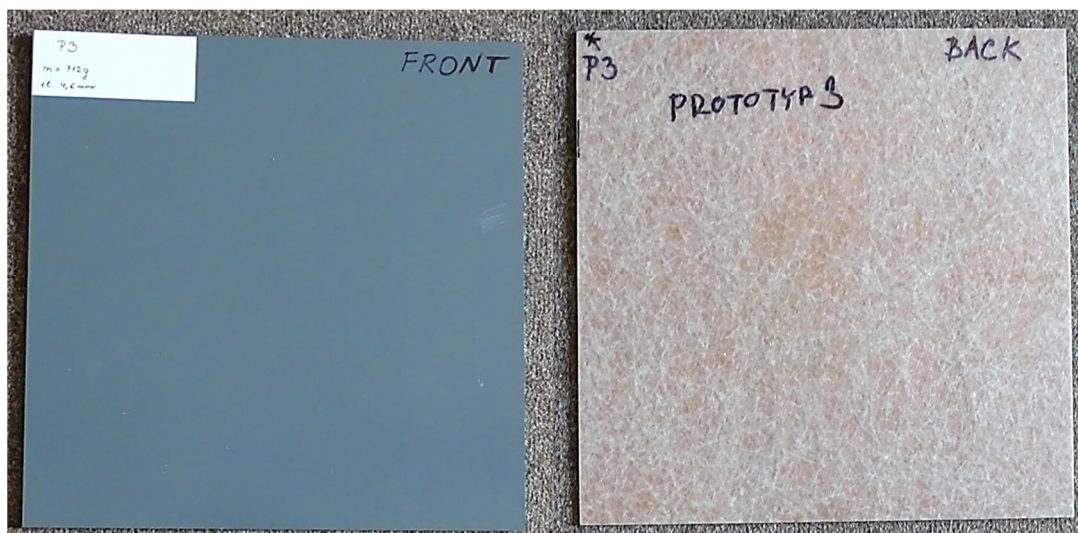
486,00	28,6	9500,00	32,3
507,00	24,0	10000,00	36,5
528,00	33,1	10500,00	36,5
549,00	20,4	11000,00	38,9
570,00	21,1	11500,00	40,9
591,00	22,7	12000,00	38,0
612,00	30,2	12500,00	35,0
633,00	31,7	13000,00	39,4
654,00	41,8	13500,00	38,4
675,00	39,5	14000,00	46,3
696,00	42,8	14500,00	36,0
717,00	45,6	15000,00	36,3
738,00	34,1	15500,00	41,8
759,00	26,8	16500,00	44,3
780,00	28,2	17500,00	37,0
801,00	25,0	19000,00	39,1
822,00	28,4	21000,00	44,3
843,00	39,1	23000,00	53,2
864,00	28,7	25000,00	64,8
885,00	31,6	27000,00	56,1
906,00	18,6	29000,00	57,4
927,00	21,5	31000,00	59,4
948,00	24,9	33000,00	55,8
969,00	31,8	35000,00	49,5
990,00	37,0	37000,00	58,9
1000,00	33,8	39000,00	61,0
1500,00	27,8	40000,00	58,0
2000,00	41,0		



Obr. 44: EMC vzorku laminátu P3/2023 – zadní strana (frekvence – logaritmická stupnice)

Výsledky ukázaly, že vzorek P3 (označený také jako P3/2023) hybridního laminátu vykazuje jmenovité hodnoty stínící účinnosti pro kmitočtový rozsah do 1 GHz až 50 dB, 1 – 18 GHz v rozsahu 23 – 46 dB a 18 – 40 GHz v rozsahu 36 – 63 dB.

Vzorek je zobrazen na *obr. 45*.



Obr. 45: Vzorek P3 (P3/2023) pro zkoušky EMC

Podrobněji jsou zkoušky popsány v Příloze 3.

5. Finální řešení

PROTOTYP 3 „Hybridní laminát s elektromagnetickým cloněním“ má parametry a složení uvedené v *tabulce 28*.

Tabulka 28: Parametry a složení PROTOTYPU 3 „Hybridní laminát s elektromagnetickým cloněním“

PROTOTYP 3 „Hybridní laminát s elektromagnetickým cloněním“	Plošná hmotnost vzorku AW [kg.m ⁻²]	Složení vzorku
	6,9	gelcoat OLDOPAL S250 V emulzní rohož ze sekaných vláken BN 300 g/m ² emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² BOJAN MEFTEX 30 emulzní rohož ze sekaných vláken BN 450 g/m ² pryskyřice FIRESTOP 8175- W-1

Prototyp 3 „Hybridní laminát s elektromagnetickým cloněním“ je primárně určen pro ochranu osob nebo citlivých přístrojů před účinkem elektromagnetického záření v civilních dopravních prostředcích.

Klíčový úspěch řešení prototypu spočívá ve zvýšení jeho stínicí účinnosti v porovnání se základním - 0. vzorkem až o 63 dB při současném zachování stávající hmotnosti a tloušťky komerčně vyráběných laminátových dílů, na které se OMB composites EU a. s. specializuje. Takové řešení prototypu umožňuje jeho okamžité zařazení do portfolia nabízených laminátových dílů pro producenty dopravních prostředků.

6. Seznam příloh

1. Příloha 1 – vývoj prototypu – zkoušky prvotních vzorků
 - *Protokol o zkoušce 194300-032/2021*
 - *Protokol o zkoušce 194300-125/2021*
2. Příloha 2 - vývoj prototypu – zkoušky perspektivních vzorků
 - *Protokol o zkoušce 194300-096/2021*
 - *Protokol o zkoušce 194300-279/2022*
 - *Protokol o zkoušce SSEM/006/2022-VVÚ*
 - *Protokol o zkoušce SSEM/007/2022-VVÚ*
3. Příloha 3 – testování prototypu
 - *Protokol o zkoušce 194300-090/2023*