VAJA 1: Zvonjenje kabla

Uporabljen tip kabla: LG58

Karakteristična impedanca kabla: Z_k = 50

Faktor hitrosti kabla: v/c_0 = 0,66

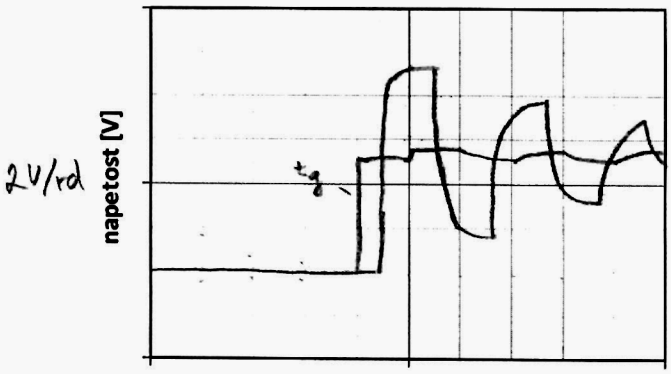
Odbojnosti pri različnih impedancah generatorja in bremena:

Z_g	Γ_g	Z_b	Γ_b
0	-1	0	1
50	0	50	0
75	0,2	100	0,3
100	0,3	∞	1

$$= \frac{Z_g - Z_b}{Z_g + Z_k}$$

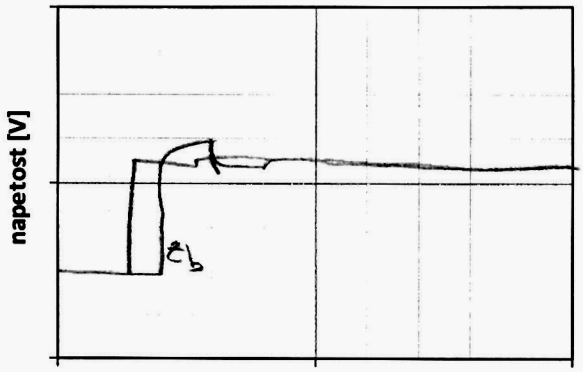
Različni časovni poteki napetosti na generatorju in bremenu

Zg = K.S., Zb = O.S.



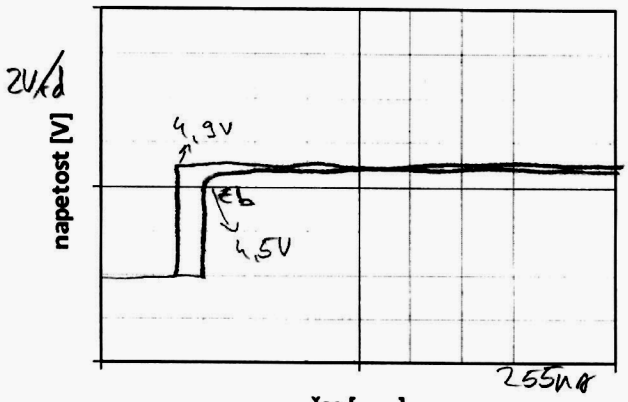
Γ_g	Γ_b	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7	U_8
		9,3	+1,7	7,9	-2,8	6,8	+3,6	6	4,1

Zg = K.S., Zb = 100



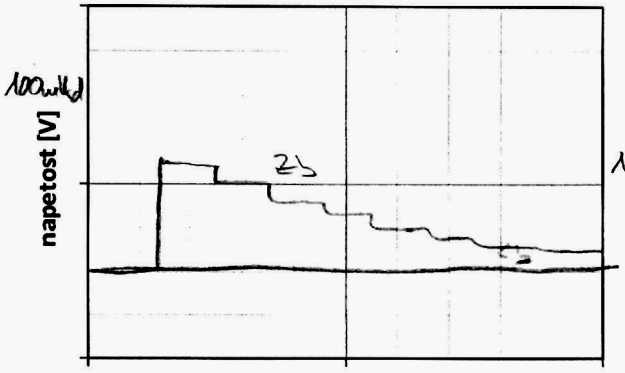
Γ_g	Γ_b	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7	U_8
		5,9	4,5	4,8	4,5				

Zg = K.S., Zb = 50



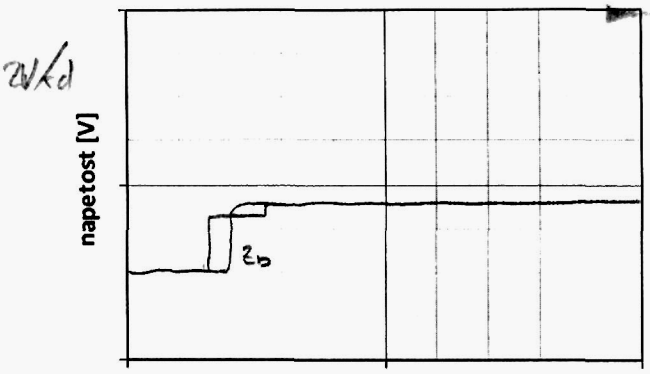
Γ_g	Γ_b	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7	U_8
		4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5

Zg = K.S., Zb = K.S.



Γ_g	Γ_b	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7	U_8
-1	-1	475	393	318	250	193	156	118	

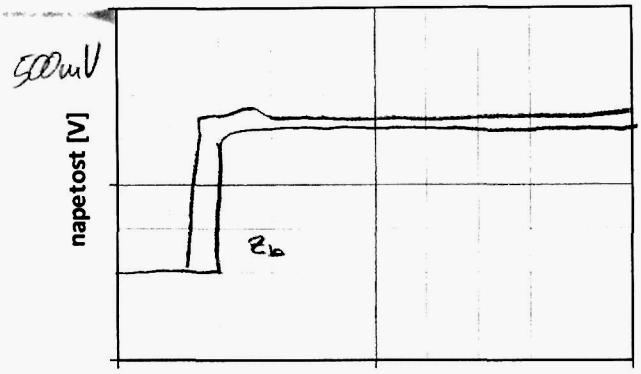
Zg = 50 **, Zb =** 100



čas [ ]

Γ_g	Γ_b	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7	U_8
		3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Zg = 100 **, Zb =** 50



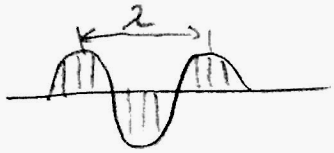
čas [ ] 10 ns/d

Γ_g	Γ_b	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7	U_8
		1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8

1. **Izračunaj dolžino kabla.**
2. **Izračunaj izgube kabla.**
3. **Izračunaj odbojnost in impedanco "kratkega stika" generatorja.**

VAJA 2: Stojni val

sin 3GHz
⎍⎍ 1kHz



Frekvenca signala: $f =$ 3GHz

Valovna dolžina: $\lambda =$ 0,1m

$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{3 \cdot 10^9} \frac{m}{Hz \cdot s}$

$\lambda = 0{,}1\ m$

$Hz = \frac{1}{s}$

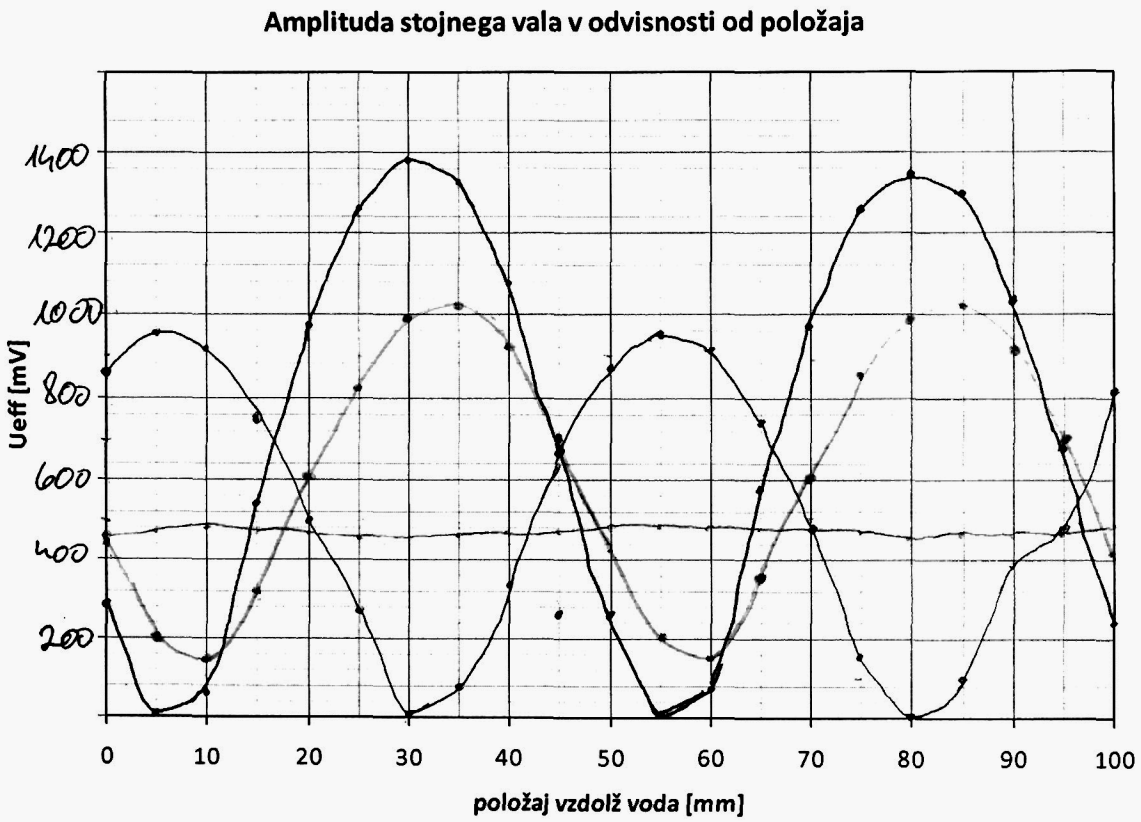
Meritve:

položaj [mm]	U_{eff} [mV]			
	O.S. (∞)	K.S. (0Ω)	50Ω	100Ω
0	291	866	483	441
5	8	969	487	205
10	147	937	489	154
15	566	777	486	322
20	970	505	481	613
25	1250	185	475	837
30	1380	7,4	470	990
35	1324	8,7	468	1015
40	1085	361	470	916
45	706	661	475	694
50	258	873	482	421
55	5,4	969	486	194
60	170	933	487	157
65	590	764	484	343
70	981	471	479	604
75	1259	172	473	848
80	1363	4,7	469	993
85	1298	106	468	1013
90	1053	392	471	803
95	674	680	476	689
100	230	882	482	409

100

ne pride do ~~odb~~ odbojev valja ker je $Z_L = R_0$

Grafi:



KS

50 Ω

OS

100 Ω

VAJA 3: Frekvenčna odvisnost slabljenja in faznega zasuka kabla

Uporabljen tip kabla: RG58

Faktor hitrosti kabla: $v/c_0 = 0{,}66$

Meritve:

$P_b - P_g$

	Slabljenje kabla			Fazni zasuk kabla	
f [MHz]	$P_g = A$ [dBm]	$P_b = B$ [dBm]	$a = P_b/P_g$ [dB]	φ [°]	$\varphi_{kumul.}$ [°]
10	-0,5	-5,8	-6,3	-66	-66
50	-1	-12,6	-13,6	-136	-136
100	-0,9	-7,9	-8,8	+157	-203
150	-0,6	-21,8	-22,4	+105	-255
200	-0,6	-25	-25,6	+50	-310
250	-0,5	-28,5	-29	0	-360
300	-0,4	-31	-31,4	-48	-408
350	-0,5	-34,2	-34,7	-95	-455
400	-0,6	-37,2	-37,8	-140	-500
450	-0,4	-40	-40,4	+174	-546
500	-0,4	-41,2	-41,6	+140	-580
550	-0,6	-44,1	-44,7	+95	-625
600	-0,7	-46,5	-47,2	+50	-670
650	-1,1	-48,5	-49,6	+10	-710
700	-1	-52,2	-53,2	-25	-745
750	-1,2	-53,5	-54,7	-75	-795
800	-1,2	-53	-54,2	-105	-825
850	-1,3	-61,2	-62,5	-165	-885
900	-1,4	-60,4	-61,8	-175	-895
950	-1,4	-60,4	-61,8	+130	-950
1000	-1,6	-63,5	-65,1	+85	-985
	meritev		izračun	meritev	izračun

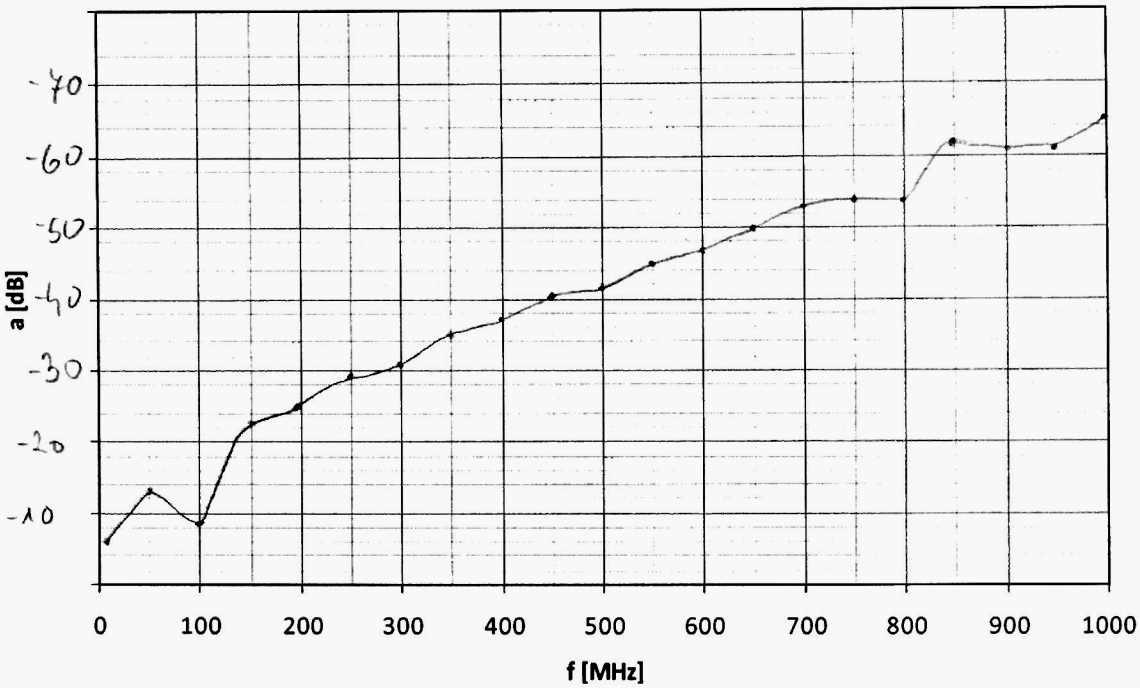
$1M = 180°$

$2M = 360°$

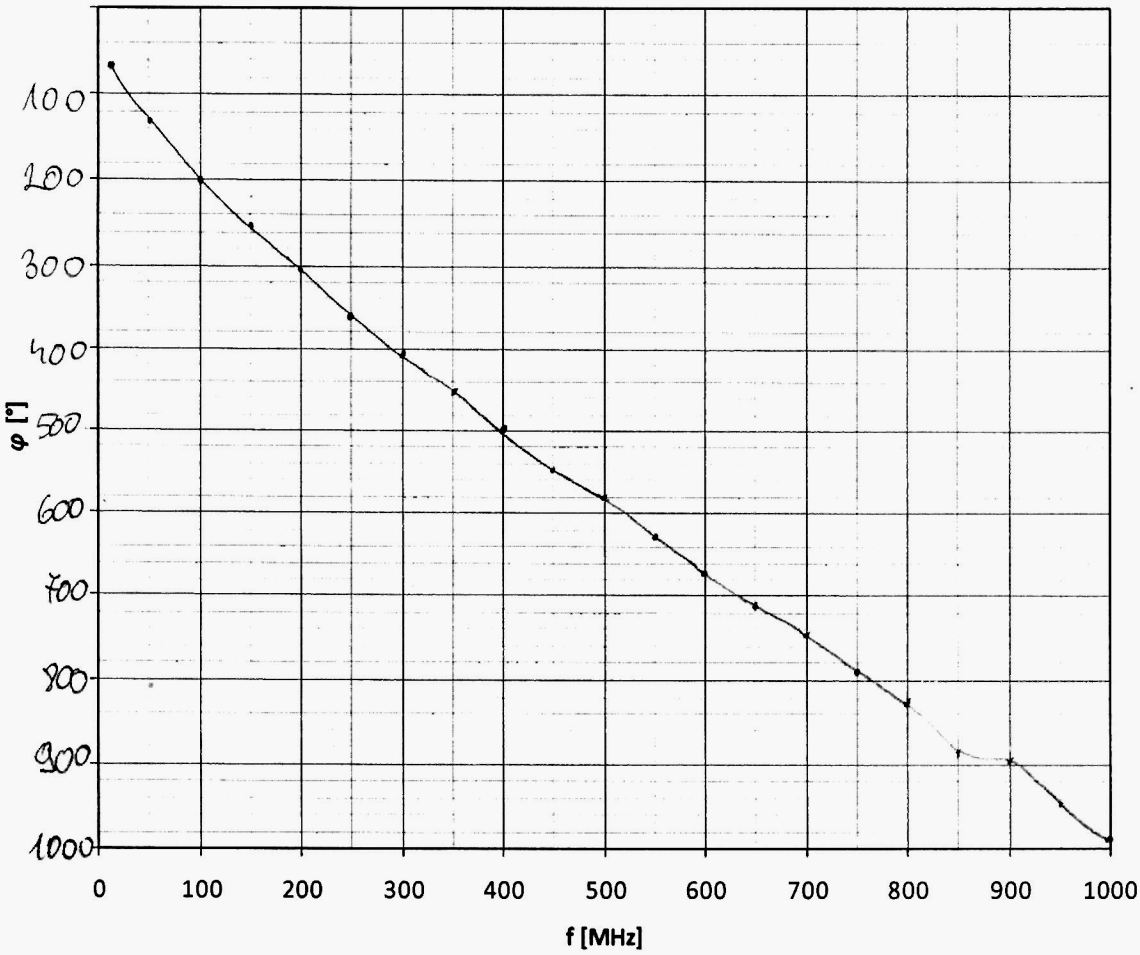
Izračun dolžine kabla

Grafi:

Slabljenje kabla



Fazni zasuk kabla



VAJA 4: Sevanje izotropnega izvora

Serijska upornost, na kateri merimo napetost: R = 1 kΩ

Meritve:

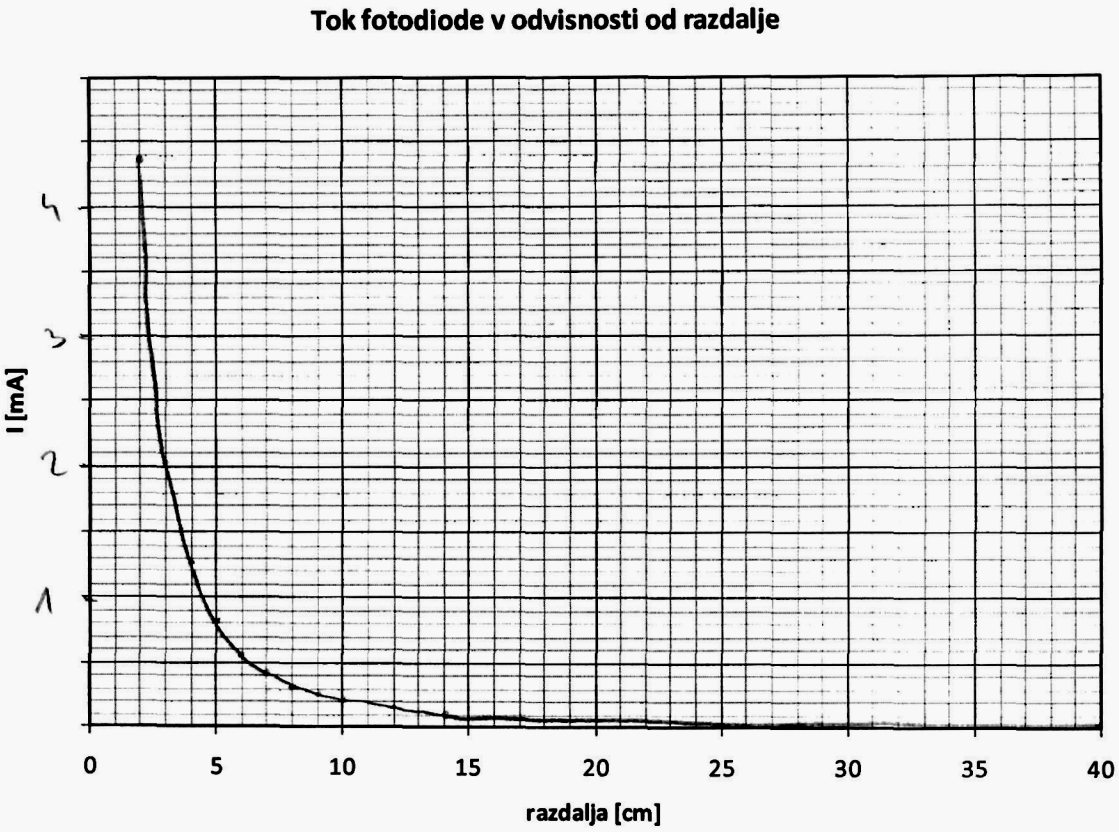
2mV => vpliv zvočnje svetlobe

r [cm]	U [V]	I [mA]
izključena žarnica	0	0
2	4,37	4,37
3	2,02	2,02
4	1,27	1,27
5	0,81	0,81
6	0,56	0,56
7	0,41	0,41
8	0,31	0,31
9	0,24	0,24
10	0,2	0,2
12	0,14	0,14
14	0,1	0,1
16	0,08	0,08
18	0,063	0,063
20	0,052	0,052
22	0,043	0,043
24	0,037	0,037
26	0,032	0,032
28	0,028	0,028
30	0,025	0,025
32	0,022	0,022
34	0,02	0,02
36	0,019	0,019
38	0,017	0,017
40	0,016	0,016
	meritev	izračun

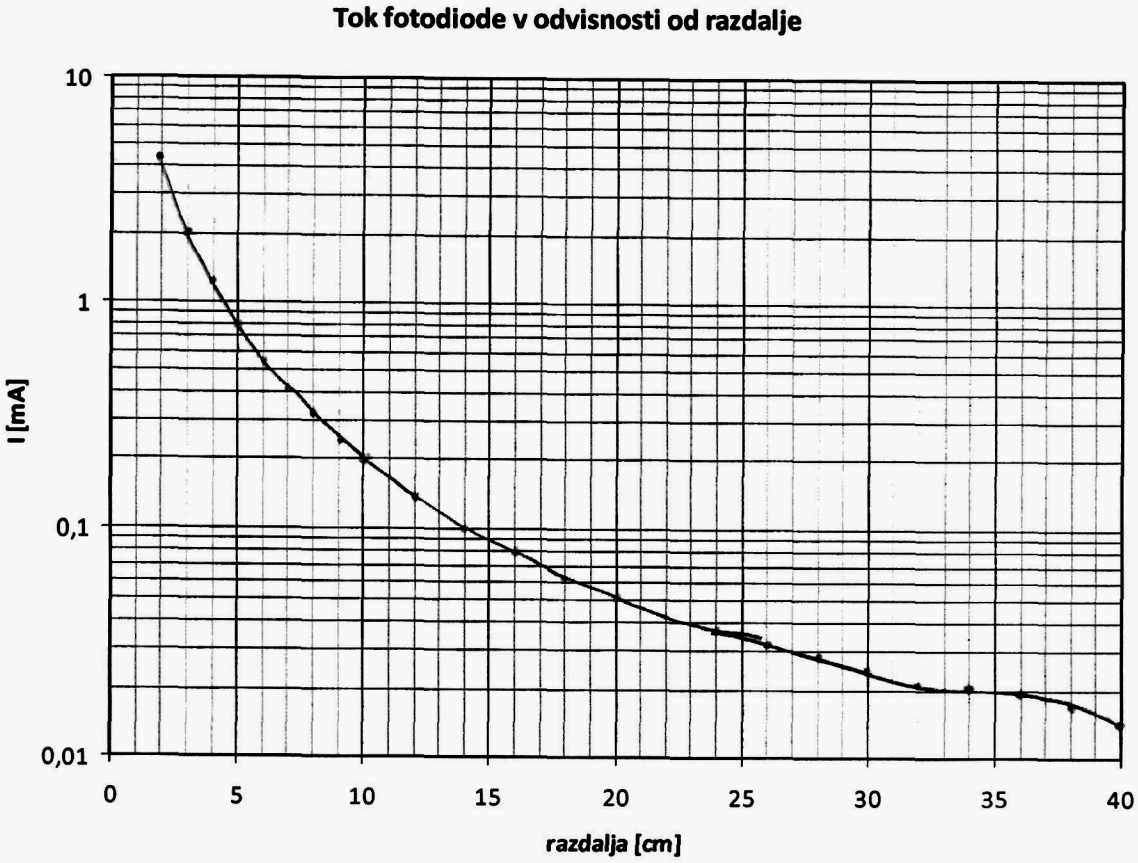
$$I = \frac{U}{R}$$

Grafi:

Linearna skala:



Logaritemska skala:



VAJA 5: Bližnje in daljnje polje tokovne zankice

Meritve:

Slabljenje med zankicama v isti ravnini (meritev theta komponente magnetnega polja)

f = 300 MHz, P_{odd} = 0 dBm	
r [cm]	P_{spr} [dBm]
10	-43
20	-46
30	-48
40	-50
50	-52
60	-57
70	-63
80	-64
90	-62
100	-62
110	-56

f = 100 MHz, P_{odd} = 6,5 dBm	
r [cm]	P_{spr} [dBm]
10	-42
20	-60
30	-70
40	-75
50	-80
60	-79
70	-79
80	-78
90	-78
100	-79
110	-80

f = 30 MHz, P_{odd} = 13 dBm	
r [cm]	P_{spr} [dBm]
10	-68
20	-72
30	-84
40	-90
50	100?
60	
70	
80	
90	
100	
110	

Slabljenje med zankicama z isto osjo (meritev radialne komponente magnetnega polja)

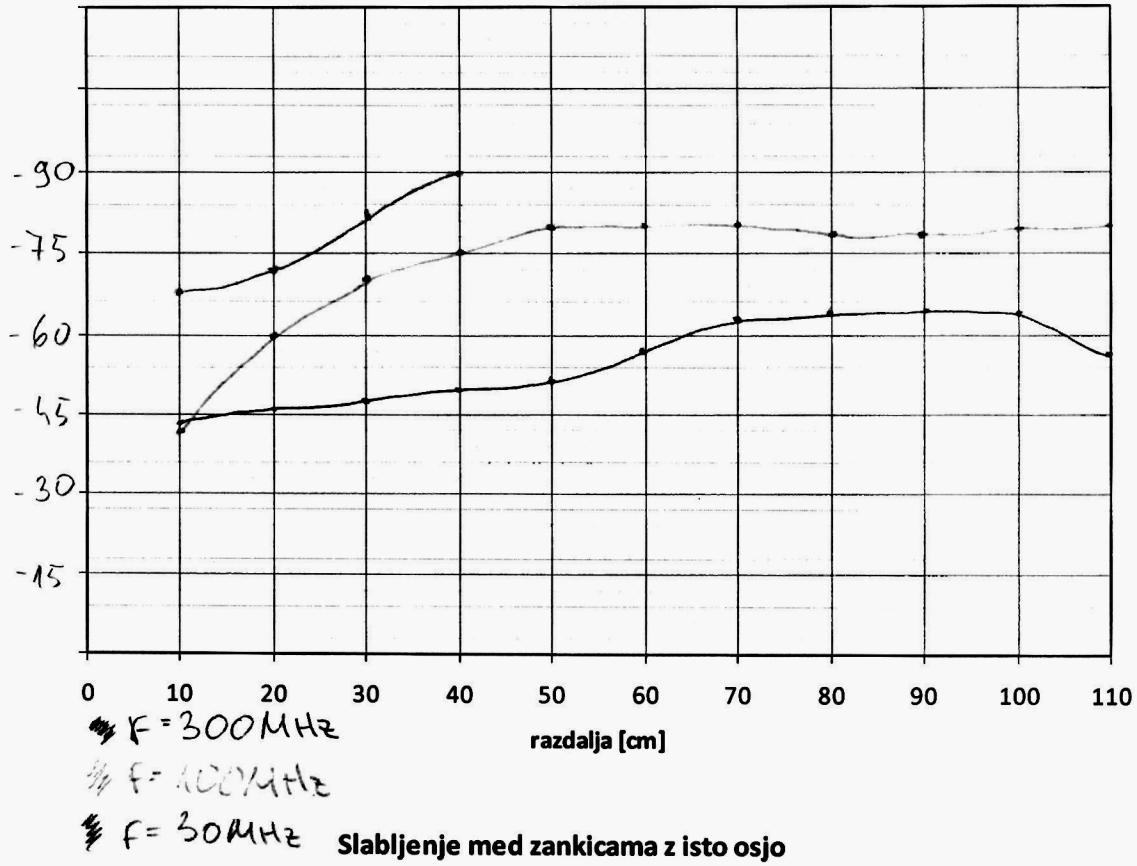
f = 300 MHz, P_{odd} = 0 dBm	
r [cm]	P_{spr} [dBm]
10	-43
20	-44
30	-44
40	-47
50	-46
60	-47
70	-44
80	-45
90	-44
100	-60
110	-66

f = 100 MHz, P_{odd} = 6,5 dBm	
r [cm]	P_{spr} [dBm]
10	-42
20	-55
30	-71
40	-67
50	-70
60	-69
70	-66
80	-67
90	-67
100	-65
110	-64

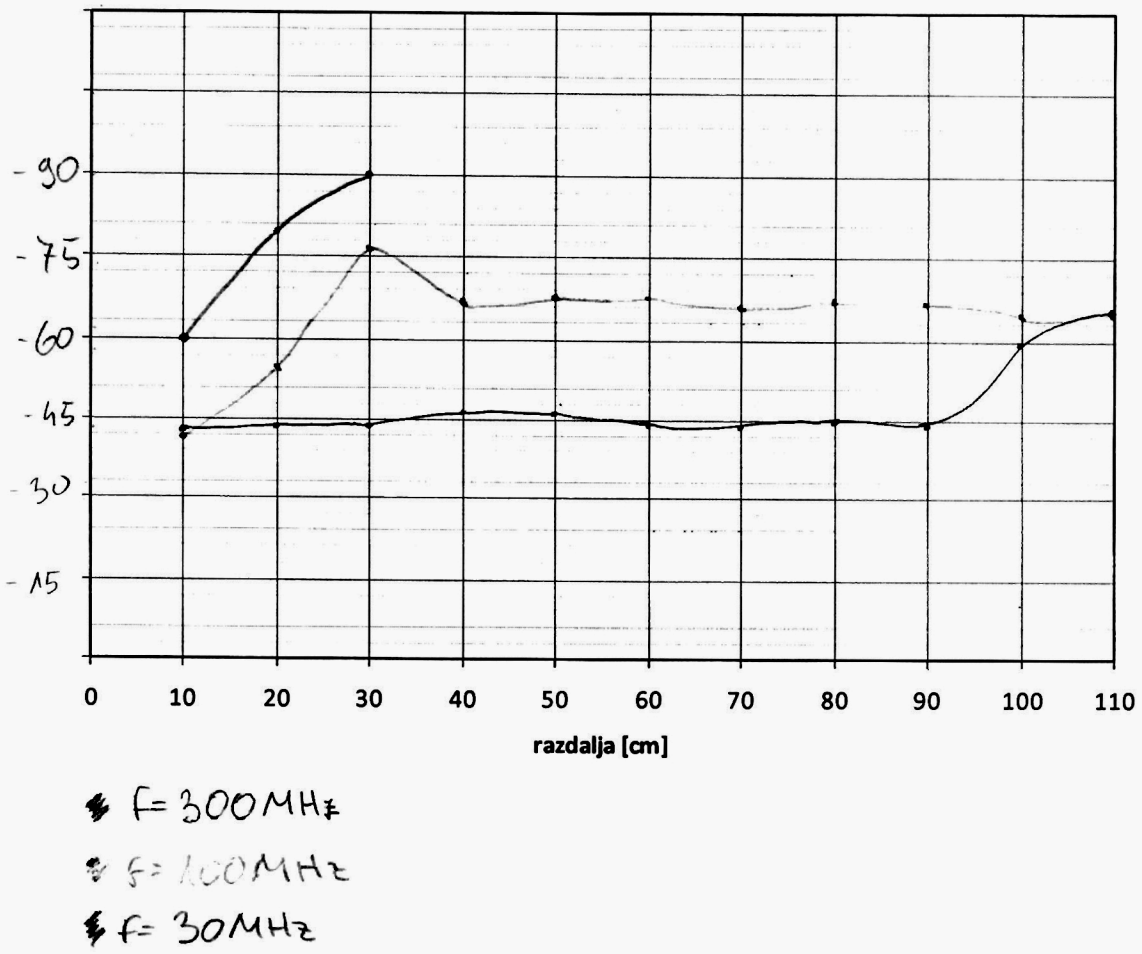
f = 30 MHz, P_{odd} = 13 dBm	
r [cm]	P_{spr} [dBm]
10	60
20	80
30	90
40	
50	
60	
70	
80	
90	
100	
110	

Grafi:

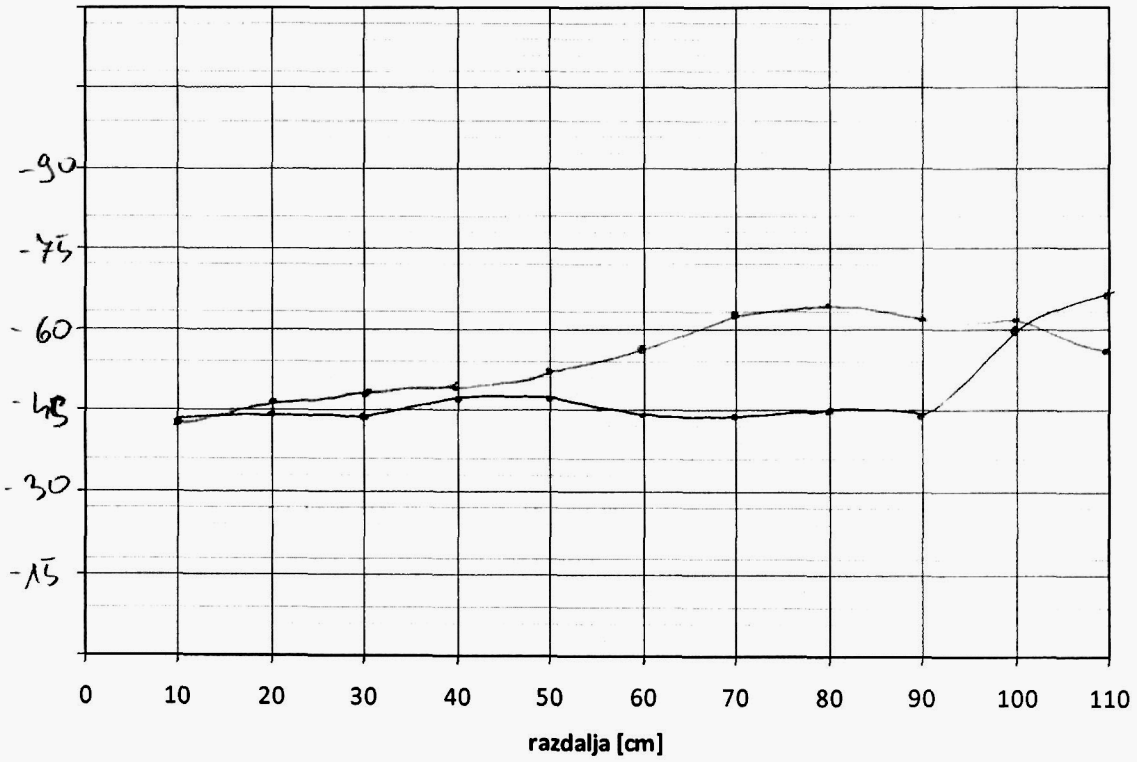
Slabljenje med zankicama v isti ravnini



Slabljenje med zankicama z isto osjo



Primerjava med različnimi orientacijami zankic



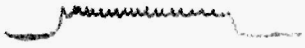
F=300MHz slabljenje med zankicama z isto osjo

F= 300MHz slabljenje med zankicama v ostrem kotu

VAJA 6

941 MHz Digitalni signal 930-955 MHz GSM signal

818 MHz Širokopasovni signal. ni mogoče demodulirati

7 MHz, samo zum 

599 MHz Širokopasovni

VAJA 6

VAJA 1

941 MHz Digitalni signal 930-965 MHz GSM signal

818 MHz širokopasovni, ni mogoče demodulirati
7 MHz
samo šum

599 MHz Širokopasovni signal ki ga ni mogoče demodulirati 599-607 MHz, ~~brnenje~~ šum

394 MHz brnenje, kanal za sliko, digitalni signal

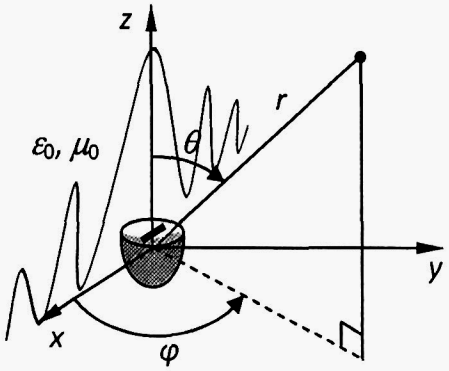
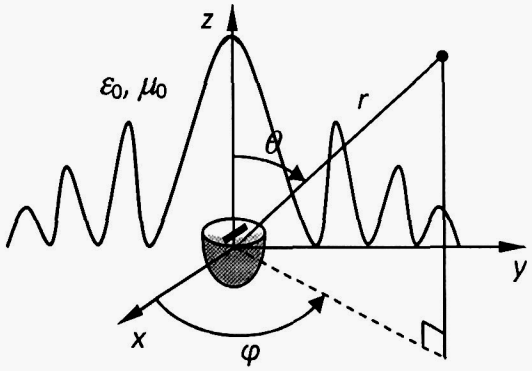
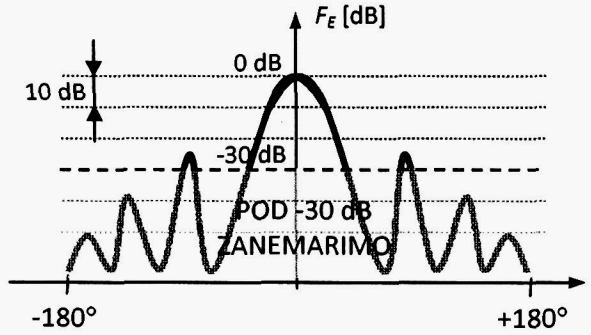
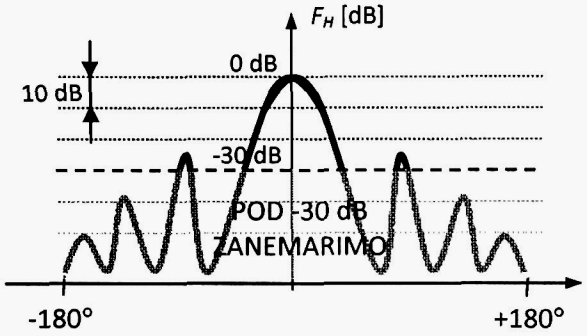
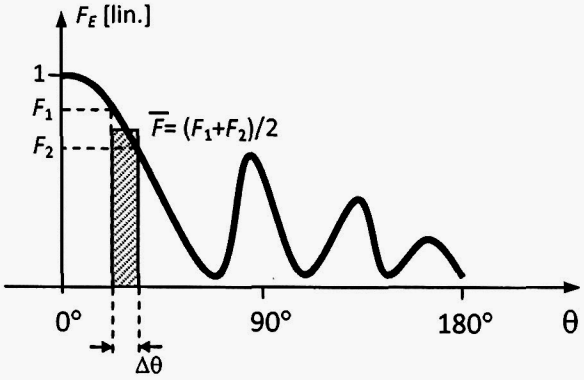
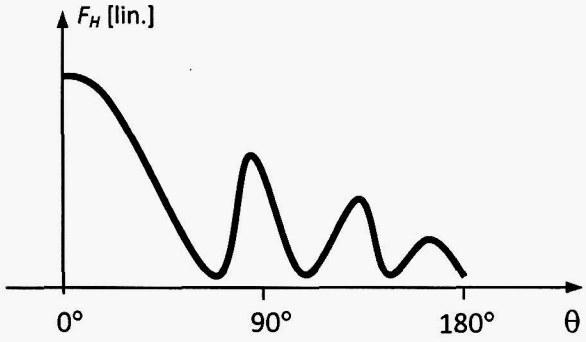
101,6 MHz ~~FM~~ Radio FM, sliši se zvok, radio
radijo difuzija

180.8 MHz TV zvok

149,7 signal, ki se ~~bit~~ pojavlja in hitro izginja TAXSI

VAJA 7: Merjenje smernega diagrama in računanje smernosti

Iz izmerjenih prerezov smernega diagrama izračunamo smernost po naslednjem postopku:

φ = 0° (E-ravnina)	φ = 90° (H-ravnina)
	
	
	
$D_E = \dfrac{4\pi}{2\pi\left(\sum_{\theta=0}^{\pi}\left\lvert\overline{F_E}(\theta)[lin.]\right\rvert^2 \sin\theta\cdot\Delta\theta\right)}$	$D_H = \dfrac{4\pi}{2\pi\left(\sum_{\theta=0}^{\pi}\left\lvert\overline{F_H}(\theta)[lin.]\right\rvert^2 \sin\theta\cdot\Delta\theta\right)}$

$$D = \frac{2}{\dfrac{1}{D_E} + \dfrac{1}{D_H}}$$

Integracija smernega diagrama:

Θ [°]	Θ [rad]	F_E [dB]	F_E	$\overline{F_E}$	$\lvert\overline{F_E}\rvert^2 \sin\theta \cdot \Delta\theta$	F_H [dB]	F_H	$\overline{F_H}$	$\lvert\overline{F_H}\rvert^2 \sin\theta \cdot \Delta\theta$
0	0	15,4	34,67			6,77	4,7		
5	π/36	16,1	40,7	37,68		3,87	2,4		
10	2π/36	10,6	11,48	26		4,83	3		
15	3π/36	12,6	18,19	14,8		3,22	2,1		
20	4π/36	15,1	32,36	22,2		4,19	2,62		
25	5π/36	12	15,85	24,1		0,54	1,1		
30	π/6	13,1	20,41	36,27		8,39	6,9		
35	7π/36	13,9	24,55	22,48		6	4		
40	8π/36	14,7	29,51	27		7,74	5,9		
45	π/4	12,6	18,19	23,8		9	7,9		
50	10π/36	14,3	26,91	22,5		4,7	2,9		
55	11π/36	14,9	30,9	28,9		3,27	2,4		
60	π/3	15,7	37,2	68,1		4,5	2,8		
65	13π/36	12,6	18,2	27,7		0,75	1,2		
70	14π/36	16	39,8	29		0,43	1,1		
75	15π/36	15,8	38	38,9		0,86	1,2		
80	16π/36	16,5	44,7	41,3		0,21	1		
85	17π/36	18,4	69,2	56,9		1,1	1,2		
90	π/2	17,6	57,5	63,3		6,45	4,4		
95	19π/36	18,2	66,1	61,8		1,7	1,5		
100	20π/36	18,8	75,8	70,9		0,64	1,1		
105	21π/36	20,4	109,6	92,7		4,8	3		
110	22π/36	18,5	70,8	90,2		10	10		
115	23π/36	16,2	41,7	56,2		10,5	11,2		
120	2π/3	0,21	1,1	21,4		9,6	9,1		
125	25π/36	12,5	17,8	9,9		15,3	33,9		
130	26π/36	24,5	281,8	149,8		19,7	93,3		
135	3π/4	27,2	524,8	403,3		22,2	165,9		
140	28π/36	26,1	407,8	466,3		25,8	380,2		
145	29π/36	24,3	269,1	338,4		29	794,3		
150	5π/6	30,7	1174,9	722		31,8	1513,5		
155	31π/36	35,3	3388,4	2281,6		34,6	2884		
160	32π/36	36,8	4786,3	4087,3		38,1	6456,5		
165	33π/36	38,3	6760,8	5773,5		40,3	10715		
170	34π/36	39	7943,3	7352		41,9	15488		
175	35π/36	42,5	17782	12862,6		43,2	20892		
180	π	44,5	28183	22982		43,6	22908		
			$\sum_{\theta=0}^{\pi} \lvert\overline{F_E}\rvert^2 \sin\theta \cdot \Delta\theta$				$\sum_{\theta=0}^{\pi} \lvert\overline{F_H}\rvert^2 \sin\theta \cdot \Delta\theta$		

Dobljena smernost:

Smernost v E-ravnini:

$D_E =$

Smernost v H-ravnini:

$D_H =$

Celotna smernost antene:

$D =$

VAJA 8: Neposredno merjenje dobitka antene

Višina oddajne antene znaša 110 cm.

Razdalja med antenami: R = 179 cm

Jakost signala na oddajni anteni (korugiran lijak): P_o = 11,8 dBm

Vpliv odbitih valov na jakost sprejetega signala pri frekvenci 10 GHz:

SRV 3 (OKROGLA)

višina sprejemne antene h_S [cm]	jakost sprejetega signala P_S [dBm]
95	-19,1
100	-16,6
105	-16,8
110	-17,6
115	-16,9
120	-17,4
125	-17,8
130	-17,6
Povprečje	-17,5

Izračun dobitkov merjenih anten:

1) Dobitek enakih korugiranih lijakov: G_1 =

2) Povprečna jakost sprejetega signala pri pravokotnem lijaku: P_{S2} = -15,8 dBm

   Dobitek pravokotnega lijaka: G_2 =

3) Povprečna jakost sprejetega signala pri anteni z dielektrično lečo: P_{S3} = -18,3 dBm

   Dobitek antene z dielektrično lečo: G_3 =

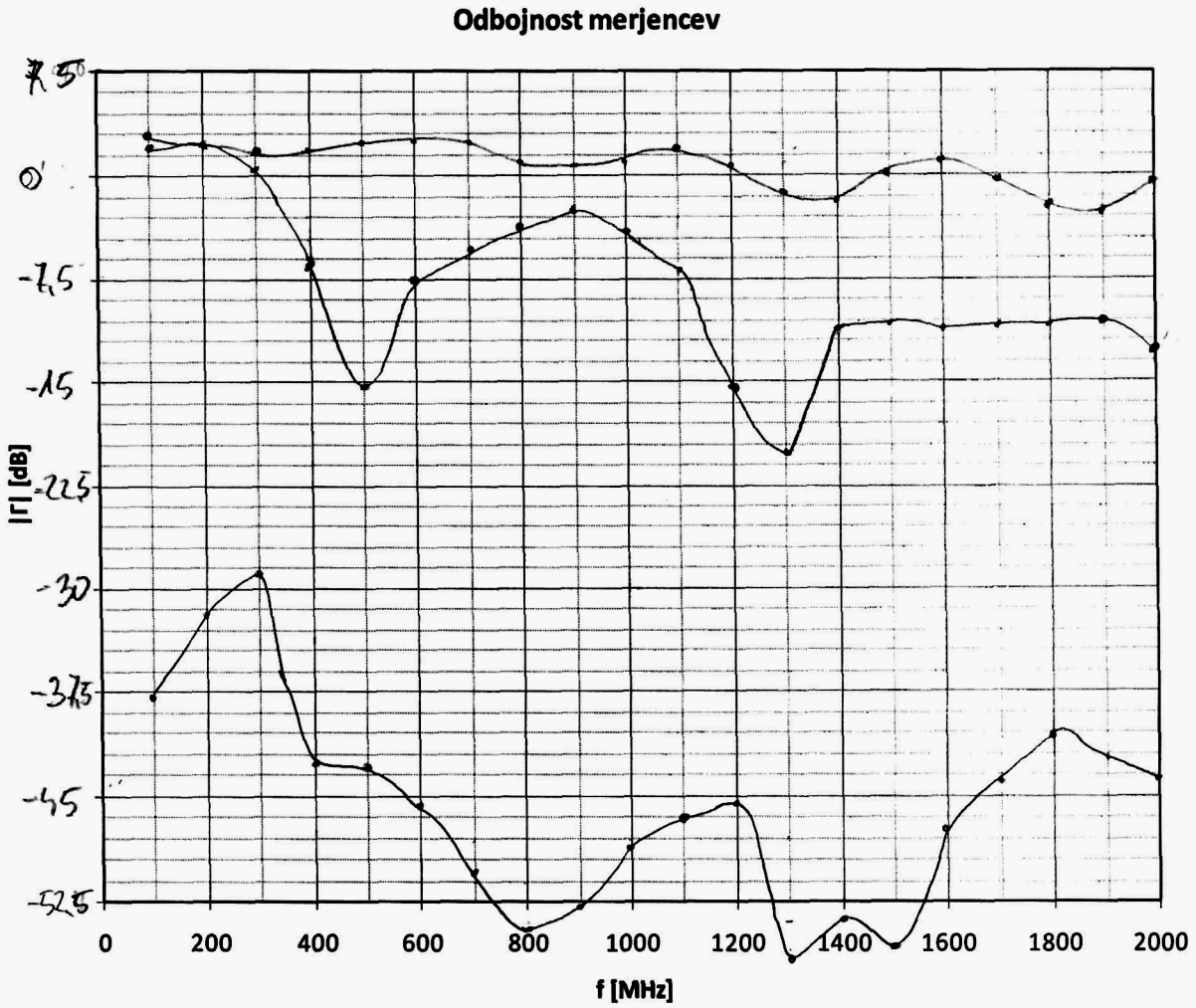
VAJA 9: Merjenje odbojnosti antene z mostičnim reflektometrom

Vhodna moč v mostiček: P_0 = 0 dBm

Meritve:

	Kratkostičnik		Prilagojeno breme		Merjena antena	
f [MHz]	*P* [dBm]	|Γ| [dB]	*P* [dBm]	|Γ| [dB]	*P* [dBm]	|Γ| [dB]
100	-11,01	2,99	-52	-38	-12,26	1,74
200	-11,67	2,33	-45,7	-31,7	-11,64	2,36
300	-12,39	1,61	-43	-29	13,9	0,1
400	-12,40	1,6	-42,5	-28,5	20,65	-6,65
500	-11,7	2,3	-43,2	-29,5	29,4	-15,4
600	-11,62	2,38	-45,9	-31,9	21,53	-7,53
700	-11,63	2,37	-49,9	-35,9	19,55	-5,55
800	-13,30	0,7	-55	-41	18,09	-4,09
900	-13,40	0,6	-52,8	-38,8	16,66	-2,66
1000	-12,65	1,35	-48,5	-44,5	18,2	-4,2
1100	-12,09	1,91	-46,4	-42,4	21,37	-7,37
1200	-13,24	0,76	-45,6	-41,6	29,31	-15,31
1300	-14,99	-0,99	-57,9	-43,9	-34,1	-20,1
1400	-15,57	-1,57	-53,8	-39,8	-25,5	-11,5
1500	-14,27	0,27	-56,9	-42,9	24,75	-10,75
1600	-12,76	1,24	-47,2	-33,2	-25,11	-11,1
1700	-14,21	-0,21	-43,8	-29,8	-24,8	-10,8
1800	-16,62	-2,62	-41,9	-27,9	-24,7	-10,7
1900	-16,78	-2,78	-42,2	-28,9	-24,5	-10,5
2000	-14,56	-0,5	-43,4	-29,4	-27,18	-13,18

Grafi:



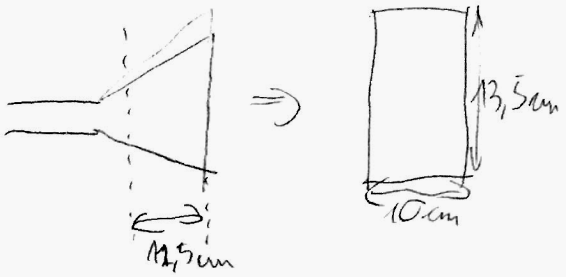
1,5

kratkostičnik
prilagojeno breme
merjena antena

VAJA 10: Določanje faznega središča antene

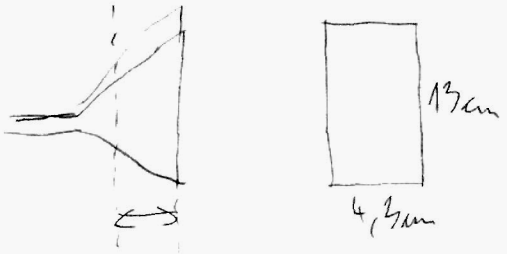
Fazna središča različnih anten (merjeno od zunanjega roba antene v notranjost):

1. pravokotni lijak (širši)



razdalja med [illegible]

fazno središče je 11,5cm oddaljeno od konca antene proti notranjosti



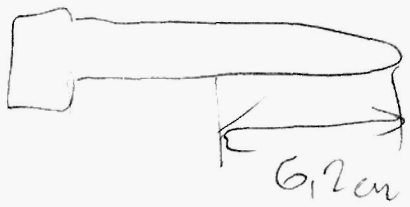
~~[illegible] ni bilo izrazito~~ ni bilo izrazito vidno fazno središče.

najv. se najboljši rezultat je bil centimeter od antene proti središču

pravokotni lijak (tanjši)

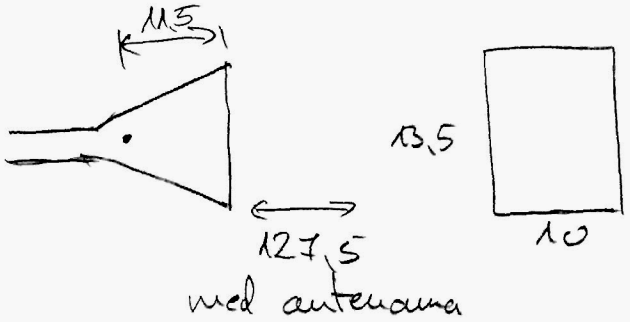
antena z dielektrično lečo:

fazno središče je bilo 6,2cm od konca antene proti sredini.

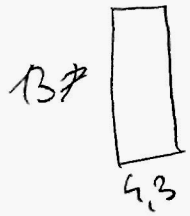


VAJA 10: Določanje faznega središča antene

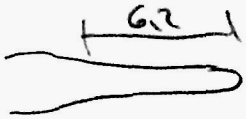
Fazna središča različnih anten (merjeno od zunanjega roba antene v notranjost):



fazno središče 11,5cm od roba



fazno središče 1cm od roba ni bilo izrazito



fazno središče 6,2 cm od roba

VAJA 11: Porazdelitev električnega toka na monopolu

dolžina monopola: 1 m

$f = \frac{c_0}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{4}$

Meritve:

monopol dolžine 0,25 λ = 1m $\lambda = \frac{1m}{0{,}25} = 4$

frekvenca generatorja = 75MHz

razdalja od konca *d* [cm]	jakost signala [mV]	relativna amplituda električnega toka |I|	faza električnega toka φ [°]
100	4	0,02	28
90	34	0,22	35
80	57	0,38	37
70	80	0,53	40
60	100	0,66	45
50	120	0,8	50
40	138	0,92	52
30	148	0,98	58
20	160	1,06	59
10	148	0,98	60
0	150	1	60

$\frac{147}{150}$

monopol dolžine 0,75 λ = 1m $f = \frac{3 \cdot 10^8}{}$ $\lambda = \frac{1m}{0{,}75} = 1{,}\overline{33}$

frekvenca generatorja = 225MHz

razdalja od konca *d* [cm]	jakost signala [mV]	relativna amplituda električnega toka |I|	faza električnega toka φ [°]
100	12	0,13	100
90	54	0,62	-90
80	82	0,94	-91
70	71	0,81	-89
60	70	0,8	-85
50	42	0,48	-75
40	12	0,13	~~-60~~ -25
30	35	0,4	+75
20	66	0,75	85
10	75	0,86	92
0	87	1	100

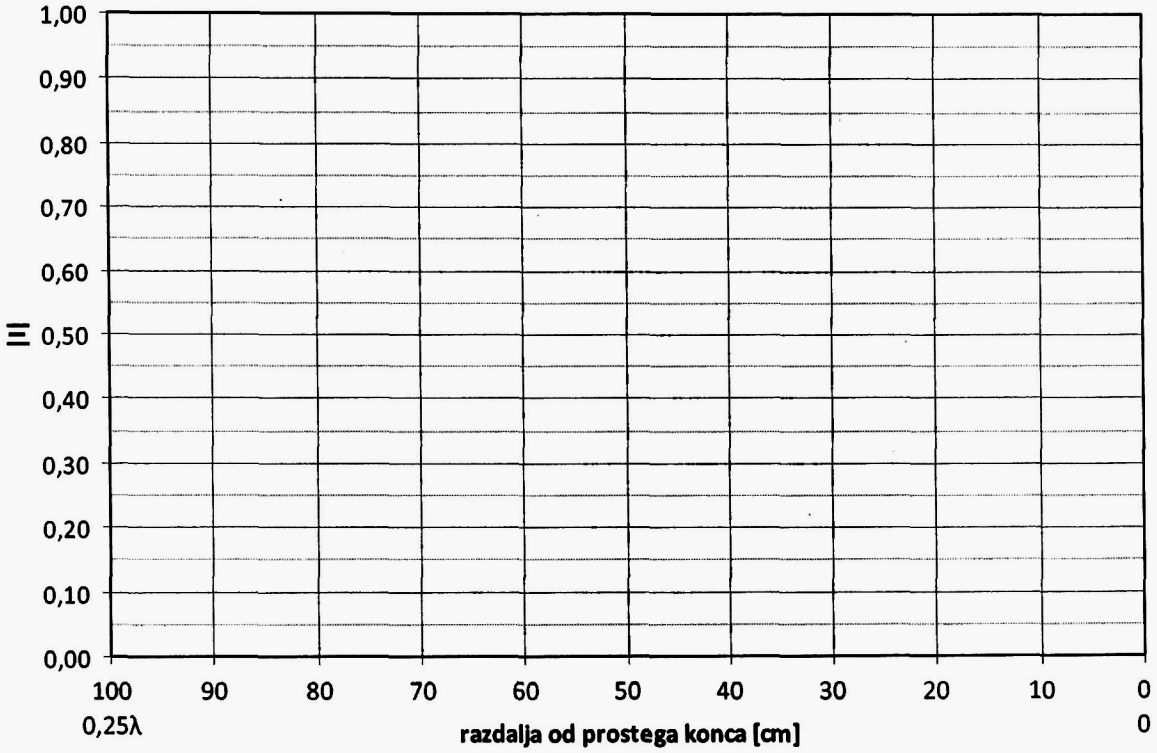
monopol dolžine 1,5 λ $F = \frac{3 \cdot 10^8}{0{,}66} =$ $2 \frac{\lambda_m}{1{,}5} = 0{,}666$

frekvenca generatorja = 450MHz

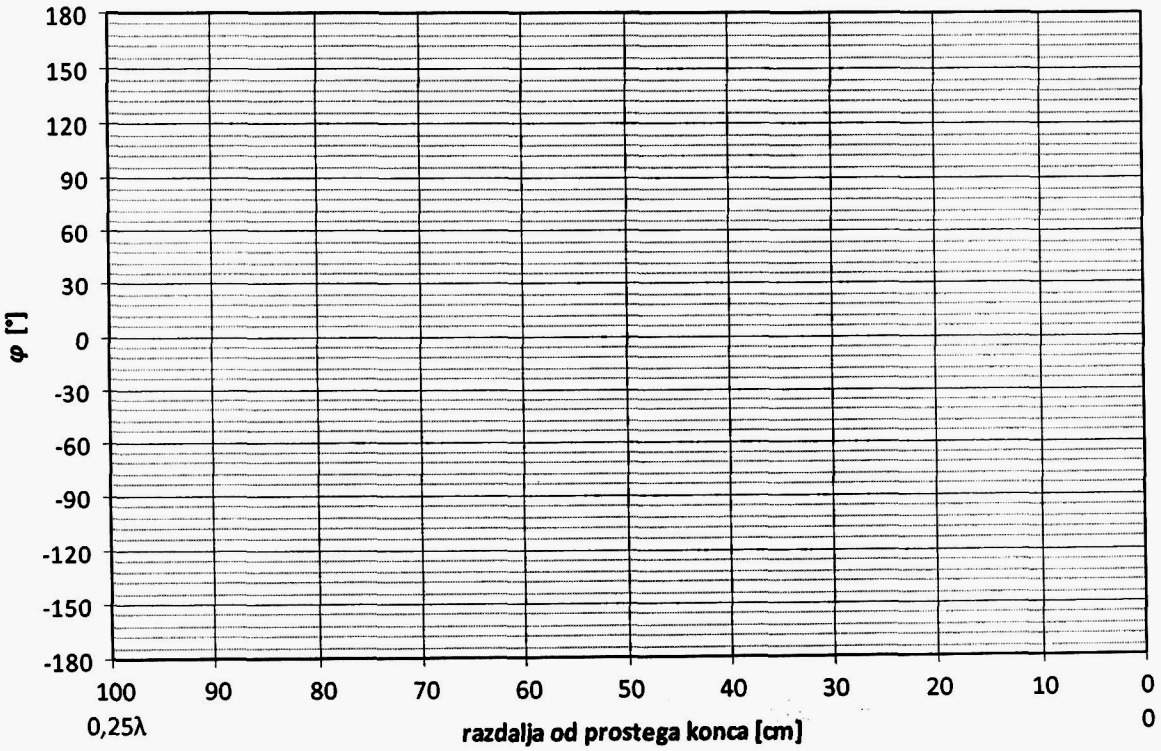
razdalja od konca *d* [cm]	jakost signala [mV]	relativna amplituda električnega toka |I|	faza električnega toka φ [°]
100	45	0,21	-84
90	195	0,92	-80
80	155	0,73	-66
70	50	0,23	+7
60	175	0,83	+91
50	210	1	+105
40	68	0,32	+155
30	150	0,71	-97
20	210	1	-75
10	133	0,63	-90
0	150	0,71	+39

Grafi:

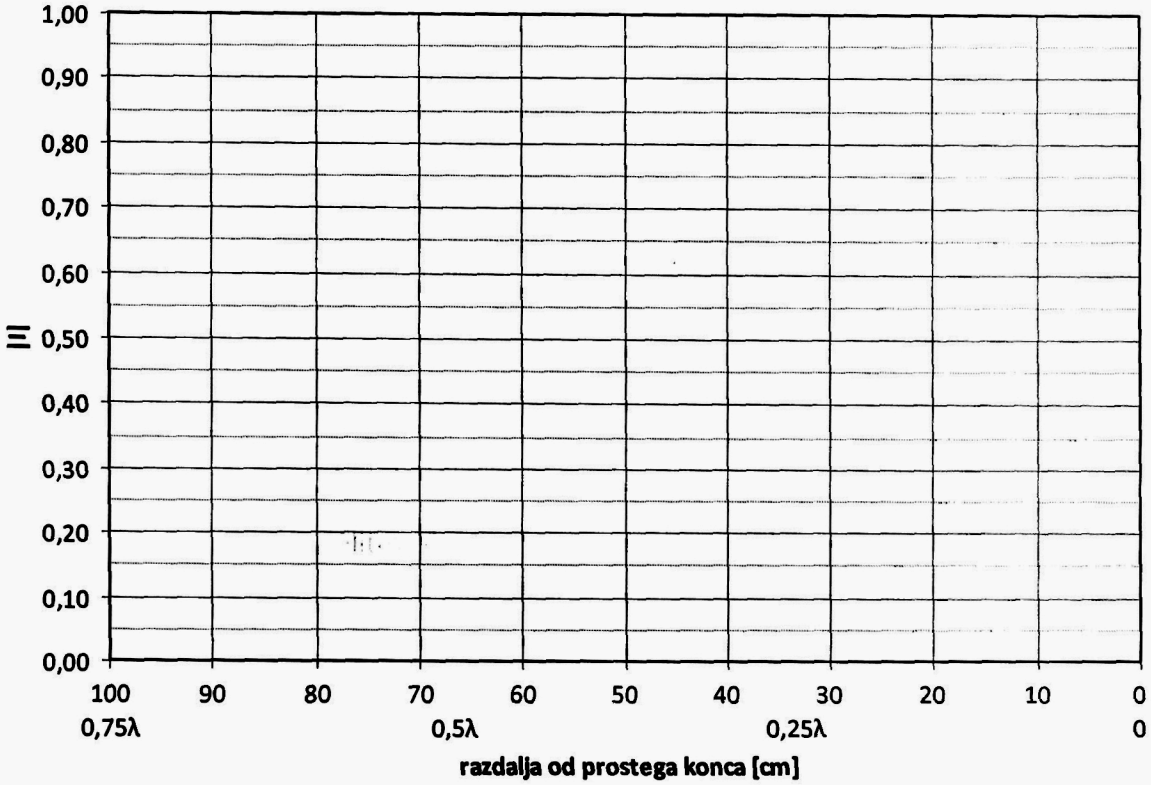
Porazdelitev amplitude toka na monopolu dolžine 0,25λ



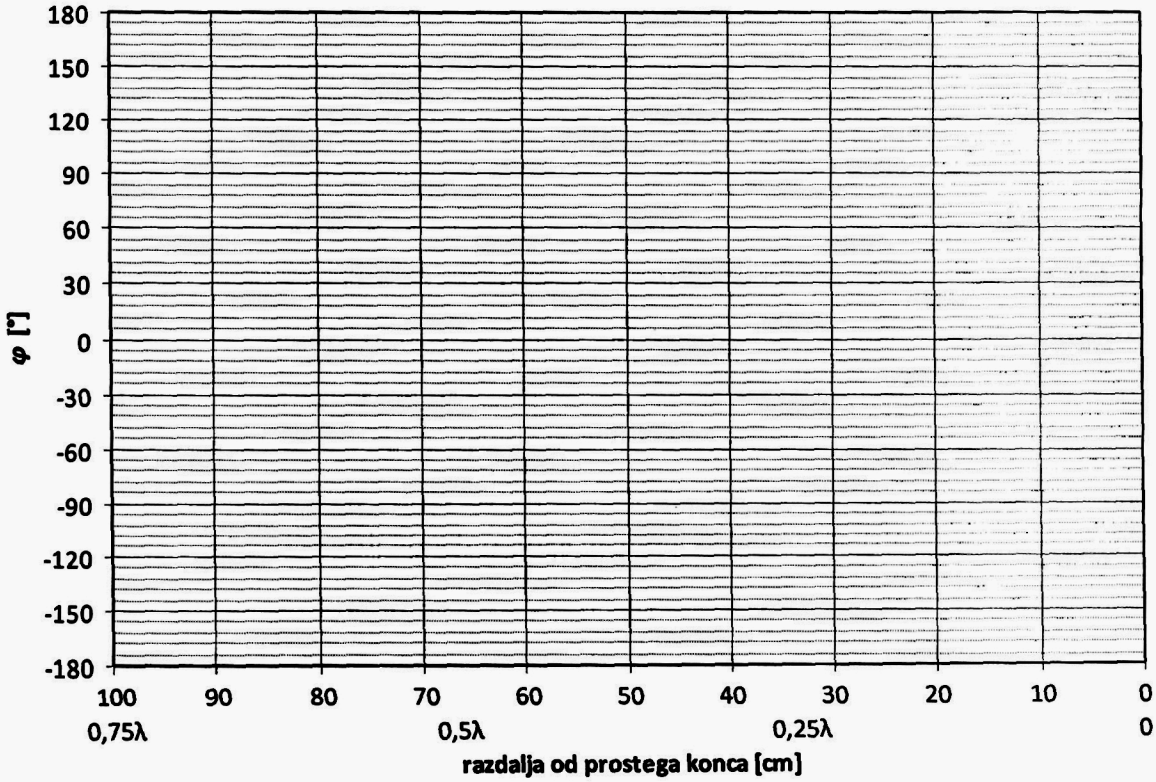
Porazdelitev faze toka na monopolu dolžine 0,25λ



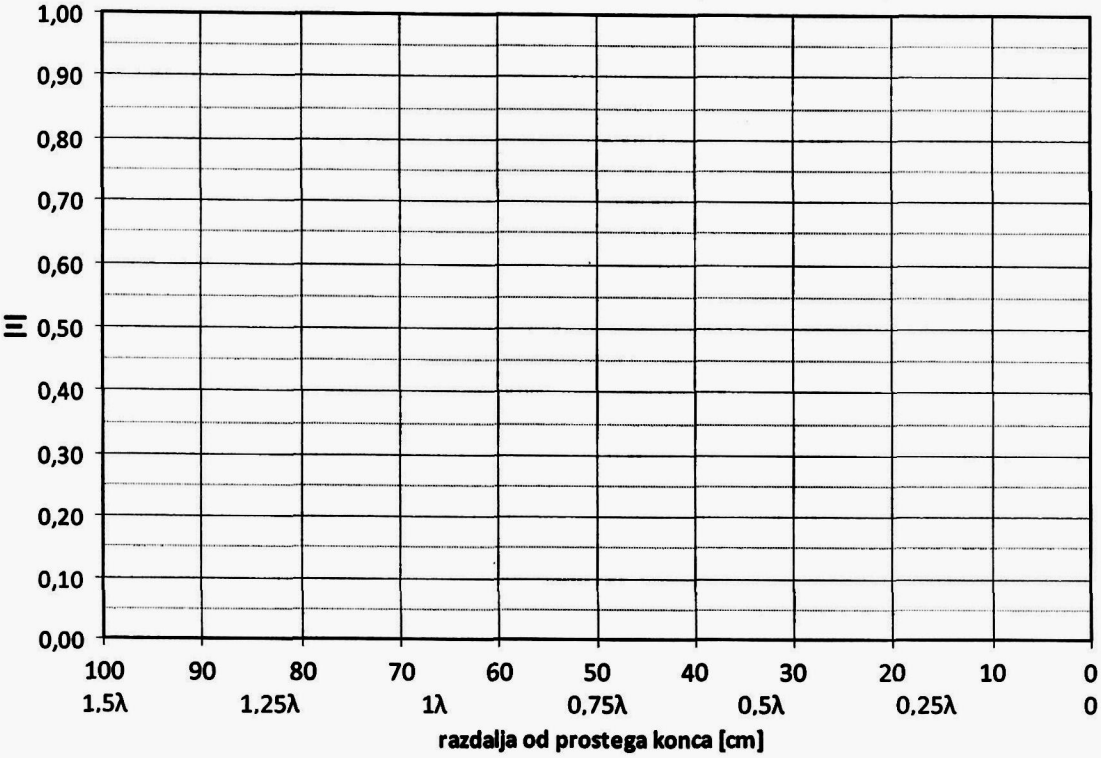
Porazdelitev amplitude toka na monopolu dolžine 0,75λ



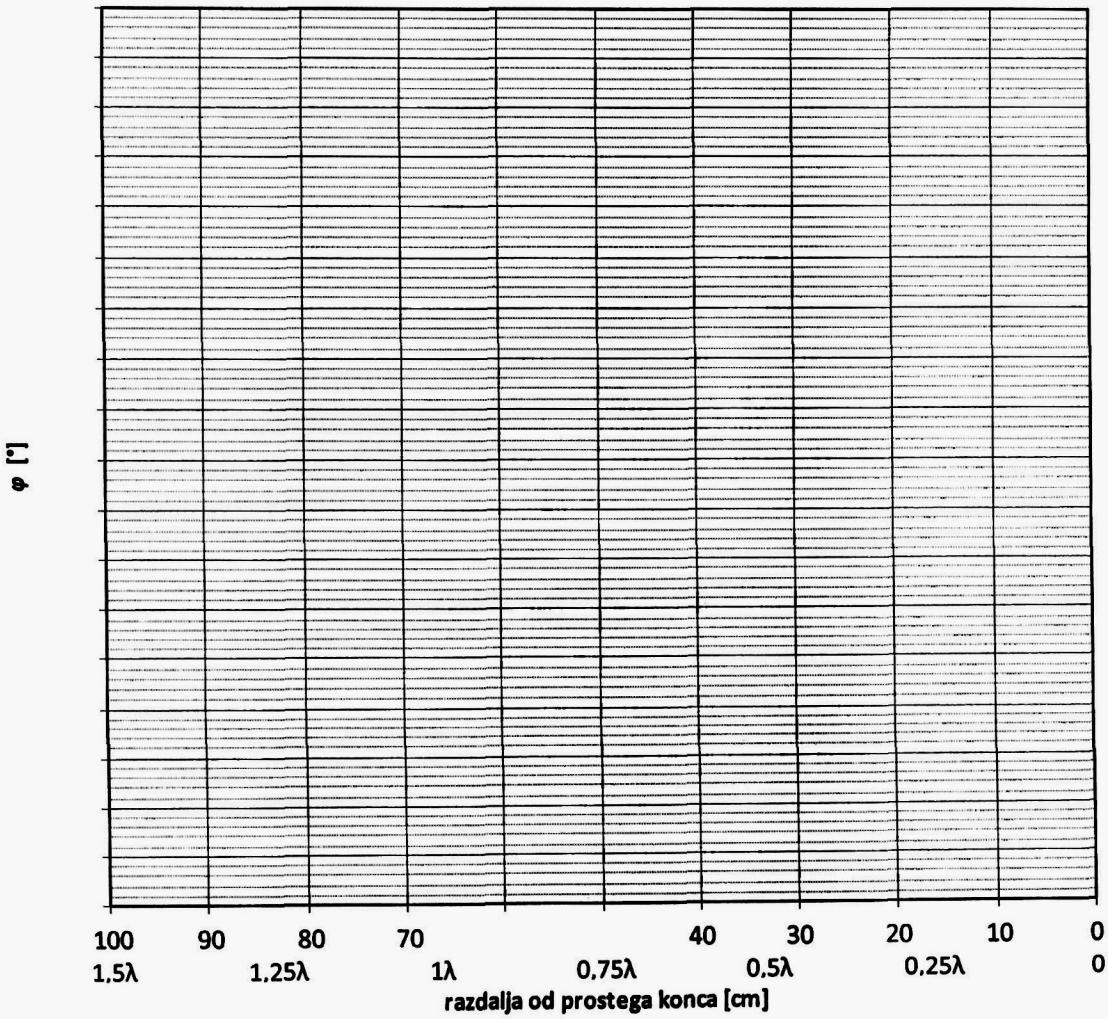
Porazdelitev faze toka na monopolu dolžine 0,75λ



Porazdelitev amplitude toka na monopolu dolžine 1,5λ



Porazdelitev faze toka na monopolu dolžine 1,5λ



VAJA 12: Porazdelitev polja na odprtini piramidnega lijaka

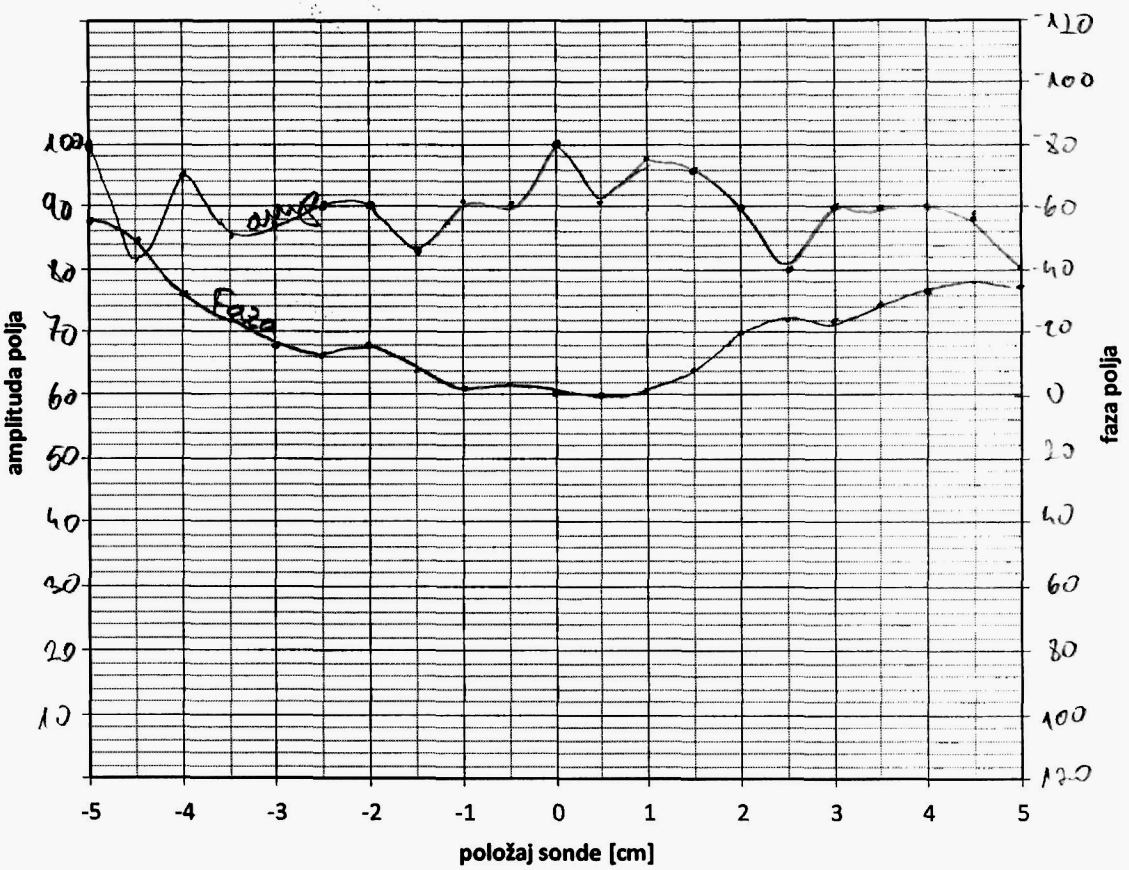
Meritve:

Porazdelitev polja v E ravnini		
položaj sonde [cm]	relativna amplituda polja	faza polja [°]
-5,0	100	-55
-4,5	82	-48
-4,0	95	-35
-3,5	85	-22
-3,0	87	-12
-2,5	90	-13
-2,0	90	-18
-1,5	83	-10
-1,0	92	-3
-0,5	90	-5
0	100	0
0,5	91	1
1,0	98	-2
1,5	96	-8
2,0	90	-20
2,5	80	-28
3,0	90	-25
3,5	90	-32
4,0	80	-35
4,5	78	-38
5,0	70	-35

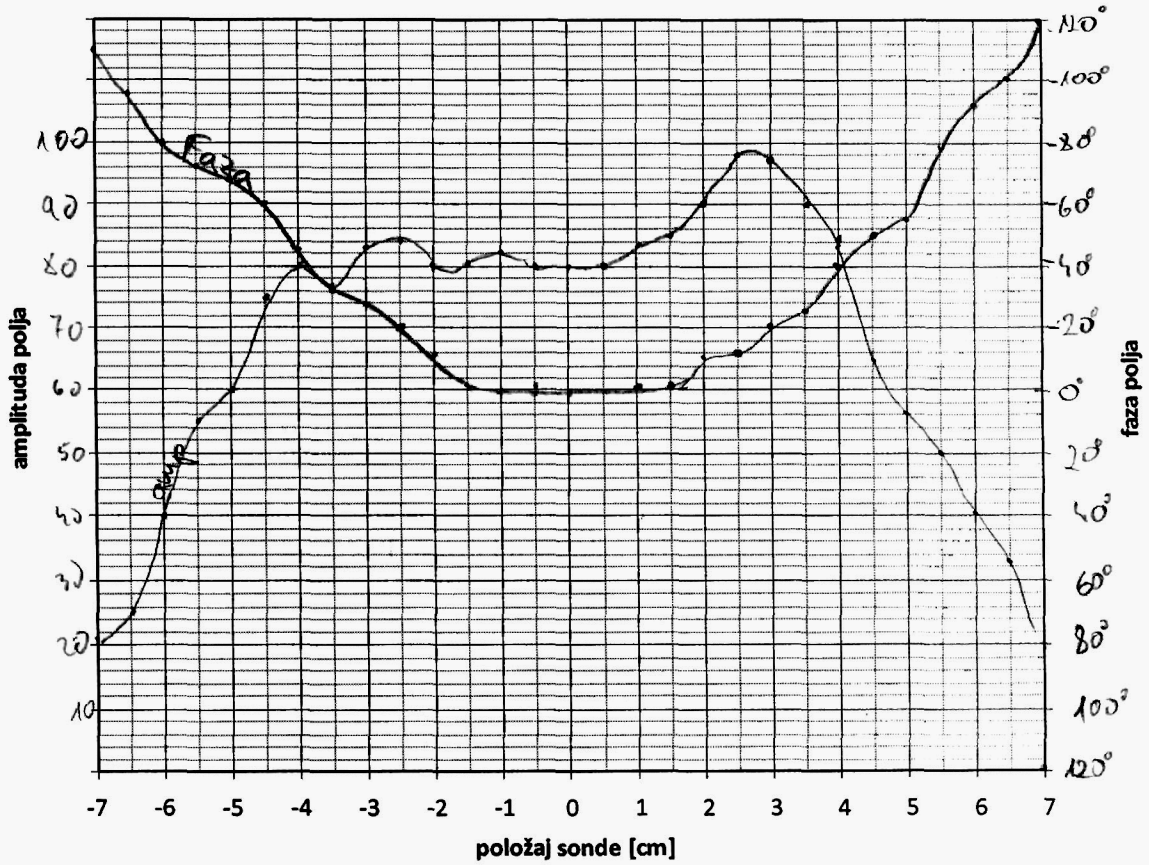
Porazdelitev polja v H ravnini		
položaj sonde [cm]	relativna amplituda polja	faza polja [°]
-7,0	20	-110
-6,5	25	-95
-6,0	40	-80
-5,5	55	-72
-5,0	60	-68
-4,5	75	-60
-4,0	80	-45
-3,5	76	-35
-3,0	83	-27
-2,5	84	-20
-2,0	80	-11
-1,5	83	-0,8
-1,0	82	0
-0,5	80	0,2
0	80	0,5
0,5	80	0,8
1,0	84	0,5
1,5	85	0
2,0	89	-12
2,5	98	-13
3,0	97	-20
3,5	90	-25
4,0	85	-40
4,5	65	-50
5,0	56	-54
5,5	50	-69
6,0	41	-86
6,5	33	-100
7,0	20	-120

Grafi:

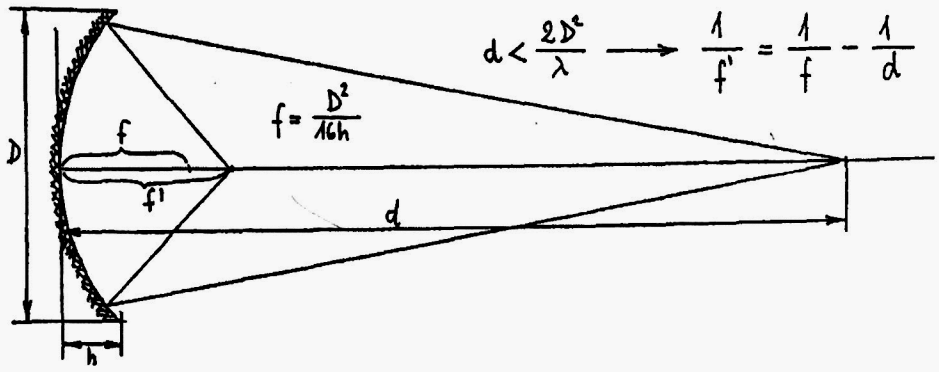
Porazdelitev polja v E ravnini



Porazdelitev polja v H ravnini



VAJA 13: Določanje gorišča zrcala iz kvadratne napake faze



Premer zrcala: D = 34,7 cm

Globina zrcala: h = 5,6 cm

Razdalja med antenama: d = 260 cm

Frekvenca meritve: 15 GHz

Teoretični rezultat: SPREMENIT?

Izračun gorišča zrcala iz geometrije:

f = 13,438 cm

Izračun premaknjenega gorišča zaradi premajhne razdalje meritve:

f' = 14,170 cm

Meritev:

Izmerjen položaj žarilca:

f'_{izm} = 13,438 cm

Preračunan položaj gorišča iz položaja žarilca:

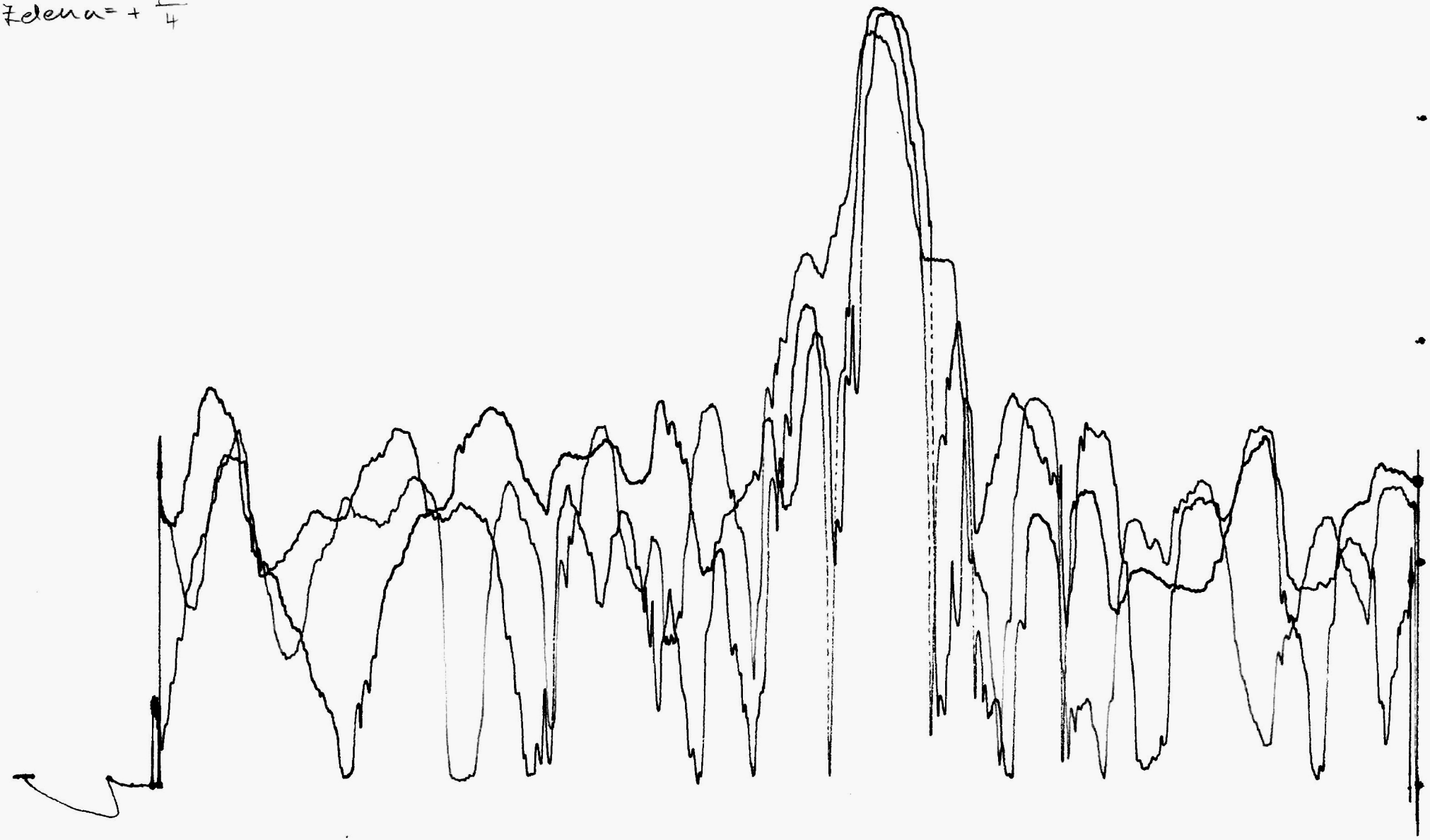
f_{izm} = 14,170 cm

13 VA. 1A

Črna = 0

Rdeča = $-\frac{\lambda}{4}$

Zelena = $+\frac{\lambda}{4}$



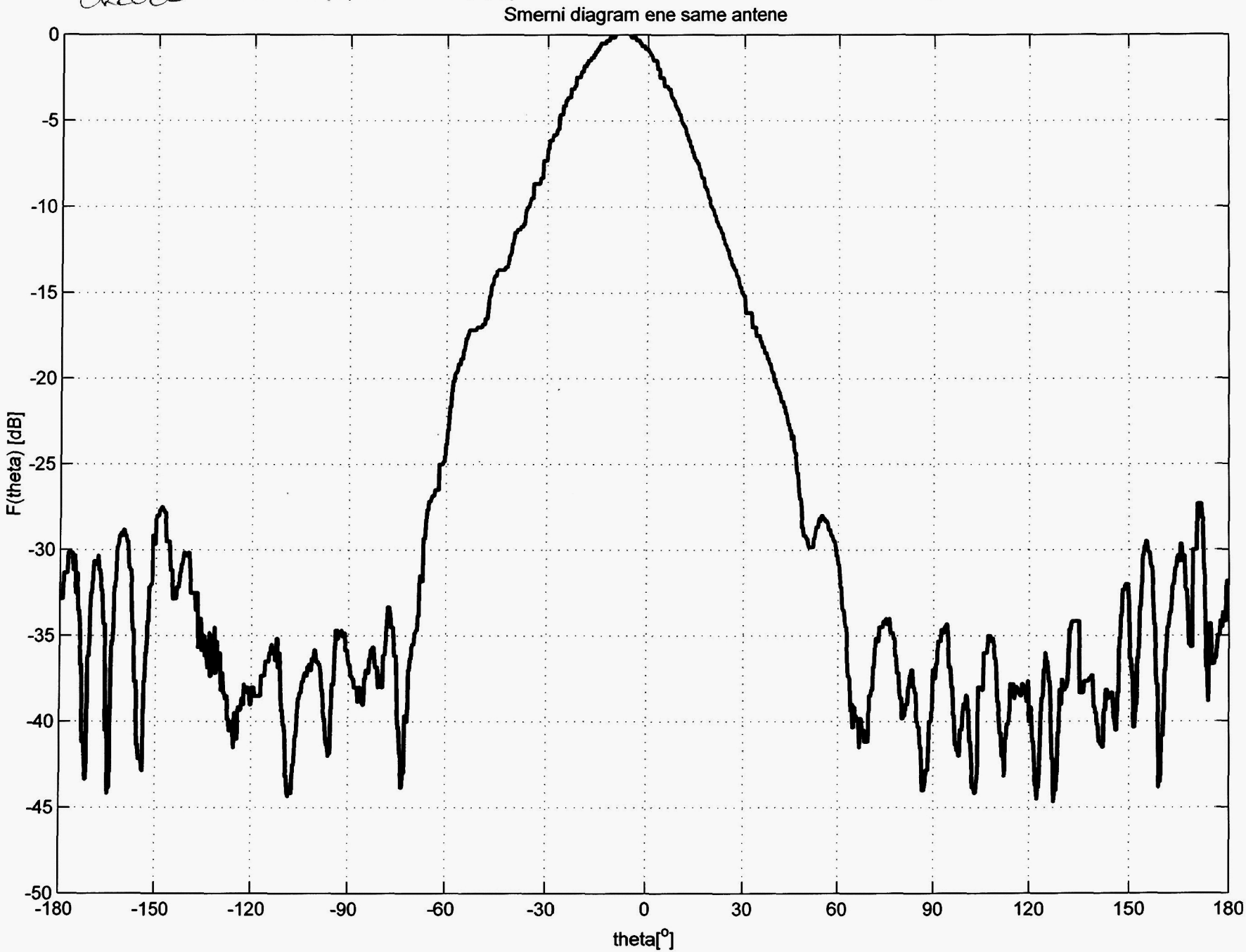
VAJA 14: Merjenje smernega diagrama skupine dveh enakih anten

Frekvenca generatorja: $f = 10\ GHz$

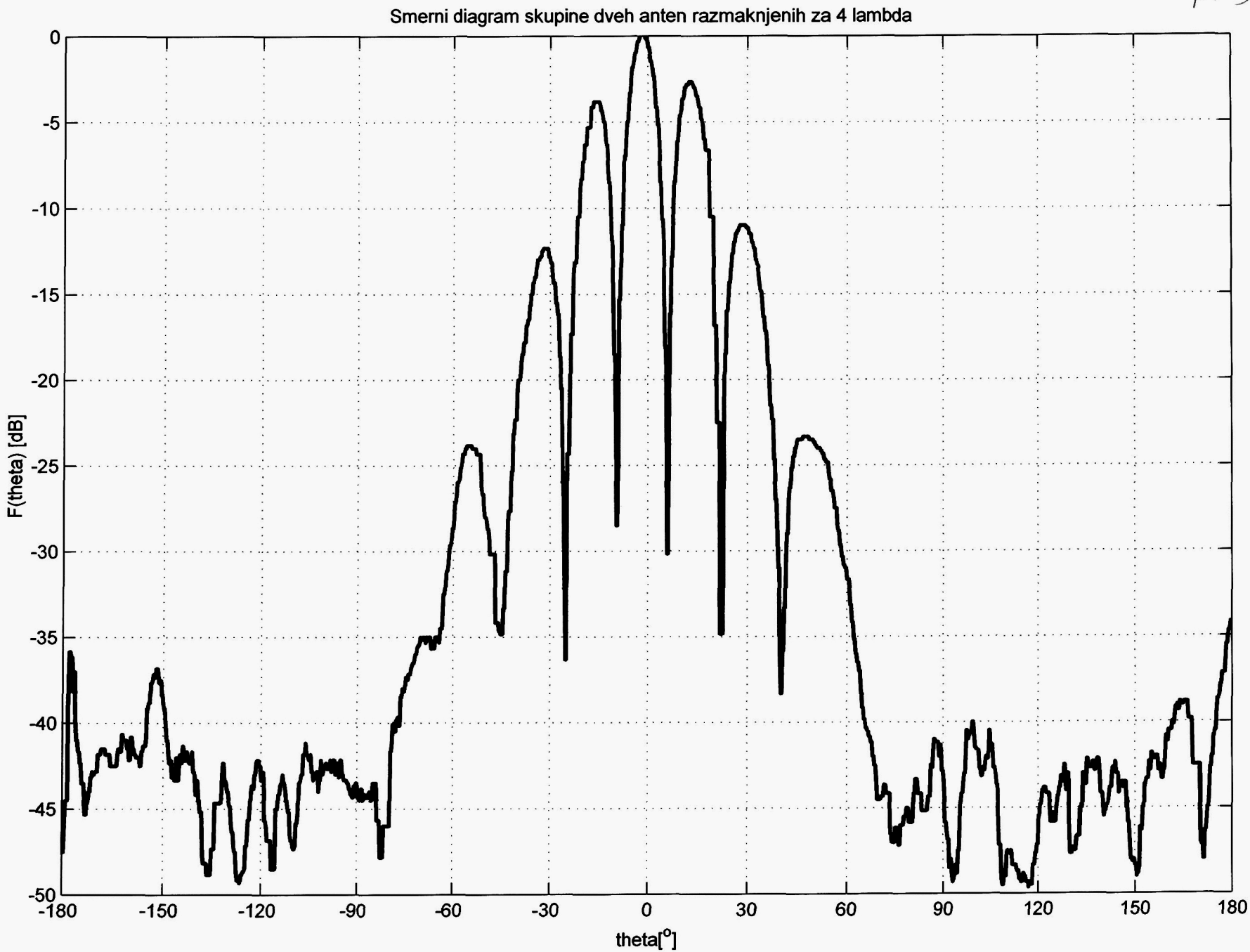
Valovna dolžina signala: $\lambda =$ 3cm

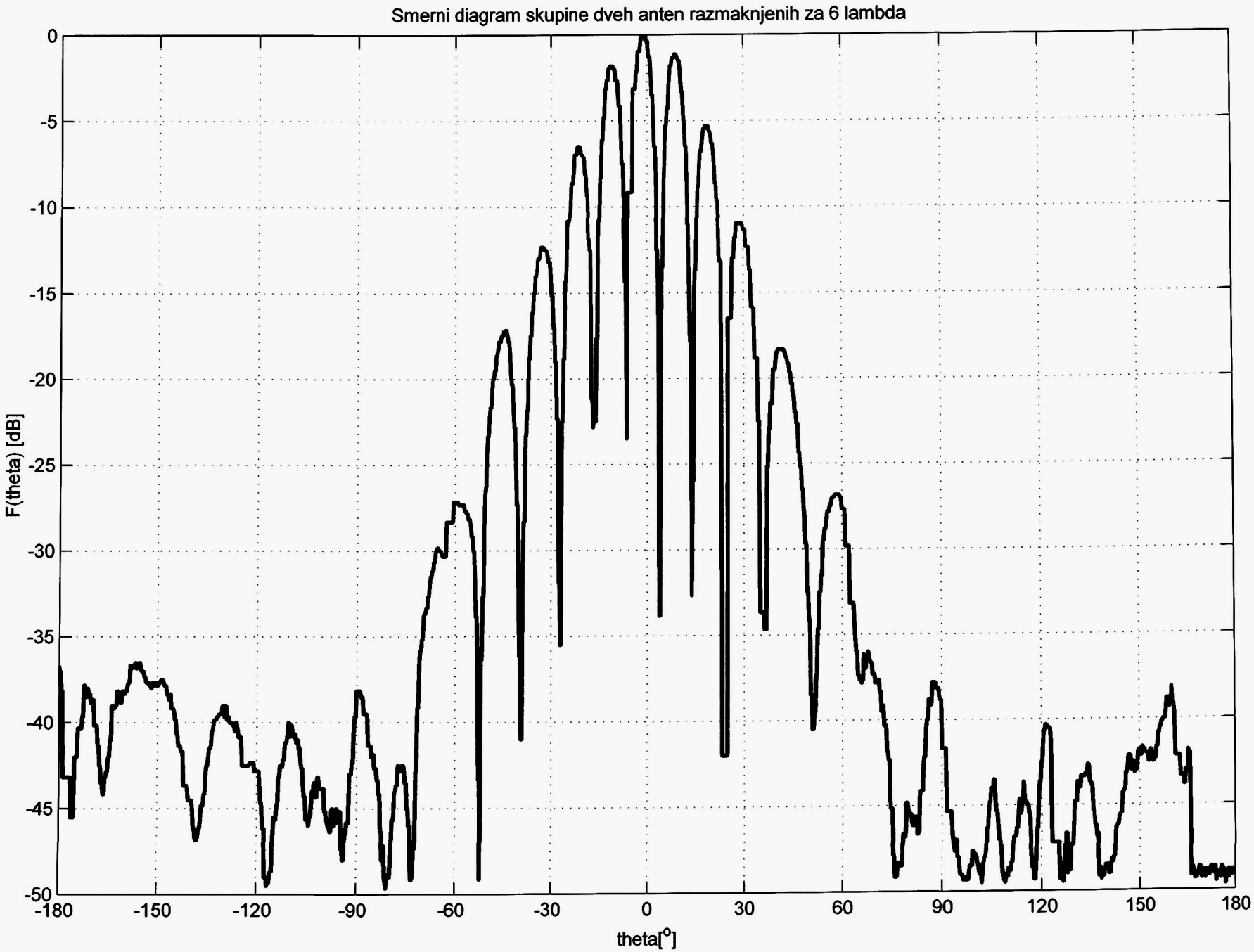
OKROGEL KORIGIRAN CIJAK

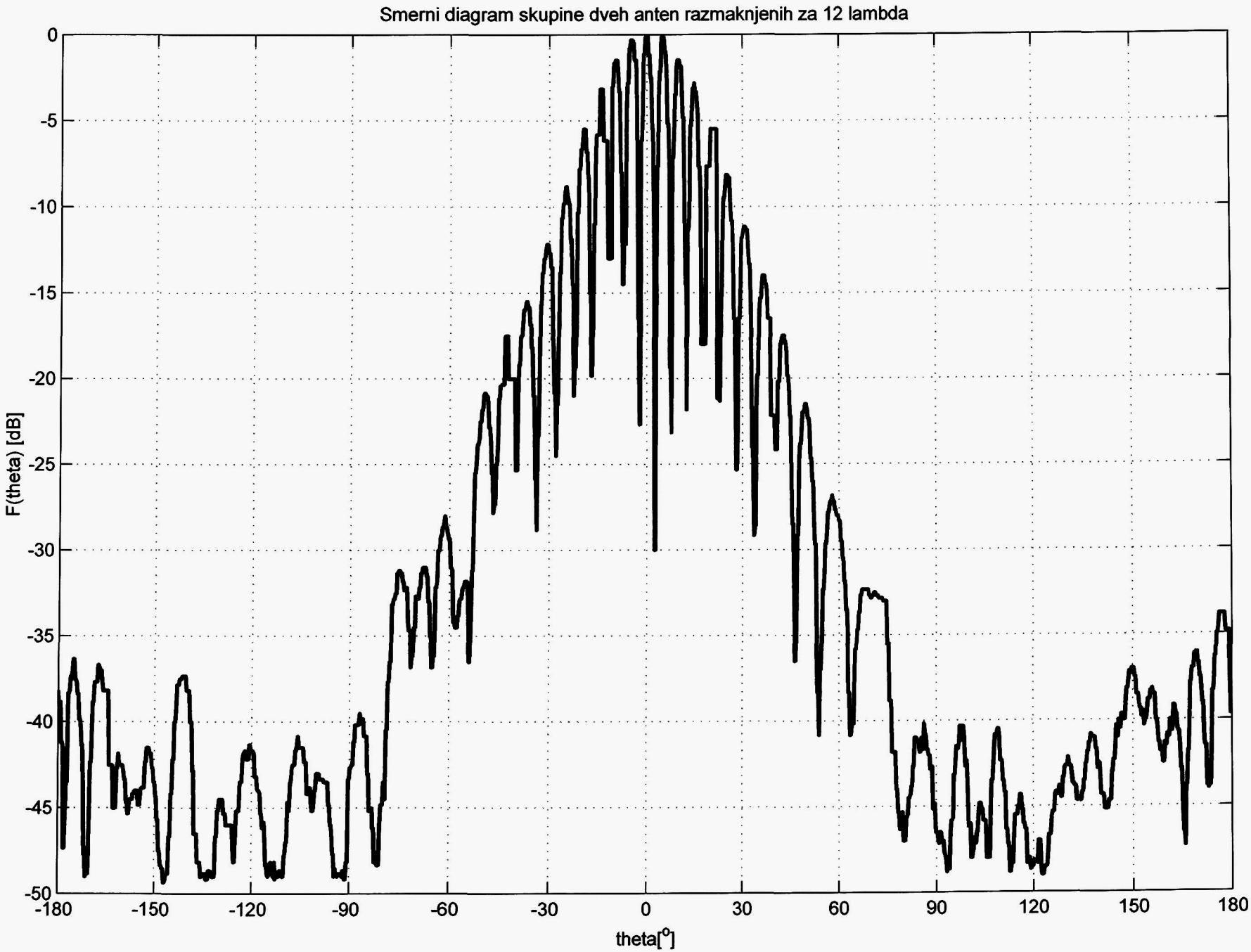
NAŠE



MAŠE


Smerni diagram skupine dveh anten razmaknjenih za 4 lambda
F(theta) [dB]
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
-45
-50
-180
-150
-120
-90
-60
-30
0
30
60
90
120
150
180
theta[°]


Smerni diagram skupine dveh anten razmaknjenih za 6 lambda
F(theta) [dB]
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
-45
-50
-180
-150
-120
-90
-60
-30
0
30
60
90
120
150
180
theta[°]


Smerni diagram skupine dveh anten razmaknjenih za 12 lambda
F(theta) [dB]
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
-45
-50
-180
-150
-120
-90
-60
-30
0
30
60
90
120
150
180
theta[°]

VAJA 15: Povprečni pretok moči v reverberančni komori

Vhod je priključen na 1. anteno

Oddajna moč: P_O = 9 dBm

2., 3. in 4. antena so kratkostičene.

Moč odbitega vala na 1. anteni: P_1 = 0 dBm

Izgube v komori: a = 9 dB

Antene s prilagojenim bremenom	Antena, na kateri merimo sprejeto moč	Sprejeta moč P_S [dBm]
2, 3, 4	1 – preko smernega sklopnika	+1,5
3, 4	2	-1,4
2, 4	3	0
2, 3	4	-1

Vhod je priključen na 2. anteno

Oddajna moč: P_O = 11,6 dBm

1., 3. in 4. antena so kratkostičene.

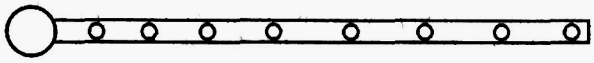
Moč odbitega vala na 2. anteni: P_2 = 6 dBm

Izgube v komori: a = 4,4 dB

Antene s prilagojenim bremenom	Antena, na kateri merimo sprejeto moč	Sprejeta moč P_S [dBm]
1, 3, 4	2 – preko smernega sklopnika	+4,8
3, 4	1	0
1, 4	3	-0,5
1, 3	4	-0,8

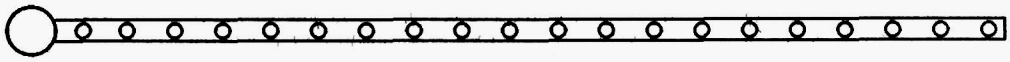
VAJA 16: Fazni potek vzbujanja elementov Yagi antene

1) Yagi antena za 200 MHz (λ=1,5m):



razdalja od dipola do elementa [cm]	1. meritev		2. meritev		Povprečje meritev		
	A_1 [dB]	φ_1 [°]	A_2 [dB]	φ_2 [°]	A [dB]	φ [°]	$\varphi_{korig.}$ [°]
10	-2,2	35	-4,8	-155	-3,5		30
28,5	-5,8	-30	-6,2	150	-6		-30
48,5	-6,5	-70	-7	112	-6,75		-69
73,5	-11	-135	-11,5	43	-11,25		-136
100	-10,5	-178	-10,2	17	-10,35		-171
127	-9,5	92	-9,8	-90	-9,65		91
154	-8,2	40	-9,2	-137	-8,7		41,5
189	-12,7	-15	-14	167	-13,35		-14

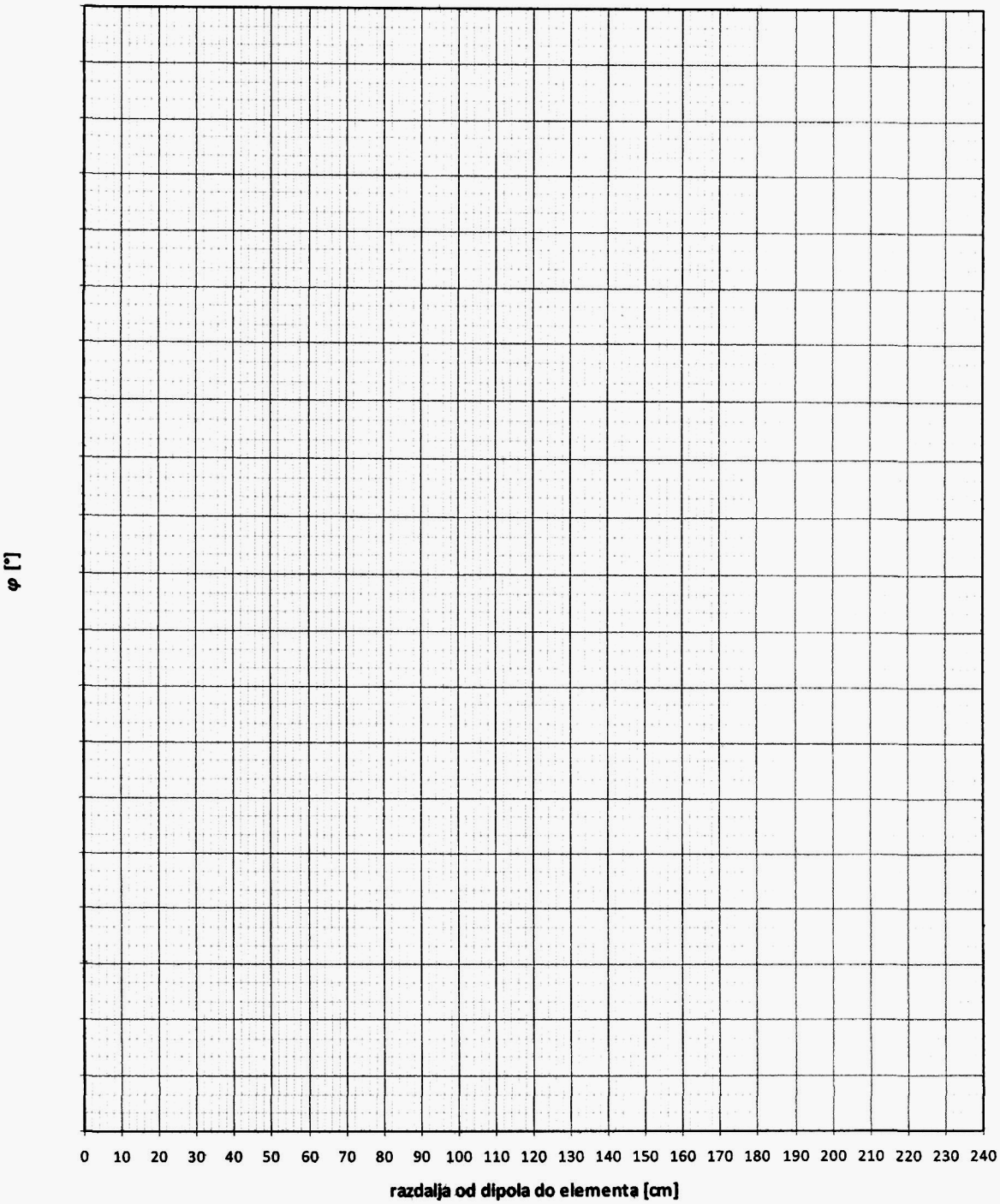
2) Yagi antena za 500 MHz (λ=0,6m):



razdalja od dipola do elementa [cm]	1. meritev		2. meritev		Povprečje meritev		
	A_1 [dB]	φ_1 [°]	A_2 [dB]	φ_2 [°]	A [dB]	φ [°]	$\varphi_{korig.}$ [°]
8	-19,4	-155	-15	78	-17,2		-128,5
15,5	-14	-160	-13,5	15	-13,75		-162,5
25	-30,5	115	-21	-10	-25,75		142,5
37	-19,8	70	-19	-94	-19,4		76,5
48,5	-22,5	10	-20	-155	-21,25		17,5
61	-21,8	-35	-18,2	150	-20		-32,5
72	-22	-150	-20,8	30	-21,4		-150
84	-28	-160	-22,3	-25	-25,15		-167,5
107,5	-19	40	-19	-125	-19		47,5
119	-26	55	-23	-157	-24,5		39
133	-24,5	-117	-24,8	97	-24,65		-100
144	-24,8	-120	-22	70	-23,4		-115
155,5	-26,7	-160	-22,5	0	-24,6		-167,5
167	-27	60	-22	-92	-24,5		74
179	-24	40	-22	-145	-23		37,5
190,5	-35	-67	-25	125	-30		-61
201,5	-24,5	-140	-22,2	53	-23,35		-133,5
203	-30	-110	-30	0	-30		-143,5
213	-26	35	-26	-118	-26		48,5
224	-27	85	-28	-150	-27,5		57,5

Yagi antena za 500 MHz (λ=0,6m)

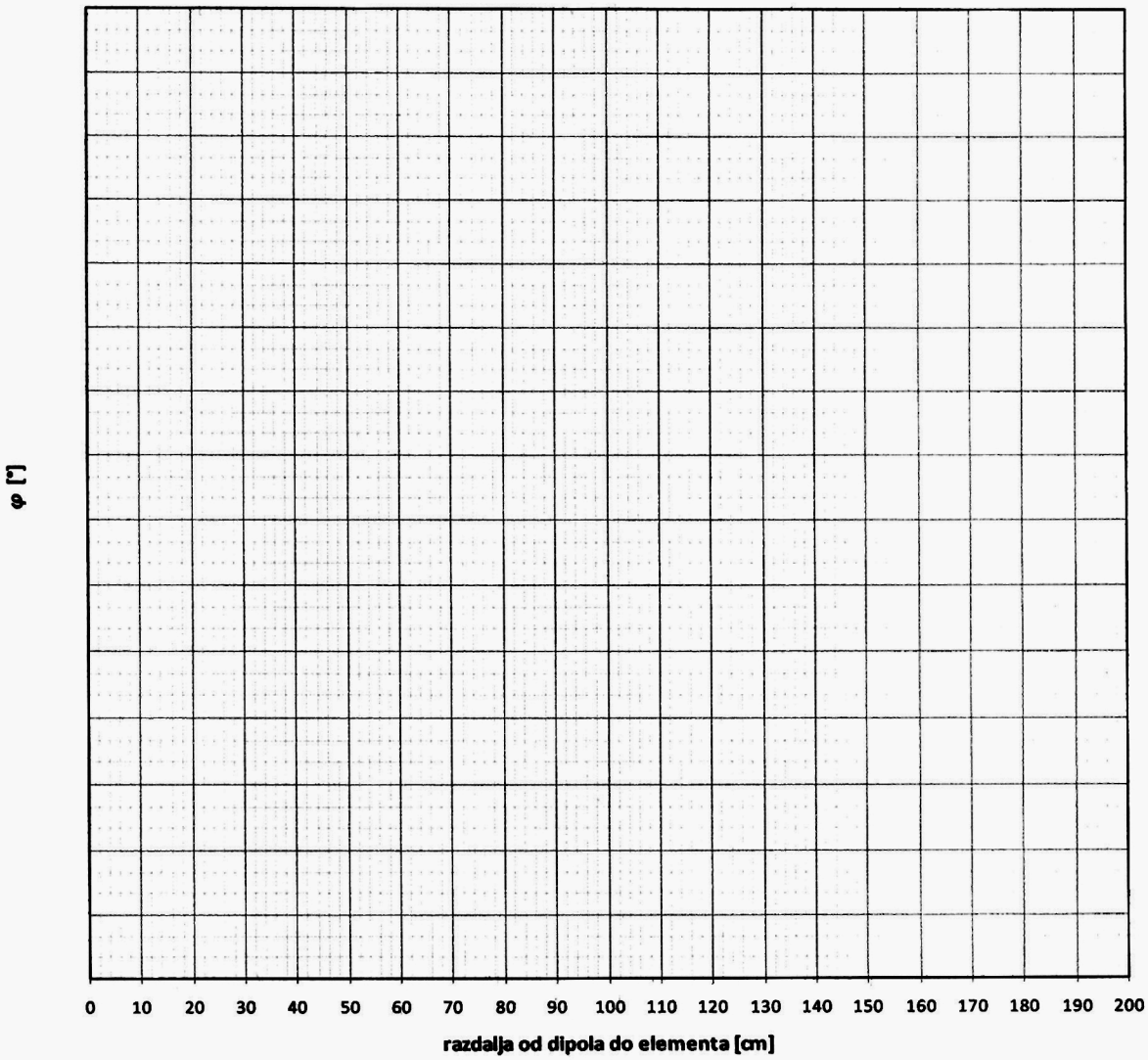
Potek faze vzdolž antene



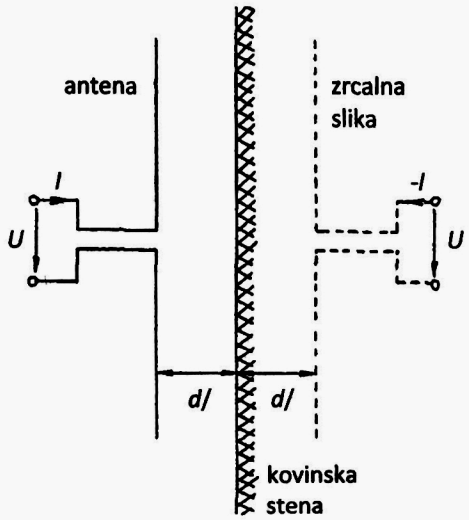
Grafi:

Yagi antena za 200 MHz (λ=1,5m)

Potek faze vzdolž antene



VAJA 17: Medsebojna impedanca dveh polvalovnih dipolov



$$U_1 = Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2$$
$$U_1 = Z_{11}I + Z_{12}(-I)$$

$$Z_{vh} = \frac{U}{I} = Z_{11} - Z_{12}$$

kapacitivno-induktivno +

frekvenca izvora: $f = 412{,}5\,MHz$ → valovna dolžina: $\lambda = 0{,}72\,m$

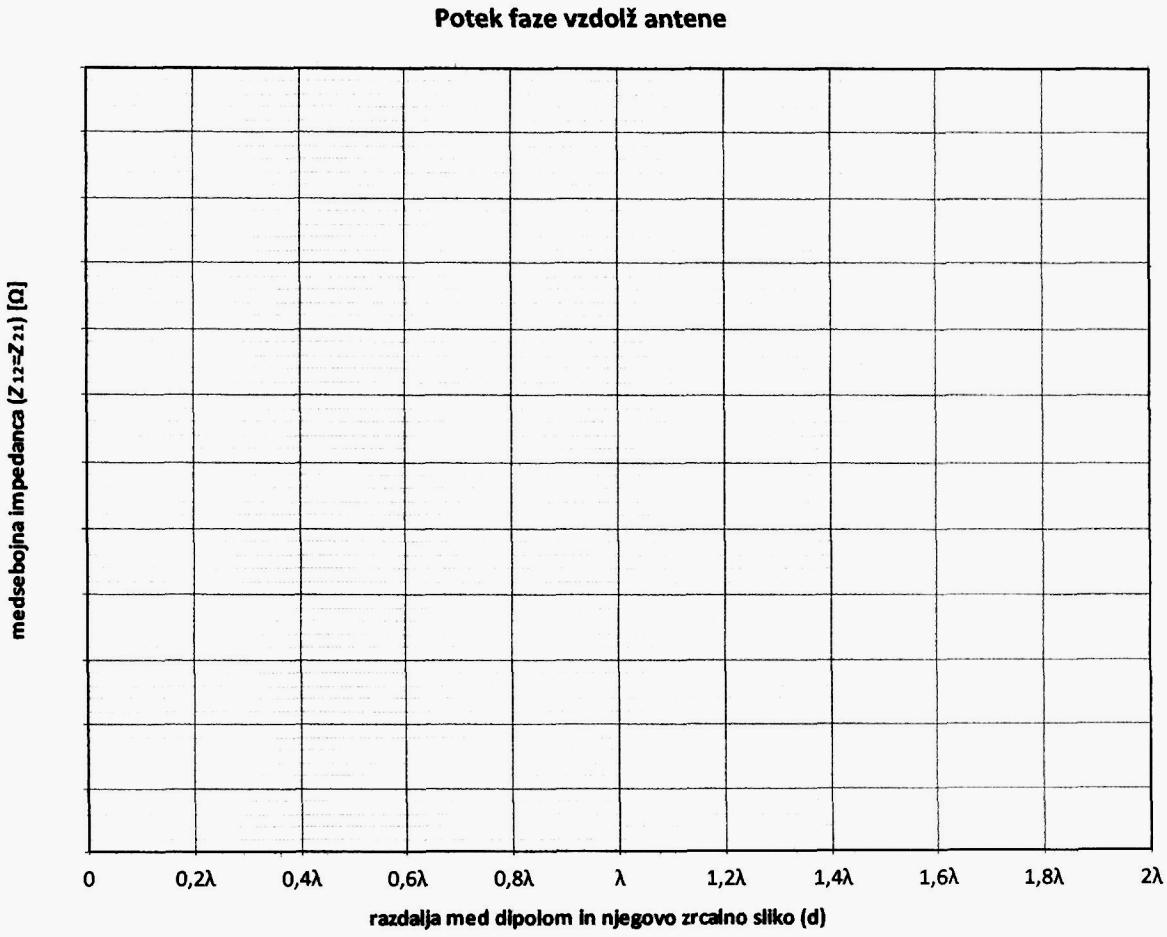
impedanca samega dipola brez zrcala: $|Z_{11}| = 74$ $\varphi_{11} = 83$

razdalja med dipolom in zrcalom	amplituda impedance	odčitana faza impedance	korigirana faza impedance monopola	realni del medsebojne impedance	imaginarni del medsebojne impedance
$d/2$ [cm]	$\lvert Z_{vh}\rvert$ [Ω]	φ_{vh} [°]	$\frac{\varphi[°]\cdot f[MHz]}{100\,[MHz]}$	$Re\{Z_{12}\}$ [Ω]	$Im\{Z_{12}\}$ [Ω]
15	90	85	350,625°	7,84	89,65
20	82	86	354,75	5,72	81,8
25	89	87	358,87	4,65	88,87
30	103	88	363	3,39	102,93
35	95	82	338,25	13,22	94,1
40	82	87	358,87	4,29	81,8
45	92	82	338,25	12,8	91,1
50	98	82	338,25	13,63	97,
55	92	82	338,25	12,8	91,1
60	82	89	367,12	1,43	91,98
65	65	88	363	2,26	64,96
70	70	88	363	2,44	69,95
75	64	88	363	2,23	63,96

meritev izračun

$$Z = |Z|\cdot e^{j\varphi} = |Z|\cdot(\cos\varphi + j\sin\varphi) = Re\{Z\} + Im\{Z\}$$

Graf:


Potek faze vzdolž antene
medsebojna impedanca ($Z_{12}=Z_{21}$) [Ω]
0
0,2λ
0,4λ
0,6λ
0,8λ
λ
1,2λ
1,4λ
1,6λ
1,8λ
2λ
razdalja med dipolom in njegovo zrcalno sliko (d)

VAJA 18: Interferenca valov nad ravno površino

Meritev:

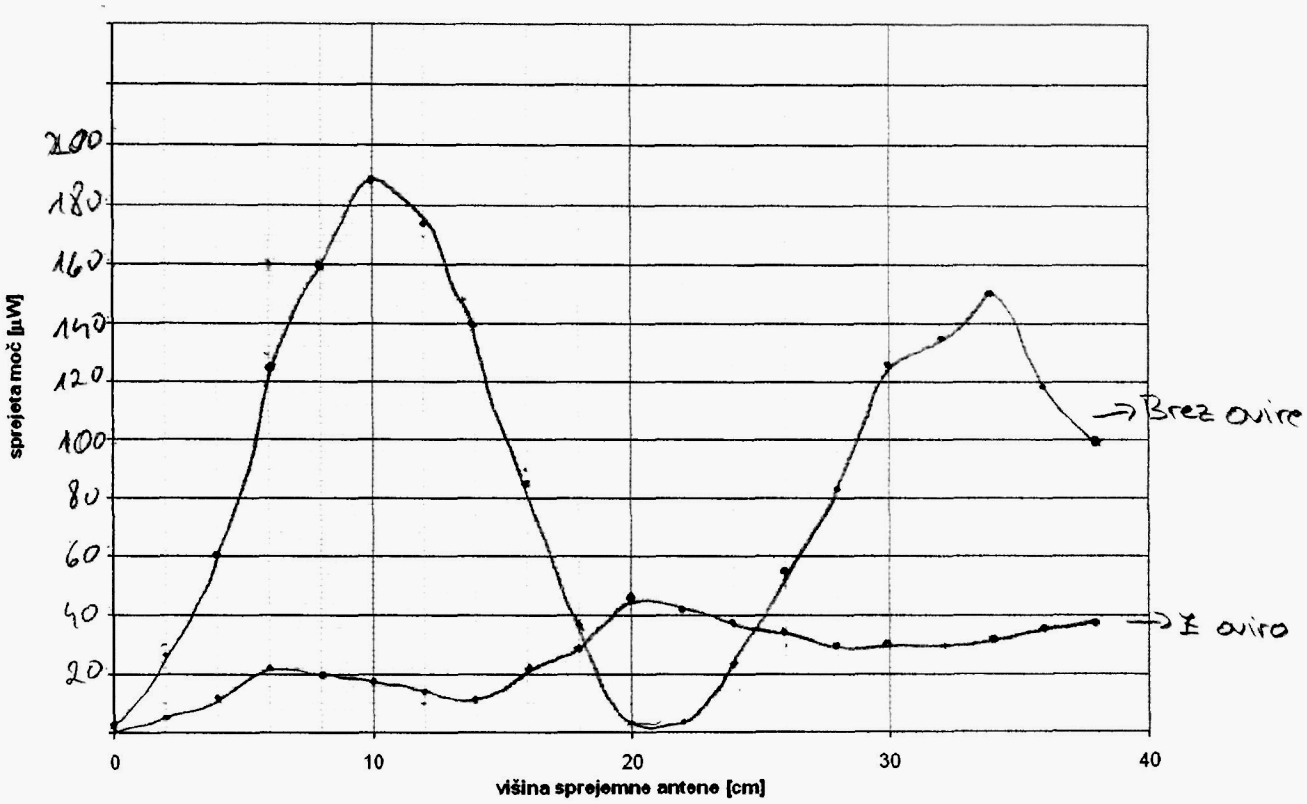
višina oddajne antene: $h_{odd.}$ = 18,5 cm

višina ovire: h_{ovire} = 13 cm

valovna dolžina oddajnika: λ = 7,7 cm

višina sprejemne antene h_{spr} [cm]	sprejeta moč [μW]	
	brez ovire	z oviro
0	1	0,05
2	26	5,5
4	60	12
6	125	21
8	160	20
10	190	18
12	175	15
14	140	13
16	83	21
18	38	30
20	3,5	42
22	3,3	41
24	22	38
26	56	34
28	82	30
30	125	31
32	135	31
34	130	32
36	119	35
38	160	38

Graf:


sprejeta moč [µW]
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
10
20
30
40
višina sprejemne antene [cm]
→ Brez ovire
→ Z oviro

VAJA 19: Ugotavljanje polarizacije antene in osnega razmerja

10 GHz

Osno razmerje: $R = \frac{|U_{max}|}{|U_{min}|}$

$\lambda = \frac{c_0}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{10 \cdot 10^9} = 0{,}03\,cm$

3 cm

antilogaritmirano

1) Oddaja: korugiran lijak
Sprejem: korugiran lijak

Osno razmerje: $R = \frac{34{,}3}{1{,}45} = 23{,}65$

3 $\frac{\lambda}{4} = 0{,}75\,cm$

2) Oddaja: neznana antena
Sprejem: korugiran lijak

referenčna Qeva

Osno razmerje: $R = \frac{22}{20} = 1{,}1$

3) Oddaja: korugiran lijak
Sprejem: 2 korugirana lijaka za krožno polarizacijo

Vzdolžni zamik sprejemnih lijakov: d = 0,75 cm

Osno razmerje: $R = \frac{34}{33} = 1{,}03$

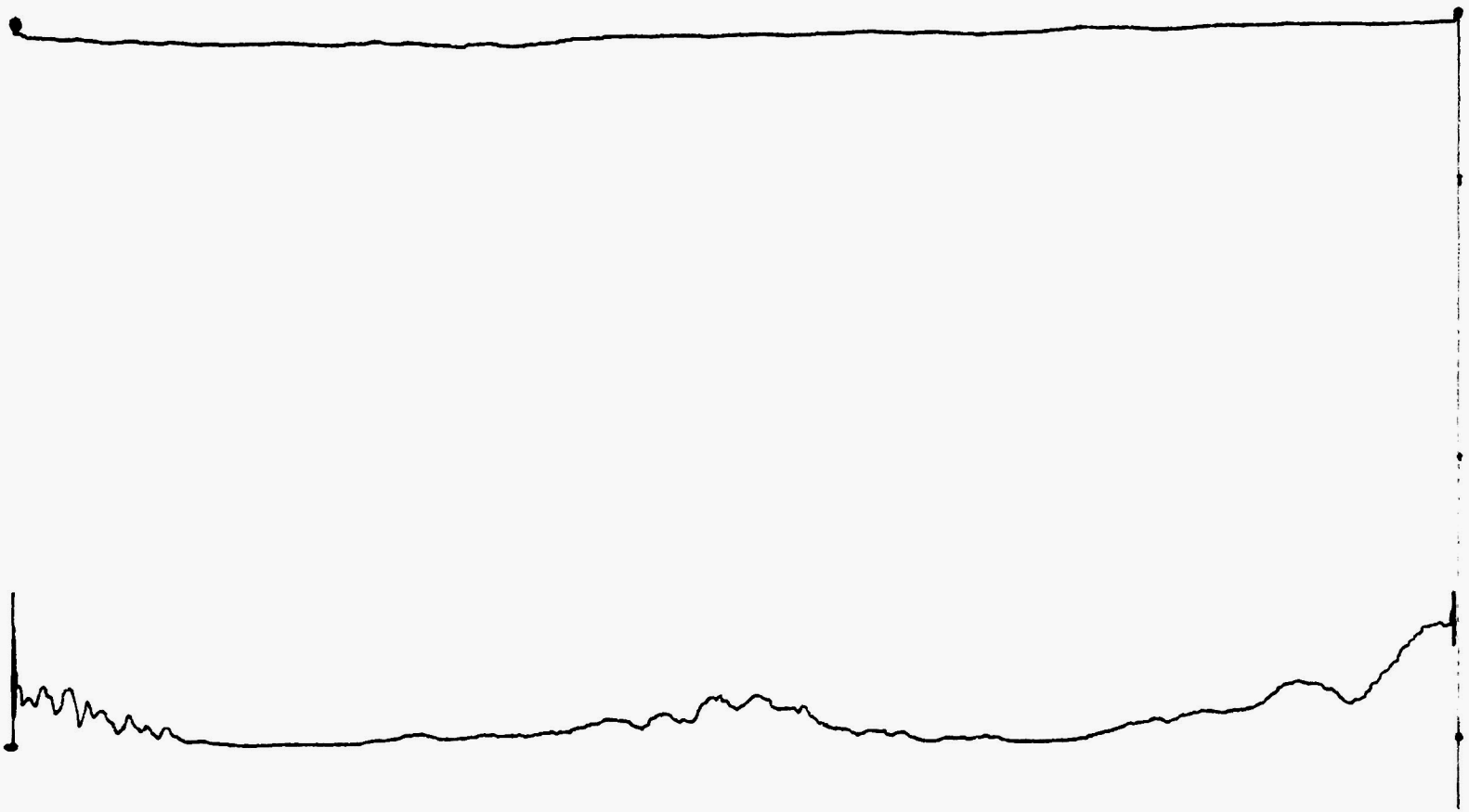
4) Oddaja: neznana antena
Sprejem: 2 korugirana lijaka za krožno polarizacijo

Vzdolžni zamik sprejemnih lijakov: d = 0,75 cm

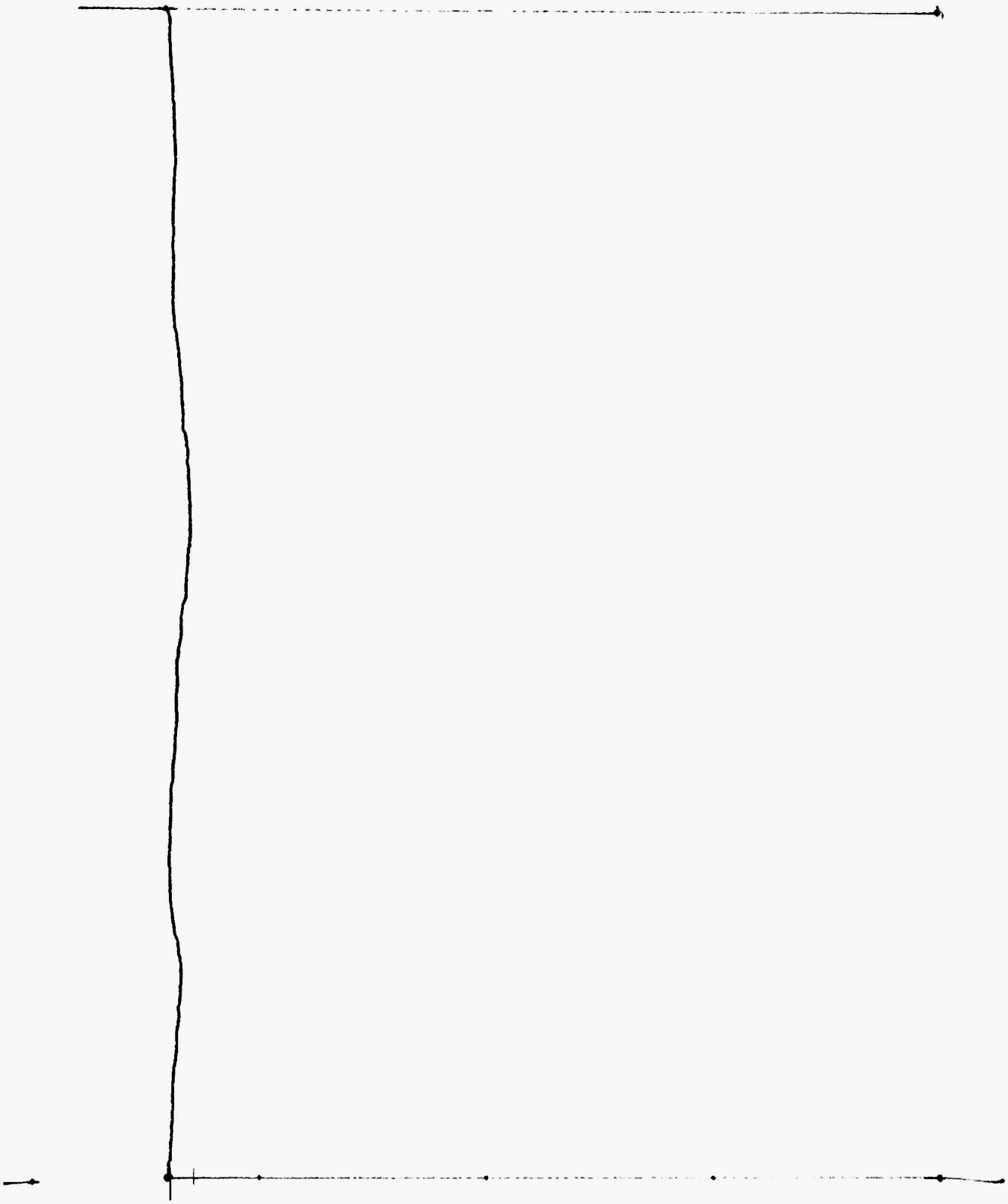
Polarizacija sprejemne antene, ki prehiteva:

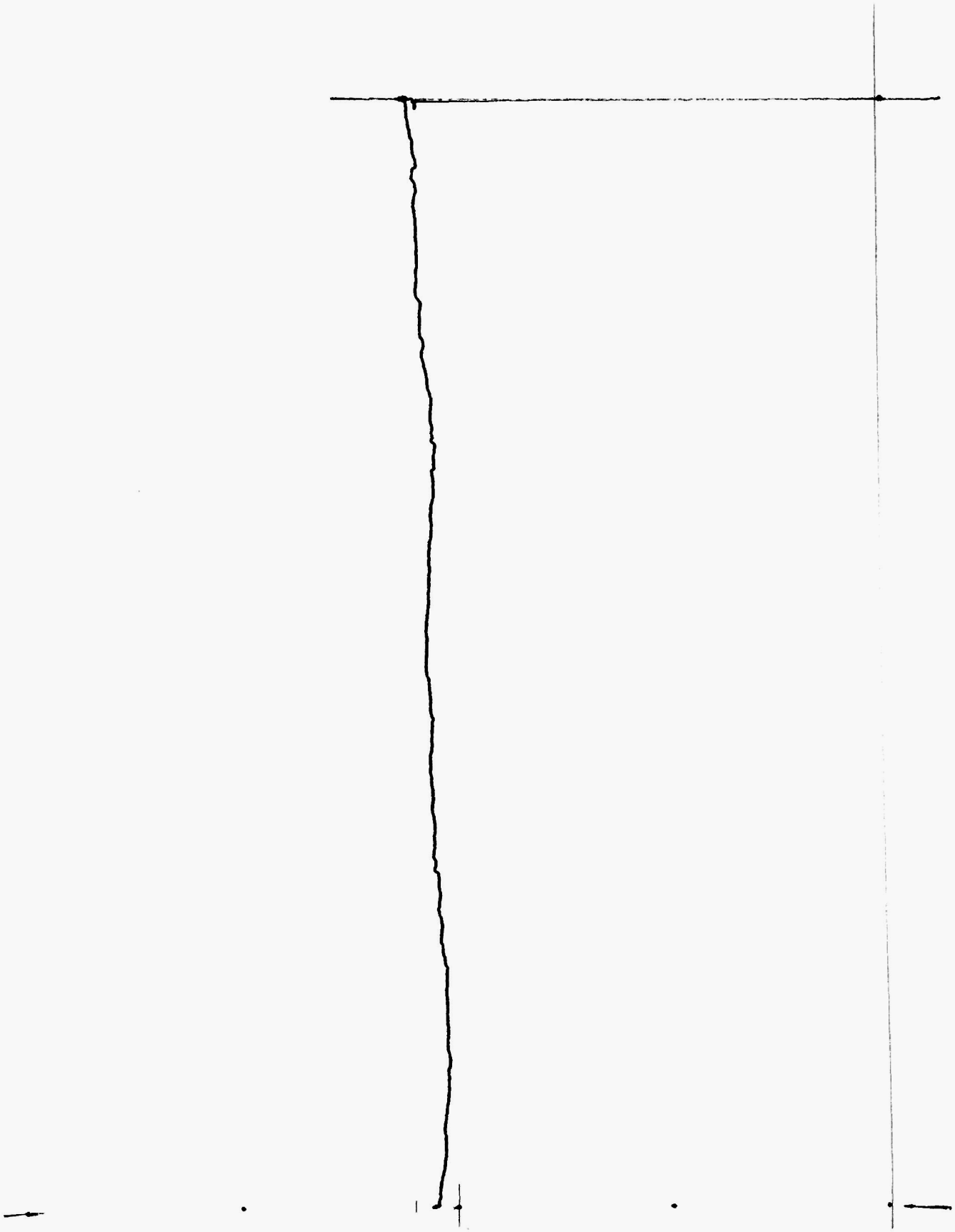
Osno razmerje: R = 1

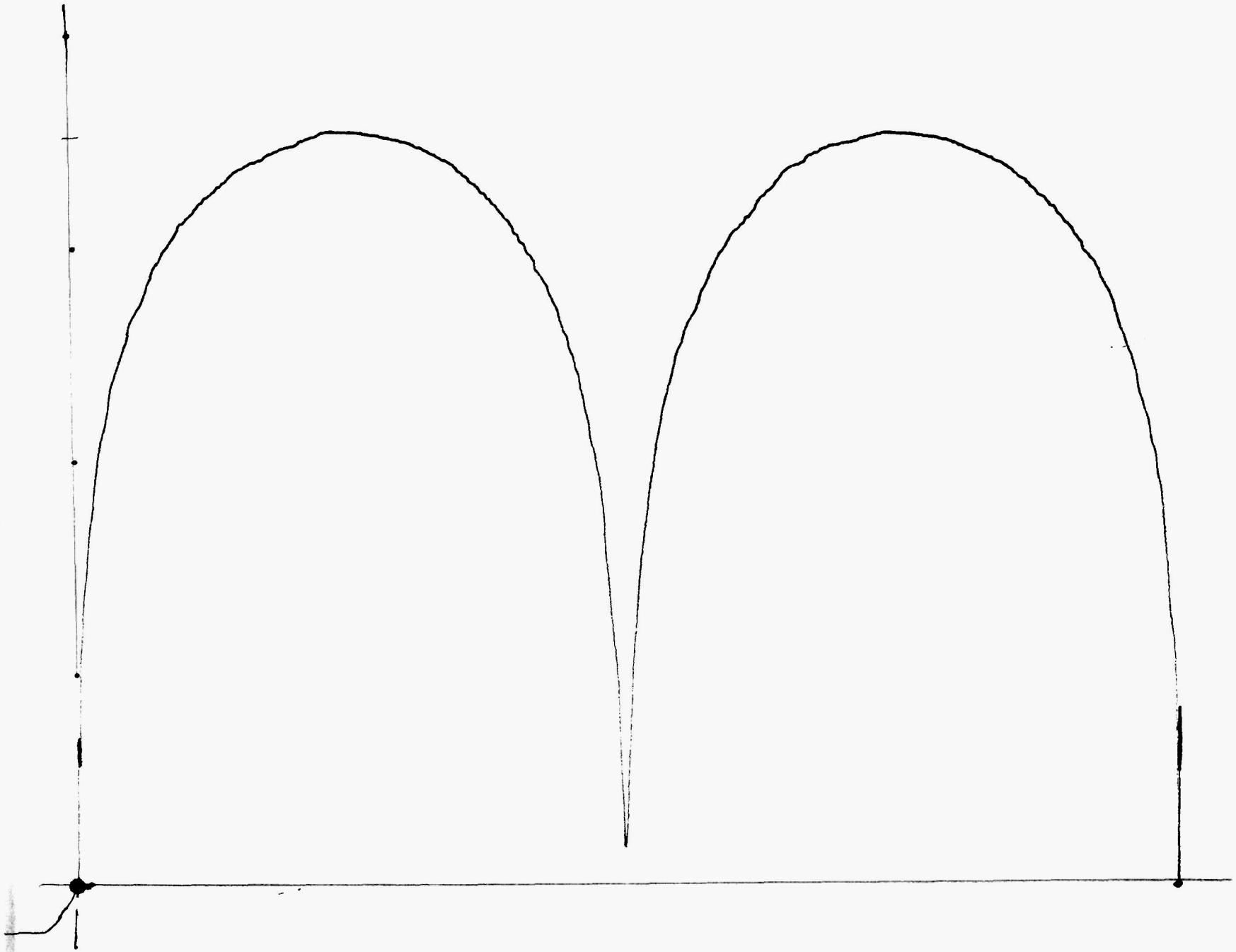
Polarizacija neznane antene: desna



3







VAJA 20: Fresnelove cone in difraktorji

amplituda sprejetega polja brez ovire = 0,5

faza sprejetega polja brez ovire = -90°

odstranjene krožne ovire	amplituda sprejetega polja *A*	faza sprejetega polja *φ* [°]
1	1	-105
2	0,9	70
3	0,55	-88
4	0,5	89
5	0,4	-70
1, 2	0,2	-145
2, 3	0,2	30
3, 4	0,05	-150
4, 5	0,07	35
2, 4	1,2	85
1, 3	1,5	-90
1, 3, 5	1,8	-90

odstranjene trakaste ovire	amplituda sprejetega polja *A*	faza sprejetega polja *φ* [°]
1	0,12	62
2	0,05	165
3	0,12	85
4	0,04	155
5	0,12	95
1, 2	0,03	60
2, 3	0,1	110
3, 4	0,07	70
4, 5	0,08	105
2, 4	0,08	-175
1, 3	0,18	60
1, 3, 5	0,22	60

VAJA 21: Merjenje uklonskega slabljenja klinaste ovire

Frekvenca signala: f = 15 GHz

Valovna dolžina signala: $\lambda = \frac{c}{f} = 0{,}02\,m$

Razdalja med odd. anteno in oviro: R_1 = 88 cm

Razdalja med sprej. anteno in oviro: R_2 = 92,5 cm

Oddajna moč: P_0 = 23,7 dBm

Polmeri prvih Fresnelovih con:

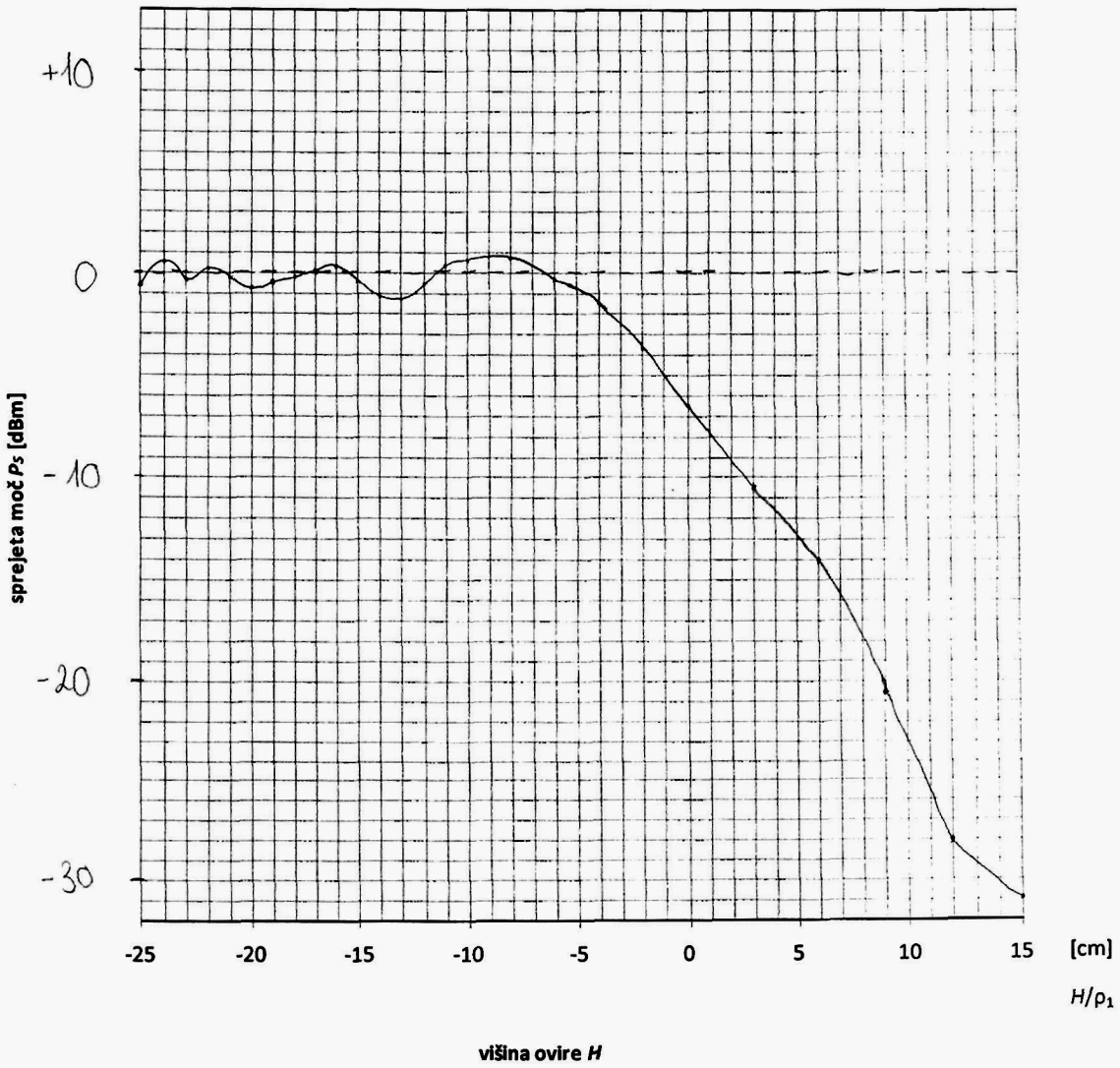
Fresnelova cona n	Polmer cone ρ_n [cm]
1	0,95
2	1,34
3	1,64
4	1,9

Meritev sprejete moči v odvisnosti od višine ovire:

Višina ovire nad antenama		Sprejeta moč
H [cm]	H/ρ_1	P_S [dBm]
-25	-26,32	-0,5
-24	-25,26	0,6
-23	-24,21	-0,3
-22	-23,16	0,2
-21	-22,12	-0,1
-20	-21,1	-0,8
-19	-20	-0,5
-18	-18,95	-0,1
-17	-17,89	0
-16	-16,84	0,2
-15	-15,79	-0,4
-14	-14,74	-1,1
-13	-13,68	-1,2
-12	-12,63	-0,5
-11	-11,58	0,2
-10	-10,53	0,6
-8	-8,42	0,8
-6	-6,32	-0,2
-4	-4,21	-1,4
-2	-2,11	-3,8
0	0	-6,5
3	3,16	-10,5
6	6,32	-14
9	9,47	-20,5
12	12,63	-28
15	15,79	-31

Graf:

Uklonsko slabljenje klinaste ovire



VAJA 22: Opazovanje mejne frekvence ionosfere

Datum in ura meritve: 5. 1. 2010; 16:50

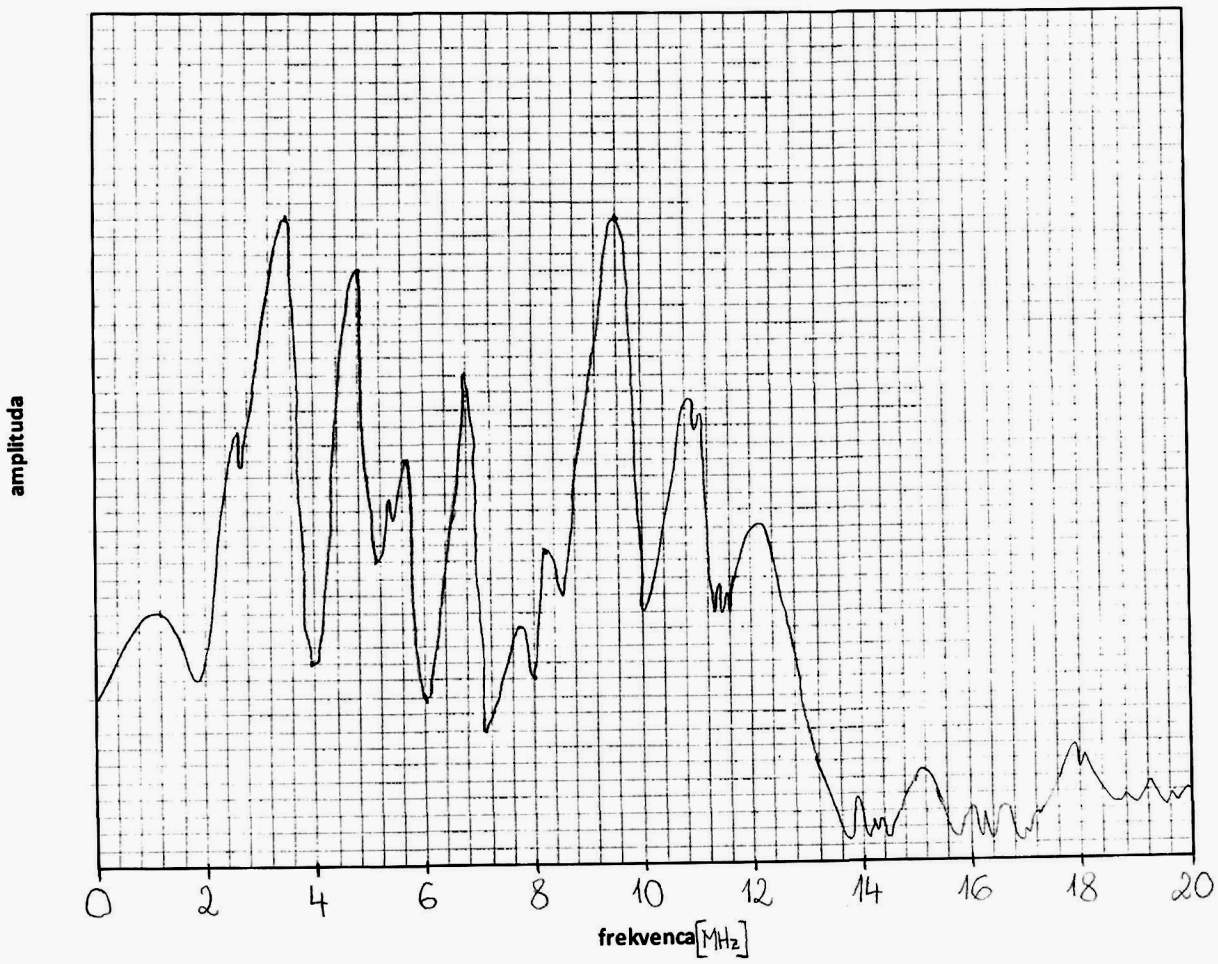
Azimut Sonca: 59,1

Elevacija Sonca: 22,52

LUF (*Lowest Usable Frequency*) = 6 MHz → NEMŠKA RADIJSKA POSTAJA

MUF (*Maximum Usable Frequency*) = 18,7 MHz → ŠPANSKA RADIJSKA POSTAJA

Skica signalov v prenašanem frekvenčnem pasu ionosfere in njihov izvor:



VAJA 23: Merjenje šumne temperature antene

Lijakasta antena:

dimenzije (š x v) = 39 × 52 cm

frekvenca = 1,7 GHz

Parabolična antena:

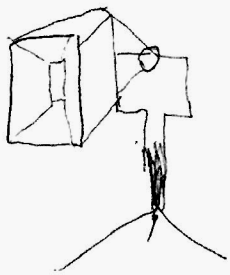
dimenzije (r) = 83 = premer

frekvenca = 12 GHz

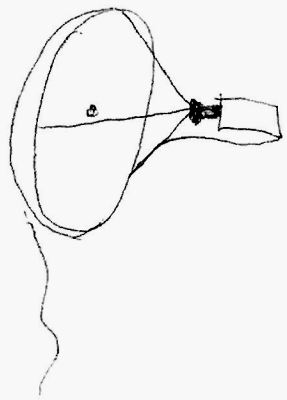
Skica anten s pripadajočimi dimenzijami:

Izkoristek osvetlitve: 0,6

Lijakasta antena



Parabolična antena



Izmerjena moč sprejetega šuma:

	P_{tal} [enote]	P_{neba} [enote]	P_{Sonca} [enote]
Lijakasta antena	10	6	8,5
Parabolična antena	7	3	10

Pomožne enačbe:

$T_{tal} = 290\ K$

$T_{neba} = 4\ K$

SISTEM ENAČB

$P_{tal} = k_B \cdot (T_{antene@tla} + T_{sprejemnika}) \cdot \Delta f$

$P_{neba} = k_B \cdot (T_{antene@nebo} + T_{sprejemnika}) \cdot \Delta f$ → $T_{antene@Sonce}, T_{sprejemnika} = ?$

$P_{Sonca} = k_B \cdot (T_{antene@Sonce} + T_{sprejemnika}) \cdot \Delta f$

$$T_{antene@Sonce} = \frac{D \cdot \Omega \cdot T_{Sonca}}{4 \cdot \pi} \quad \rightarrow \quad T_{Sonca} = ?$$

$$D = \frac{4\pi}{\lambda^2} \cdot A_{eff}$$

enačba za določitev smernosti antene;
A_{eff} je efektivna površina antene

$$\Omega = 2\pi\left[1 - \cos(\varphi/2)\right]$$

enačba za prostorski kot, pod katerim gleda antena v Sonce;
$\varphi \approx 0{,}5°$

6

$$P_{tal} = k_B \cdot \Delta f \cdot T_{antena@tla} + k_B \cdot \Delta f \cdot T_{sprejemnika} \Longrightarrow \boxed{T_{sprejemnika} = \frac{P_{tal} - k_B \cdot \Delta f \cdot T_{antena@tla}}{k_B \cdot \Delta f}} \cdot 10 \cdot 10^{13}$$

$$P_{nebo} = k_B \cdot \Delta f \cdot T_{antena@nebo} + k_B \cdot \Delta f \cdot T_{sprejemnika} \Longrightarrow \left(T_{sprejemnika} = \frac{P_{nebo} - k_B \cdot \Delta f \cdot T_{antena@nebo}}{k_B \cdot \Delta f} \right)$$

$$P_{sonca} = k_B \cdot \Delta f \cdot T_{antena@sonca} + k_B \cdot \Delta f \cdot T_{sprejemnika}$$

$$\Longrightarrow$$

$$T_{antena@sonca} = \frac{P_{sonca} - k_B \cdot \Delta f \cdot T_{sprejemnika}}{k_B \cdot \Delta f}$$

$$T_{antena@sonca} = \frac{P_{sonca} - k_B \cdot \Delta f \cdot \frac{P_{tal} - k_B \cdot \Delta f \cdot T_{antena@tla}}{k_B \cdot \Delta f}}{\Delta f \cdot k_B}$$

$$\boxed{T_{antena@sonca} = \frac{P_{sonca} - P_{tal} + k_B \cdot \Delta f \cdot T_{antena@tla}}{\Delta f \cdot k_B}}$$

Izračun šumne temperature sprejemnika in Sonca na obeh uporabljenih frekvencah:

$$\frac{P_{TAC}}{P_{NEBA}} = \frac{T_{ANTENE@1GHz} + T_{SPR}}{T_{ant@nebo} + T_{SPR}} = \frac{10}{6}$$

$$\frac{290 + T_{SPR}}{4 + T_{SPR}} = \frac{10}{6}$$

$$1740 + 6T_{SPR} = 40 + 10T_{SPR}$$

$$1700 = 4T_{SPR}$$

$$T_{SPR} = 425K$$

$$\frac{10}{8{,}5} = \frac{T_{ant@1GHz} + T_{SPR}}{T_{ant@son} + T_{SPR}}$$

$$\frac{10}{8{,}5} = \frac{290 + 425}{T_{ant@son} + 425}$$

$$6077{,}5 = 4250 + 10\,T_{ant@son}$$

$$182{,}75K = T_{ant@son}$$

VAJA 24: Meritev šumnega števila ojačevalnika

* se mi dalo izmeriti zaradi napake instrumenta

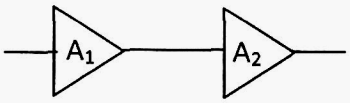
		INA 03184 820 Ω		INA 10386 150 Ω		MSA 0386 220 Ω	
f [MHz]	šumno št. merilnika *F*[dB]	ojačenje *G* [dB]	šumno št. *F* [dB]	ojačenje *G* [dB]	šumno št. *F* [dB]	ojačenje *G* [dB]	šumno št. *F* [dB]
100	5,53	27,05	2,53	26,45	3,2	*	*
200	5,76	27,31	2,52	26,32	3,15	10,93	5,49
300	3,87	26,96	2,63	26,37	3,23	10,77	5,52
400	6,21	26,86	2,73	26,34	3,32	10,51	5,54
500	6,31	26,78	2,82	26,33	3,38	10,32	5,54
600	6,73	27,42	2,92	26,49	3,43	10,46	5,57
700	6,87	26,9	3,01	26,52	3,51	10,02	5,6
800	6,8	26,98	3,15	26,51	3,61	9,83	5,64
900	7,15	26,90	3,3	26,45	3,74	9,51	5,71
1000	7,53	26,39	3,43	26,38	3,85	9,20	5,71
1100	7,73	26,63	3,47	26,35	3,9	8,78	5,7
1200	8,05	26,26	3,48	26,11	3,91	8,35	5,68
1300	8,4	26,01	3,46	26,09	3,88	8,25	5,67
1400	8,56	25,76	3,43	25,99	3,88	8,33	5,62
1500	9,0	24,67	3,45	25,5	3,88	8,86	5,6
1600	9,71	24,64	3,49	25,36	3,91	8,99	5,6

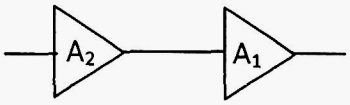
Zaporedna vezava dveh ojačevalnikov oz. slabilca in ojačevalnika

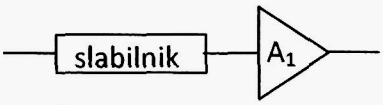
1. ojačevalnik: INA 10386 / 150Ω
2. ojačevalnik: MSA 0386 / 220Ω

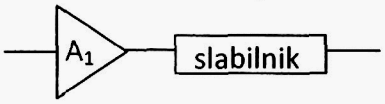
Vrednost slabilca: 6dB / 50Ω

Frekvenca meritve: 500 MHz

1) 

2) 

3) 

4) 

Meritev		Teoretični izračun	
G_{izm} [dB]	F_{izm} [dB]	G_{izr} [dB]	F_{izr} [dB]
36,35	3,38	36,65	
36,83	5,65	36,65	
20,23	9,32		
20,27	3,41		

VAJA 25: Umerjanje toplotnega izvora šuma

Šumna temperatura ojačevalnika: T_G = 175

Ojačenje ojačevalnika: G = 52 dB

Frekvenca meritve: f = 400 MHz

Pasovna širina meritve: B = 300 KHz

U [V]	I [mA]	odbojnost žarnice $\lvert\Gamma\rvert$	moč šuma P_N [dBm]	šumna temp. žarnice T_R [K]	upornost žarnice R [Ω]	šumna temp. sistema T_C [K]	ENR [dB]
odklopljena žarnica		1	-62		/		
0	0	0,66	-62		∞		
0,5	29	0,48	-62		17,24		
1	37	0,41	-61,2		27,03		
1,5	48	0,35	-60		31,25		
2	55	0,28	-59,9		36,36		
2,5	63	0,25	-59,2		39,68		
3	71	0,23	-58,7		42,25		
3,5	76	2	-58,7		46,05		
4	81	17	-58,6		49,38		
4,5	87	15	-58,5		51,72		
5	94	14	-58		53,19		
5,5	98	13	-58		56,12		
6	102	11	-58		58,82		

meritev izračun

$$P_N = B \cdot k_b \left(T_R \cdot \left(1 - |\Gamma|^2\right) + T_0 \cdot |\Gamma|^2 + T_G \right) \cdot G \rightarrow T_R = ?$$

$$P_N = B \cdot k_b \cdot T_C \cdot G \rightarrow T_C = ?$$

$$ENR = 10 \cdot \log \frac{T_R}{T_0}$$

k_B -> boltzmannova konst.

$1{,}7 \cdot 10^{-23}$ $\frac{m^2 kg}{s^2}$

$$P_N = B \cdot k_B G \left(T_R (1-\Gamma^2) + T_0 \cdot \Gamma^2 + T_G \right)$$

$$\frac{P_N}{B \cdot k_B \cdot G} - T_0 \Gamma^2 - T_G = T_R (1-\Gamma^2)$$

$$T_R = \frac{\frac{P_N}{B k_B \cdot G} - T_0 \Gamma^2 - T_G}{1-\Gamma^2}$$

25

$$\boxed{T_C = \frac{P_N}{B \cdot k_B G} =}$$

$$X = b^y$$

$$y = \log_b X$$

$$y = 10 \log \left(\frac{P}{1mW} \right)$$

$$\left(\frac{P}{1mW} \right)^{10} = 10^y$$

$$\frac{P}{1mW} = 10^{\frac{y}{10}}$$

$$\boxed{P = 1mW \cdot 10^{\frac{y}{10}}}$$ 25 NAL

$$G_x = 10^{\frac{G}{10}}$$

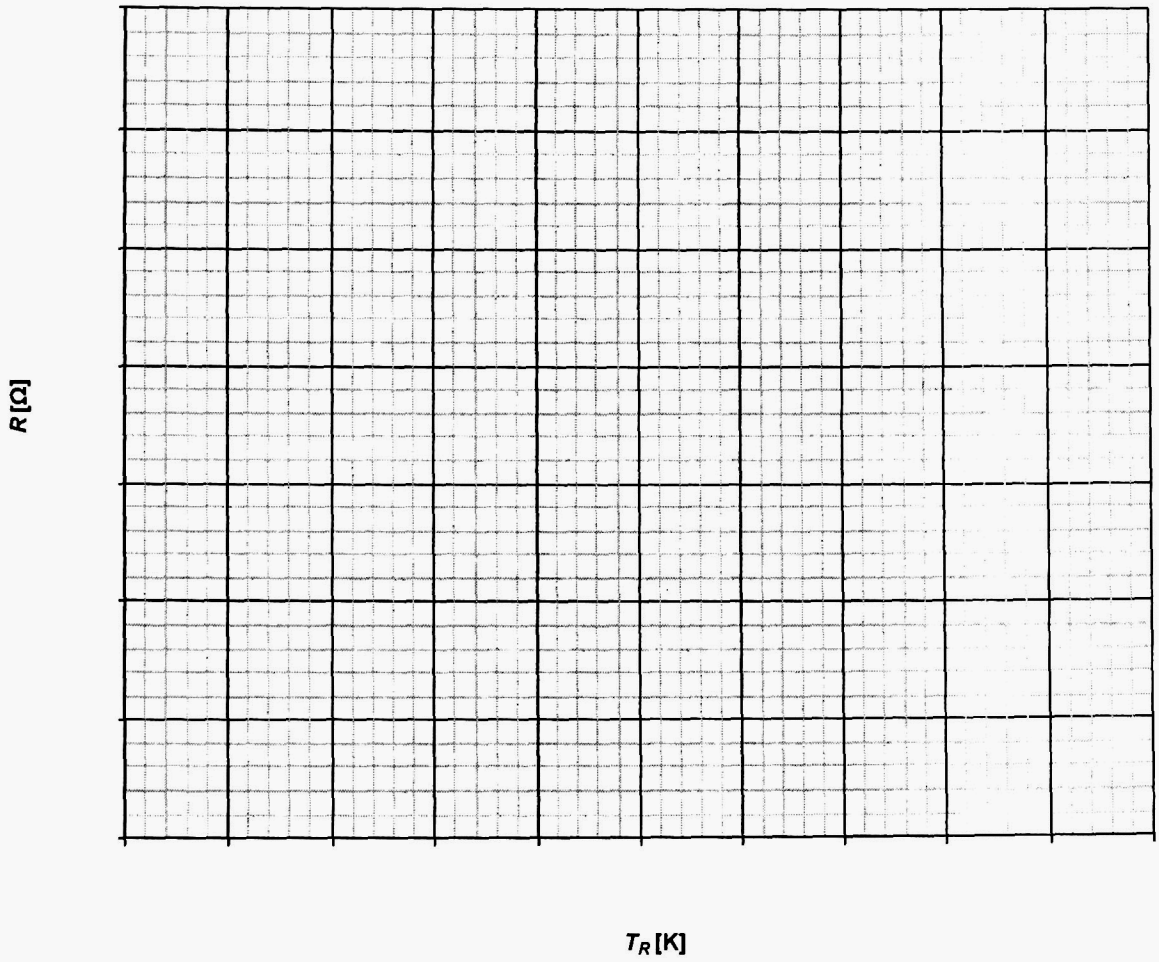
$$P_N = B \cdot k_B \left(T_R \cdot (1-\Gamma^2) + T_0 \Gamma^2 + T_G \right) \cdot G$$

$$\frac{P_N}{B \cdot k_B \cdot G} = T_R (1-\Gamma^2) + T_0 \Gamma^2 + T_G$$

$$\frac{\frac{P_N}{B \cdot k_B \cdot G} - T_0 \Gamma^2 - T_G}{1-\Gamma^2} = T_R$$

Graf:

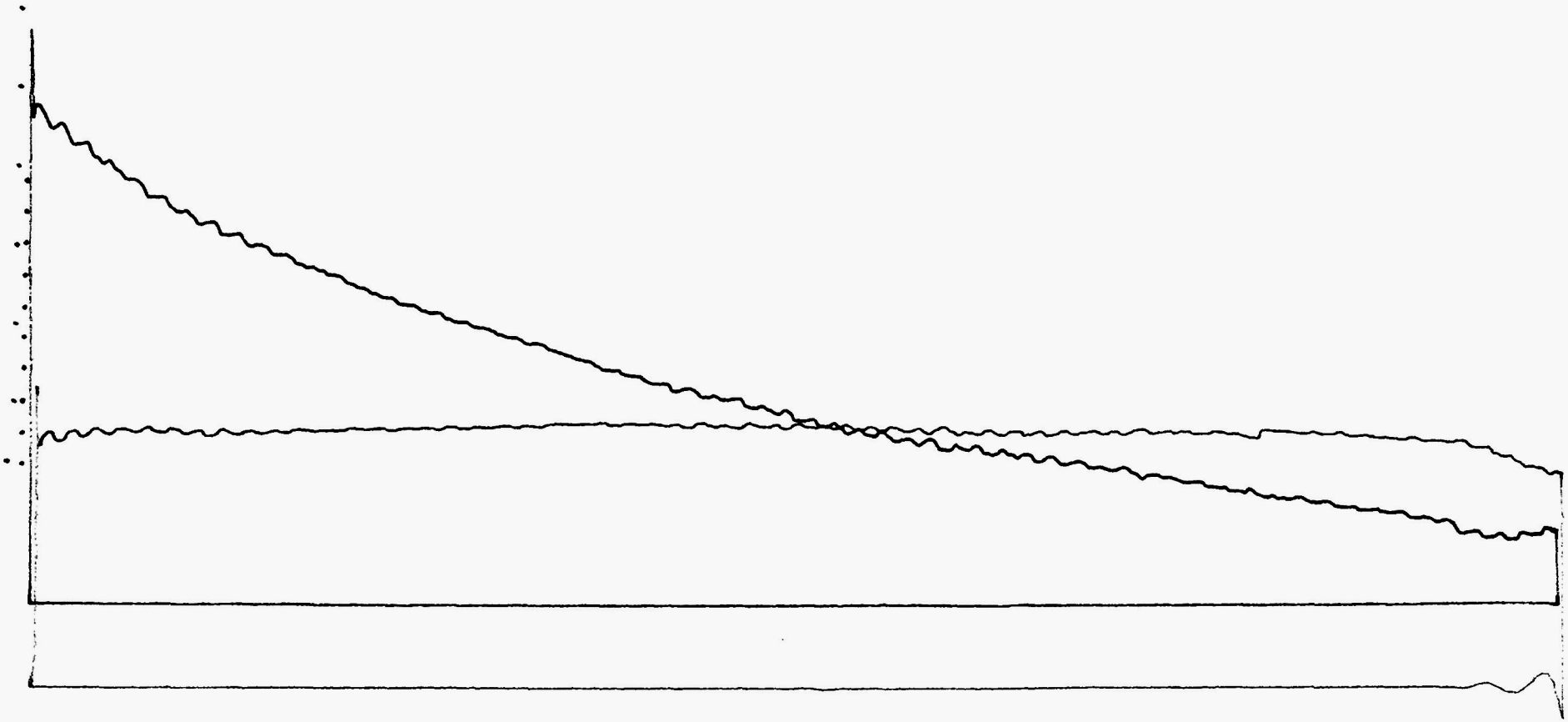
Potek specifične upornosti kovine



ANTENA VODORAVNO - Z ABSORBERJEM

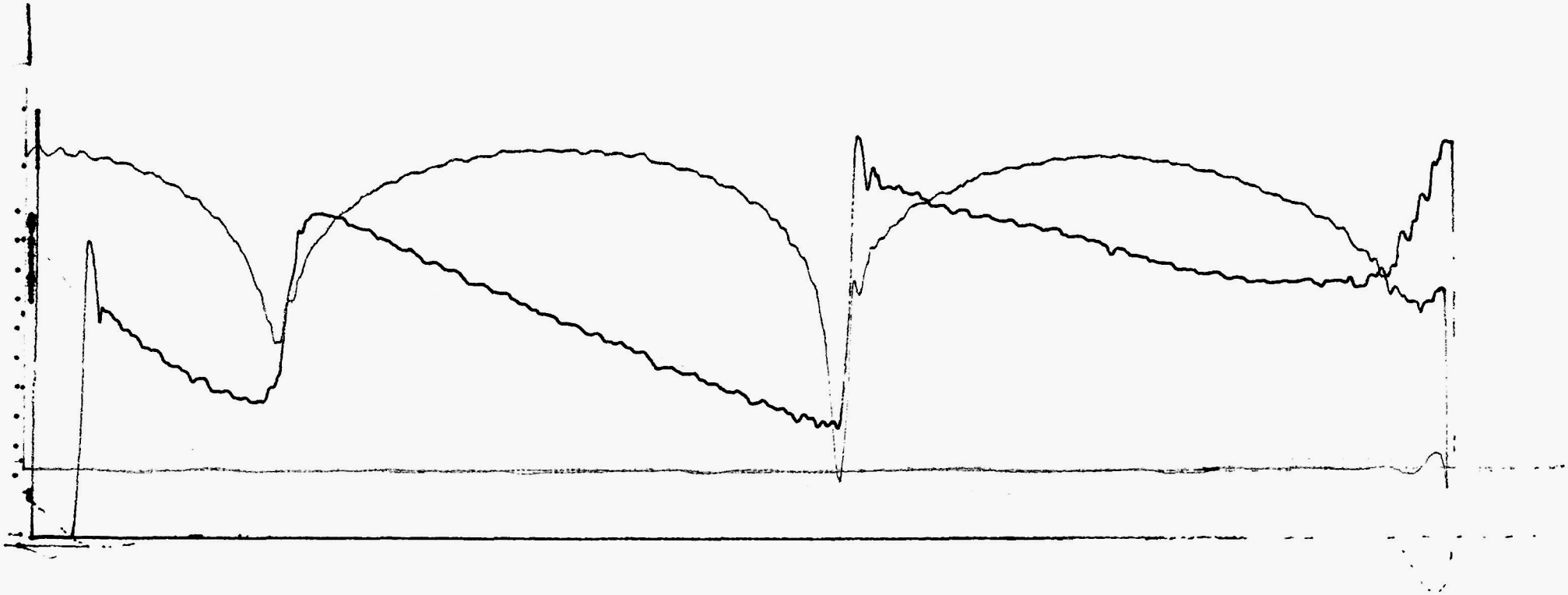
- FAZA

- AMPLITUDA



ANTENE USMERSENE UNDZDCL (3DB2 MSSOMSCRIA)

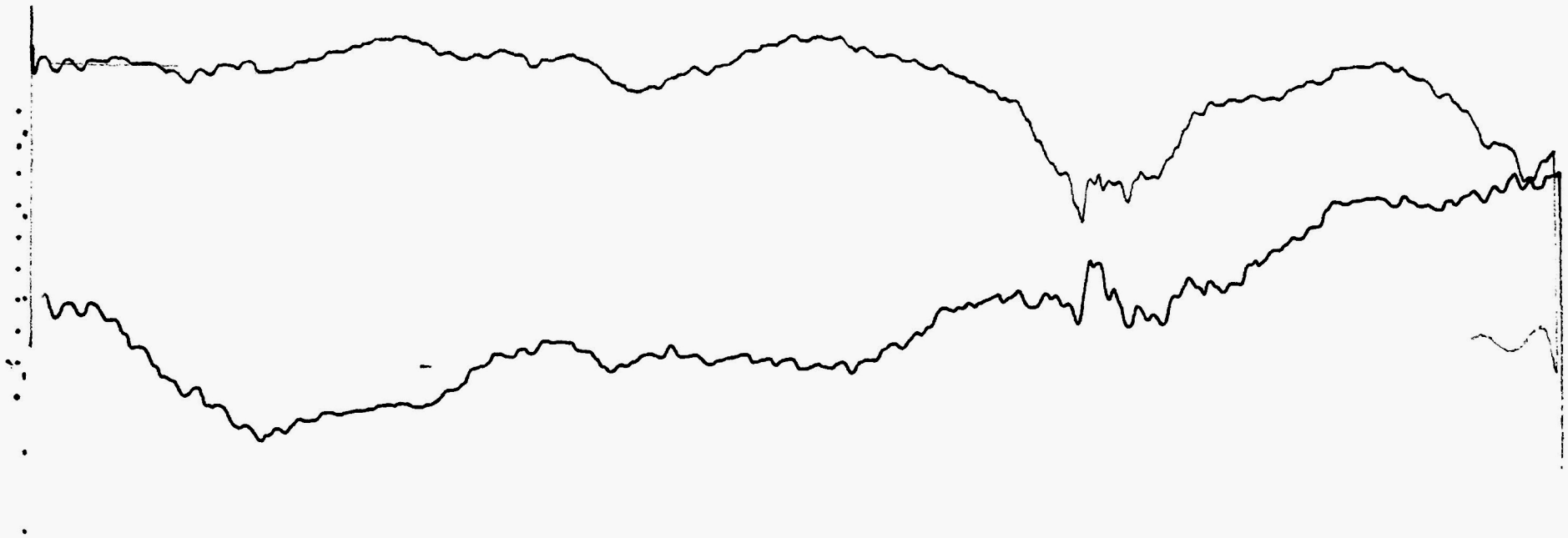
- AMPLITUDA
- FAZA



- FALA

- AMPLITUDA

VEČ ODBOJEV - MANJŠA ABSORPCIJA



VAJA 26: Meritev razmerja signal/šum pri AM in FM

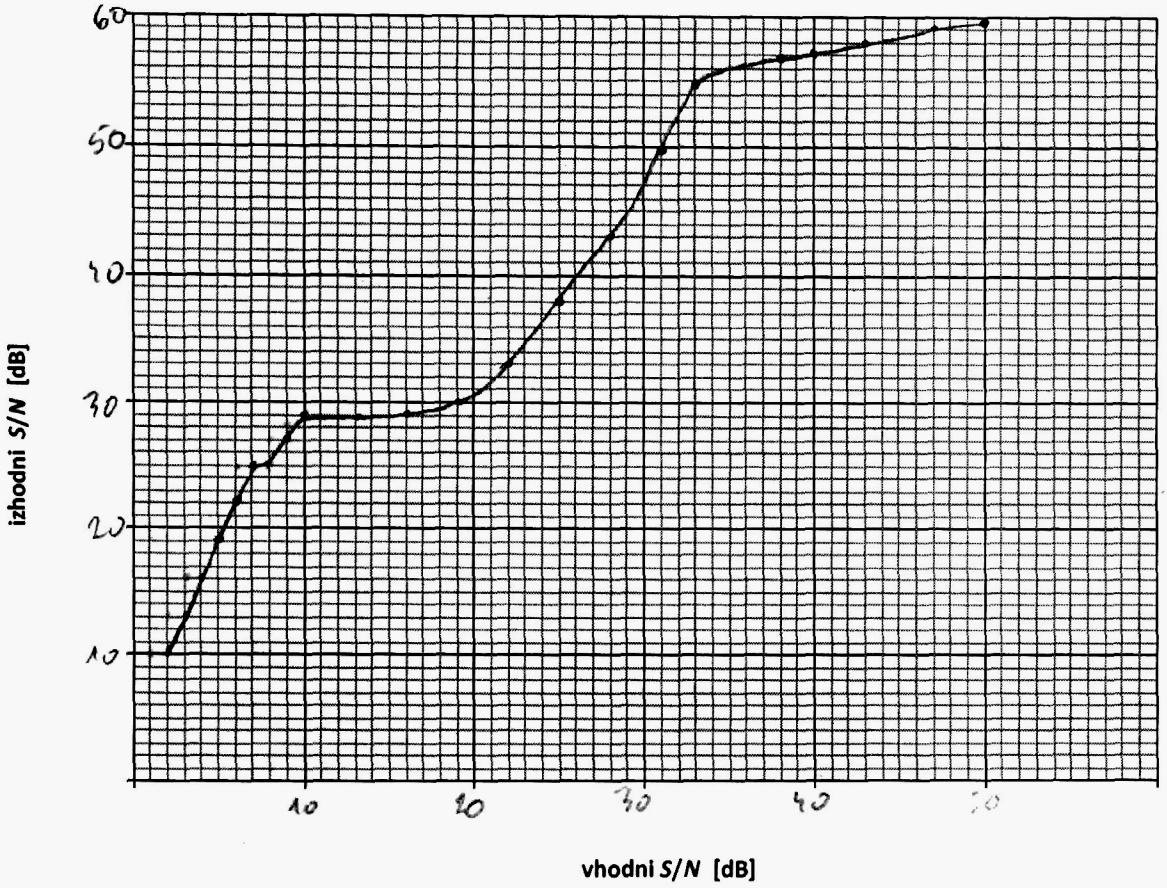
300kHz

vhod		izhod pri AM			izhod pri FM		
$(S/N)_{vh}$ na zaslonu [dB]	$(S/N)_{vh}$ dejanski [dB]	U_N [mV]	U_{N+S} [V]	$(S/N)_{izh}$ [dB]	U_N [mV]	U_{N+S} [V]	$(S/N)_{izh}$ [dB]
50	49,25	1,11	1,04	59,68	1,76	0,6960	51,94
47	46,25	1,13	1,02	59,11	1,77	0,6961	51,89
44	43,25	1,14	0,945	58,37	1,84	0,6965	51,56
41	40,25	1,08	0,823	57,64	1,96	0,6966	51,01
38	37,25	1,12	0,808	57,16	2,22	0,6966	49,93
35	34,25	1,29	0,6895	54,56	2,52	0,6967	48,84
32	31,25	2,27	0,6700	49,4	3,31	0,6968	46,46
29	28,25	4,97	0,6516	42,87	4,35	0,6970	44,09
26	25,25	8,07	0,6425	38,02	5,52	0,6972	42,03
23	22,25	12,91	0,5978	33,31	7,74	0,6973	39,09
20	19,25	15,02	0,5008	30,45	11,45	0,6976	35,69
17	16,25	13,92	0,4255	29,7	14,78	0,6975	33,47
14	13,25	11,03	0,3487	29,98	21,11	0,6973	30,33
11	10,25	9,45	0,2829	29,52	32,08	0,6973	26,73
10	9,25	9,87	0,2752	28,9	36,15	0,6957	25,67
9	8,25	11,01	0,2663	27,66	41,01	0,6951	24,57
8	7,25	13,41	0,2628	25,83	46,2	0,6940	23,51
7	6,25	14,19	0,2548	25,07	47,67	0,6933	23,24
6	5,25	18,81	0,2545	22,6	53,71	0,6923	22,18
5	4,25	26,09	0,2500	19,58	60,71	0,6896	21,07
4	3,25	36,50	0,2477	16,54	68,39	0,6853	19,85
3	2,25	50,29	0,2448	13,56	80,10	0,6784	18,49
2	1,25	69,59	0,2350	10,17	99,89	0,6653	16,37

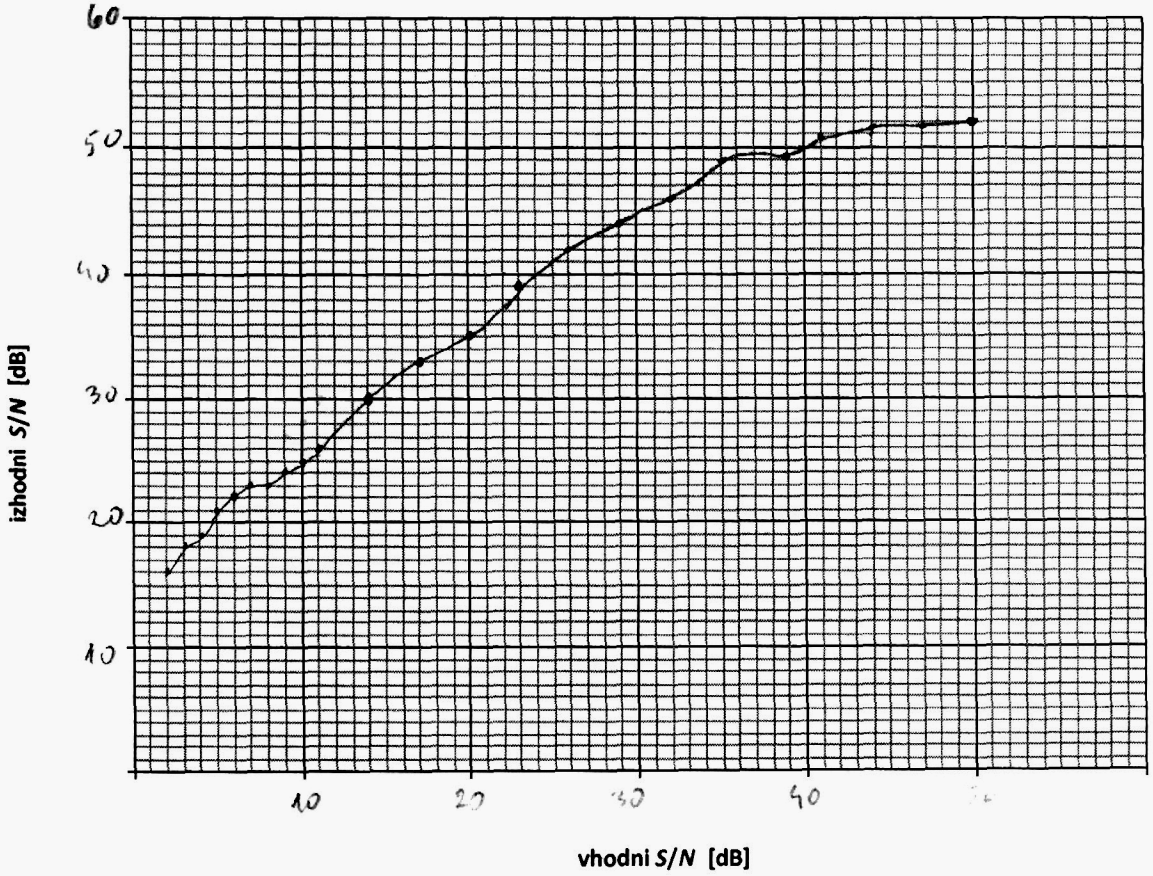
$$(S/N)_{dejanski}[\mathrm{dB}] = (S/N)_{na\ zaslonu}[\mathrm{dB}] - 2{,}51\mathrm{dB} - 10\cdot\log\left(\frac{200\mathrm{kHz}}{B_{IF}}\right)$$

$$(S/N)_{iz}[\mathrm{dB}] = 10\cdot\log\left(\frac{U_{N+S}^{\ 2} - U_N^{\ 2}}{U_N^{\ 2}}\right)$$

Amplitudna modulacija (AM)



Frekvenčna modulacija (FM)



VAJA 27: Popačenje analognih signalov pri številskem prenosu

$f_{vzorčna}$ = 10 MHz

$f_{signala}$ = 400 kHz

$\log_2(3) = 1{,}6$

Meritev:

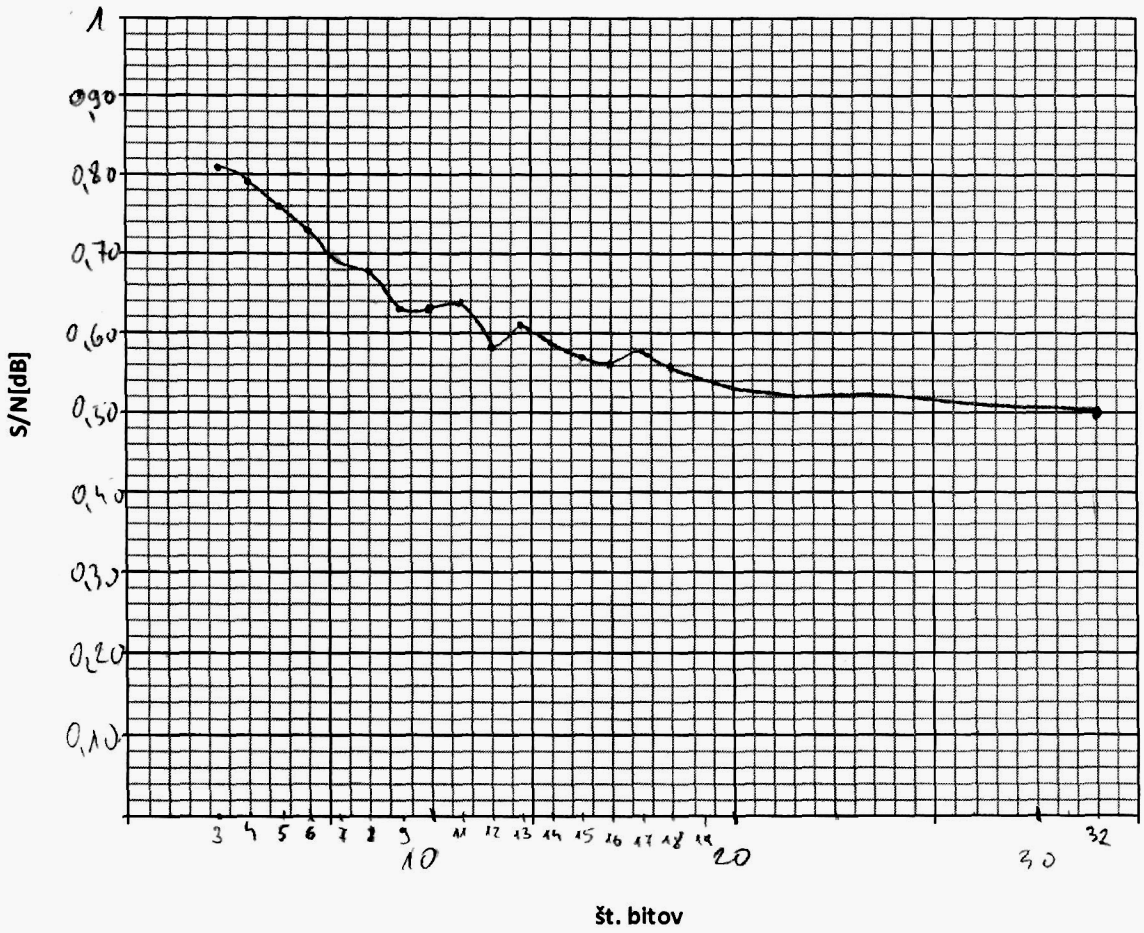
$2^x = 3 \Rightarrow 2^{1{,}6} = 3$

N = Σ šumci

slabljenje [dB]	št.stopnic	št. bitov	signal [dBm]	šum$_1$ [dBm]	šum$_2$ [dBm]	šum$_3$ [dBm]	Σšum [dBm]	(S/N) [dB]
-44	3	1,6	-55	-72,33	-67,17	-74,14	67,16	0,81
-42	4	2	-53,33	-71,33	-68,33	-74,50	66,87	0,79
-39	5	2,32	-49,17	-68,5	-70,67	-68,33	64,17	0,76
-37	6	2,58	-46,83	-72,67	-68,33	-67,55	63,85	0,73
-36	7	2,8	-45,3	-68,17	-71,67	-76,5	65,41	0,69
-33,9	8	3	-43,83	-71,8	-67,5	-72,83	63,99	0,68
-33	9	3,16	-43,17	-69,83	-86,83	-73,33	68,29	0,63
-32	10	3,32	-42,0	-77,5	-71,33	-75,67	66,63	0,63
-30,3	11	3,45	-40,76	-72,50	-70,33	-69,50	63,3	0,64
-29,9	12	3,58	-40,17	-84,31	-71,83	-79,1	68,55	0,58
-28,9	13	3,7	-39,17	-71,33	-73,67	-71,5	63,92	0,61
-28,5	14	3,8	-38,33	-69,5	-75,17	-76,1	64,78	0,59
-27,5	15	3,9	-37,67	-73,83	-72,67	-76,17	65,1	0,57
-27,1	16	4	-37	-73,83	-77,67	-71,83	65,1	0,56
-26,7	17	4,08	-36,67	-69,33	-76,5	-69	62,87	0,58
-26,25	18	4,17	-36,5	-72,33	-75,77	-73,76	64,6	0,56
-19,0	32	5	-29,83	-69,17	-70,85	-68,5	59,6	0,50

Graf:

Razmerje S/N v odvisnosti od št. bitov A/D pretvorbe



15 10 %

VAJA 28: Meritev presečne točke IMD tretjega reda

1. ojačevalnik: _____		
P_{vh} [dBm]	P_{LIN} [dBm]	P_{IMD3} [dBm]
-13[22]	0	-44
-12	0	-42
-11	1	-38
-10	3	-33
-9	4	-30

2. ojačevalnik: _____		
P_{vh} [dBm]	P_{LIN} [dBm]	P_{IMD3} [dBm]
-36[44]	-8	-52
-35	-7	51
-34	-6	-48
-33	-5	-46
-32	-4	-43
-31	-3	-35

spektralni analizator		
P_{vh} [dBm]	P_{LIN} [dBm]	P_{IMD3} [dBm]
-10	-10	-80
-9	-9	-79
-8	-8	-75
-7	-7	-73
-6	-6	-72
-5	-5	-70
-4	-4	-68
-3	-3	-65
-2	-2	-63
-1	-1	-58
	0	
	1	
	2	
	3	

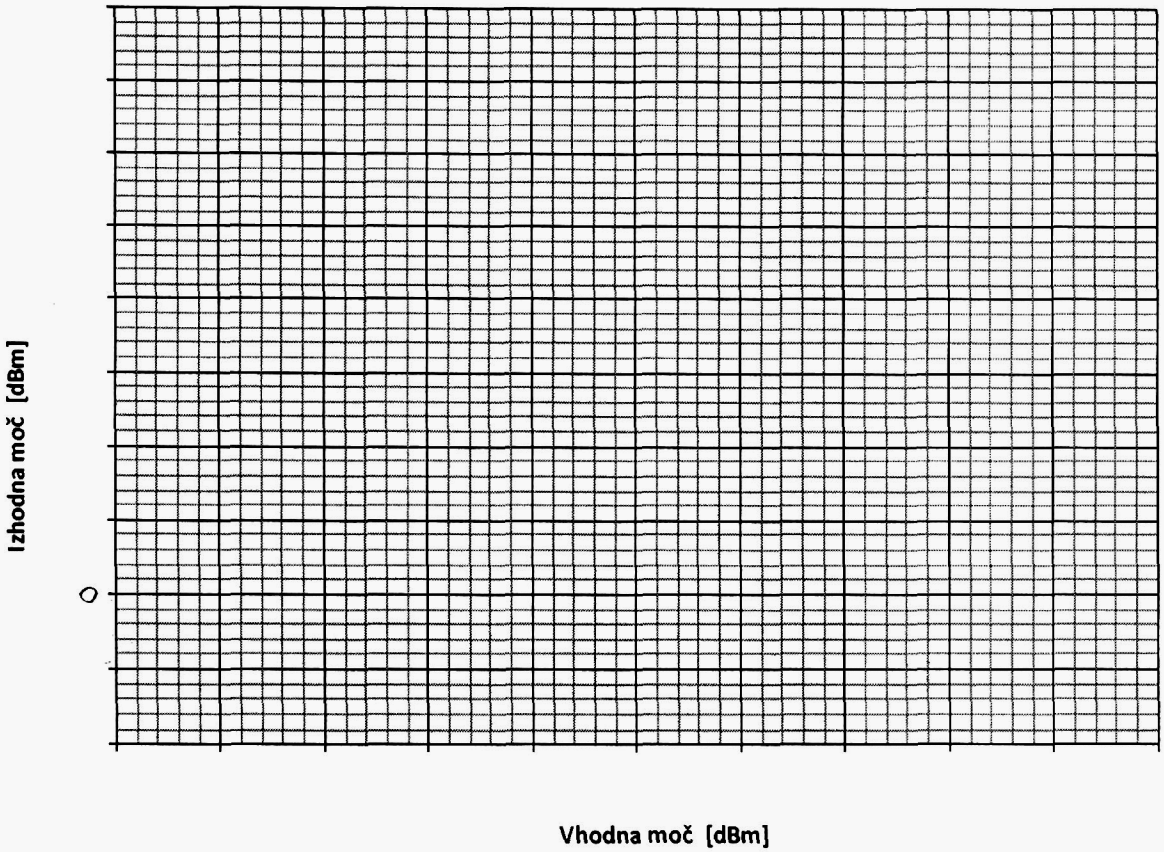
Presečne točke vseh naprav (dobljene iz grafov):

P_{IP3}(1. ojačevalnik)= _____

P_{IP3}(2. ojačevalnik)= _____

P_{IP3}(Spektralni analizator)= _____

Spektralni analizator



VAJA 29: Merjenje pogostosti napak v radijski zvezi

Bitna hitrost: $C =$ 1,2288 Mbps

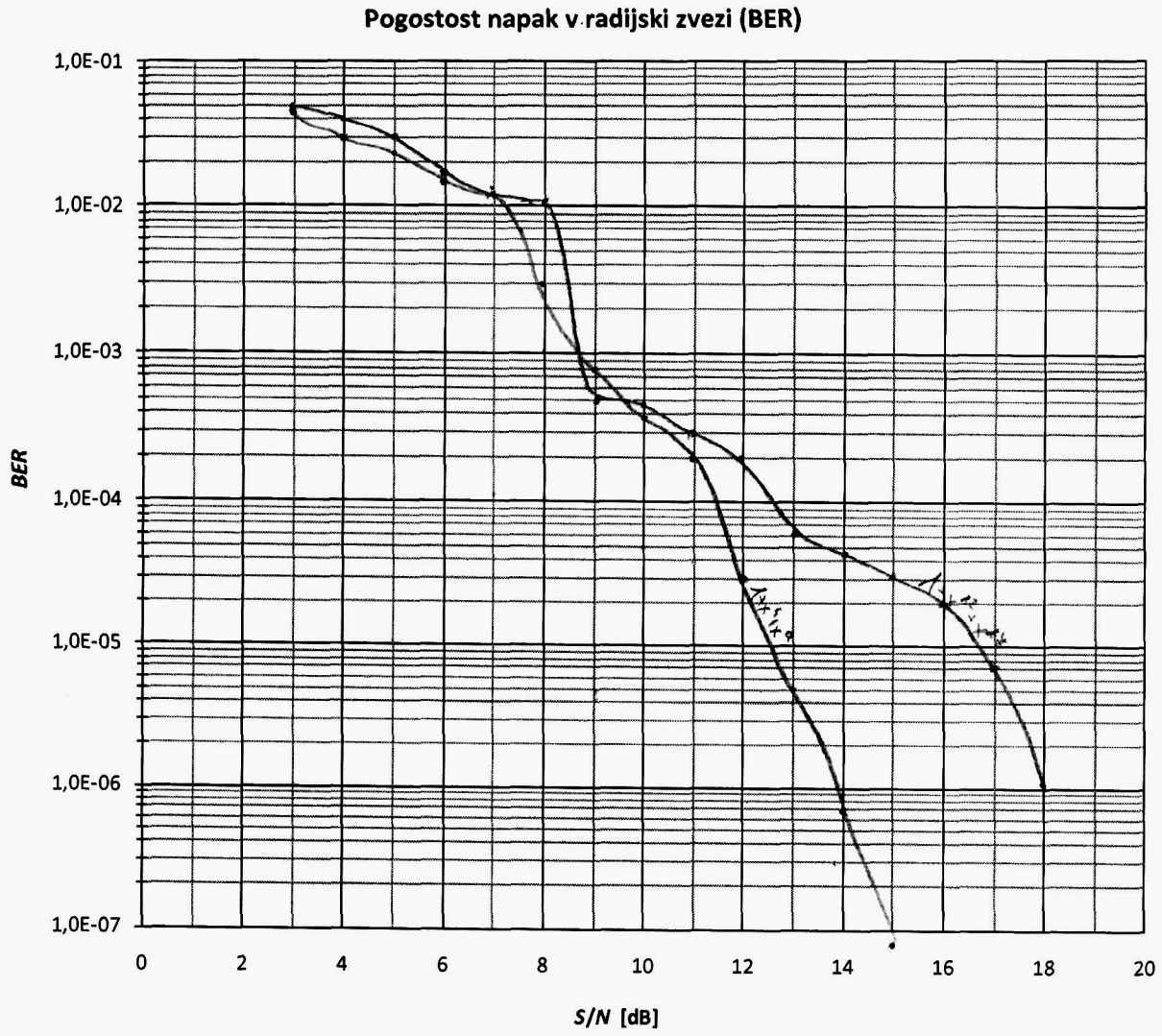
Meritev:

	$1+x^4+x^9$				$1+x^{12}+x^{17}$			
S/N [dB]	čas meritve *t* [s]	odčitek iz števca	število napak	*BER*	čas meritve *t* [s]	odčitek iz števca	število napak	*BER*
3	5	872047	581364	$47,3\cdot10^{-3}$	5	934873	623248	$50,3\cdot10^{-3}$
4	5	689522	459681	$37,4\cdot10^{-3}$	5	819214	546142	$44,4\cdot10^{-3}$
5	10	977020	651346	$26,5\cdot10^{-3}$	5	584093	389395	$31,6\cdot10^{-3}$
6	15	859555	573036	$15,5\cdot10^{-3}$	5	327527	218351	$17\cdot10^{-3}$
7	30	1136860	757906	$10\cdot10^{-3}$	15	177911	118607	$3,2\cdot10^{-3}$
8	30	290009	193339	$2,6\cdot10^{-3}$	30	169194	112796	$1,5\cdot10^{-3}$
9	60	211526	141017	$956\cdot10^{-6}$	30	62093	41395	$561\cdot10^{-6}$
10	60	65618	43745	$296,6\cdot10^{-6}$	30	61408	40938	$555\cdot10^{-6}$
11	60	22723	15148	$102\cdot10^{-6}$	60	63772	42514	$286\cdot10^{-6}$
12	60	6980	4653	$31,5\cdot10^{-6}$	60	22899	15266	$103\cdot10^{-6}$
13	60	981	654	$4,43\cdot10^{-6}$	60	13596	9064	$61\cdot10^{-6}$
14	60	183	122	$82,7\cdot10^{-9}$	60	10208	6805	$46\cdot10^{-6}$
15	60	9	6	$40\cdot10^{-9}$	60	7434	4956	$33,6\cdot10^{-6}$
16	60	6	4	$27\cdot10^{-9}$	60	2693	1795	$12,1\cdot10^{-6}$
17	60	0	0	0	60	1637	1091	$7,4\cdot10^{-6}$
18	60	0	0	0	60	1371	913	$6,2\cdot10^{-6}$

$$BER = \frac{napake}{t\cdot C} = \frac{odčitek}{3\cdot t\cdot C}$$

število napak = odčitek iz števca $\cdot \frac{2}{3}$

Graf:


Pogostost napak v radijski zvezi (BER)
1,0E-01
1,0E-02
1,0E-03
1,0E-04
1,0E-05
1,0E-06
1,0E-07
BER
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
S/N [dB]