	Předmět MNRS	
	Jméno Jaroslav Martínek	
	Ročník 2.	Studijní skupina M2EST/01
	Spolupracoval	Měřeno dne
Kontroloval	Hodnocení	Dne
Číslo úlohy 1	Název úlohy Projekt č.1	

Zadání:

Zakreslete výškový profil zadaných tras s terénními překážkami a vypočtete přídavný útlum terénních překážek. Podle možnosti srovnejte různé způsoby výpočtu. Pro zadanou výkonovou úroveň vyzařování vysílací antény pak vypočtete intenzity pole ve výšce 10 m nad terénem v koncových bodech zadaných tras a na vrcholech dominantních překážek. Při řešení nezastíněných tras respektujte vliv odražených vln.

Vysílač: Žďár nad Sázavou (Harusův kopec) [X = 5493900 Y = 3575600]

$$f = 559 \text{ MHz}$$

$$h = 55 \text{ m}$$

$$EIRP = 73 \text{ kW}$$

*trasy: azimut: 180°; r = 22,2 km
azimut: 185°; r = 35,0 km
azimut: 195°; r = 25,9 km*

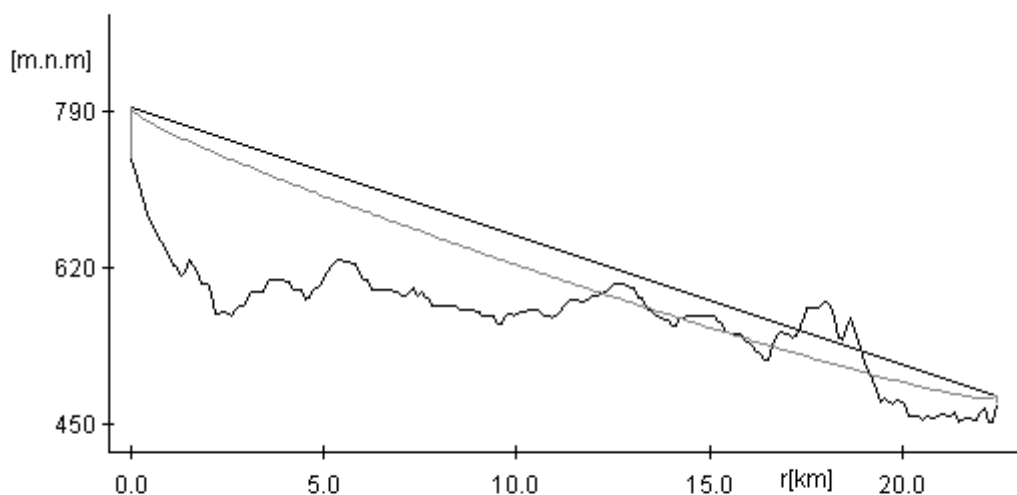
Výpočet zastíněné trasy č.1

Vysílač: Žďár nad Sázavou (Harusův kopec) [X = 5493900 Y = 3575600]

Přijímač: azimut 180°; 22,2 km

a) Terénní profil trasy:

Profil trasy



Název vysílače: Harusův kopec
Souřadnice: X=5493900
Y=3575600

Název přijímače: APřijímač
Souřadnice: X=5471486
Y=3573639

Delka trasy=22489 m
Azimut=185,0 °
Frekvence vysílače=560,0 MHz

b) Výpočet poloměru Fresnelova elipsoidu řádu n = 1:

$$r_{0n} = \sqrt{n} \cdot \sqrt{\lambda \cdot \frac{r_1 \cdot (r - r_1)}{r}}$$

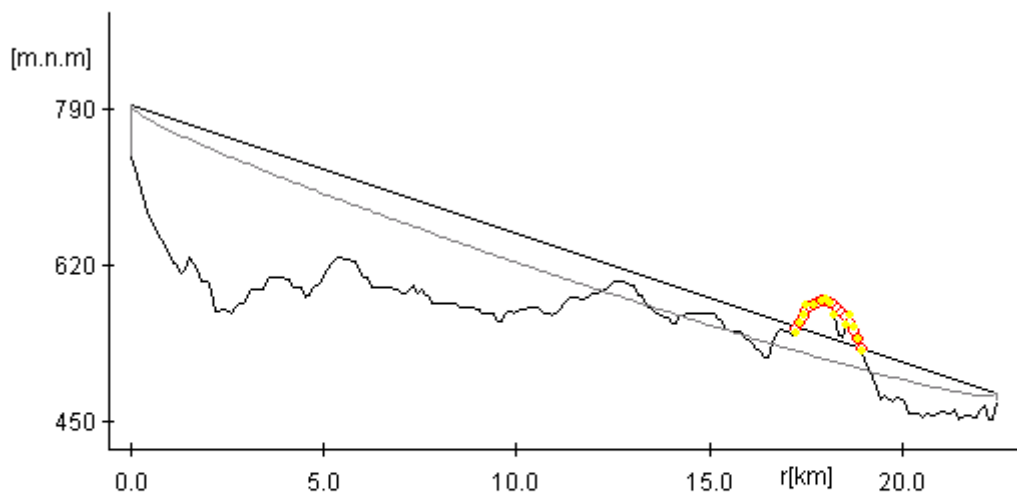
$$r_{01} = \sqrt{1} \cdot \sqrt{\frac{300}{559} \cdot \frac{18071,6 \cdot (22200 - 18071,6)}{22200}} \cong 42,47m$$

c) Výpočet měrné světlosti H_0 :

$$H_0 = \sqrt{1/3} \cdot r_{01} = \sqrt{1/3} \cdot 63,72 \cong \underline{\underline{24,52m}}$$

e) Aproximace překážky:

Profil trasy



Název vysílače: Harušův kopec
 Souřadnice: X=5493900
 Y=3575600
 Delka trasy=22489 m
 Azimut=185,0 °
 Frekvence vysílače=560,0 MHz

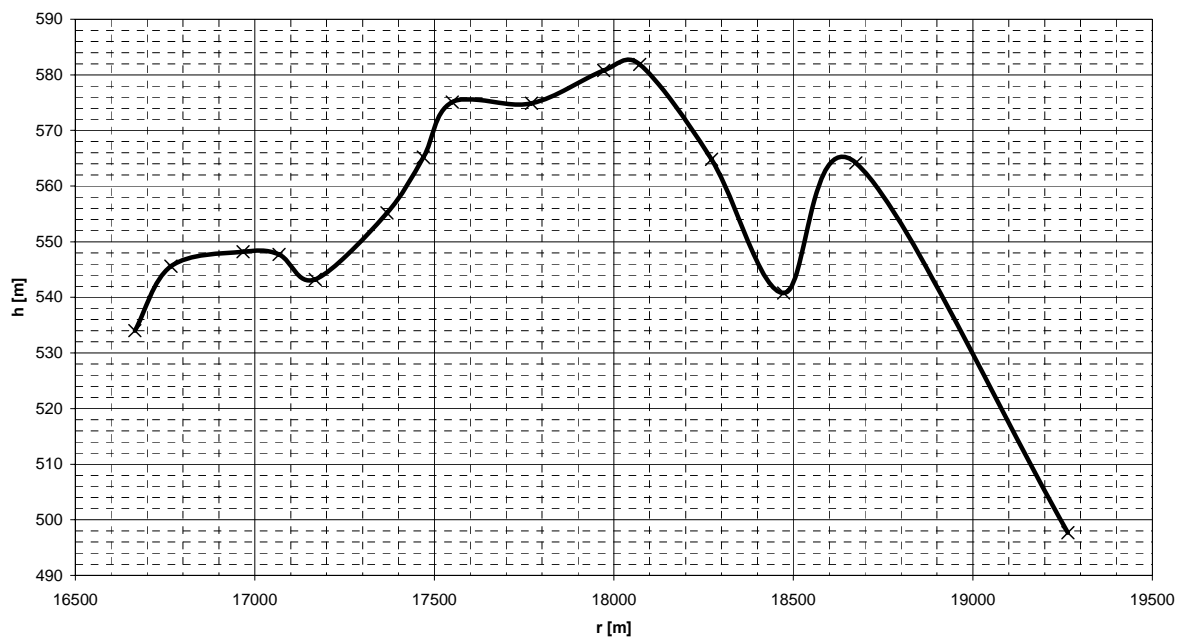
Název přijímače: APřijímač
 Souřadnice: X=5471486
 Y=3573639

f) Body aproximace překážky odečtené z profilu trasy pomocí programu *Spoj*:

<i>r [m]</i>	<i>h [m]</i>
21780,9	530,5
22041,7	531,3
22302,6	531,2
22563,4	540,4
22693,8	542,4
22824,3	545,6
22954,7	548,4
23085,1	551,9
23215,5	557,0
23346,0	560,4
23476,4	564,3
24911,1	559,9
25041,5	559,8
25432,8	559,5
25563,2	552,1
25693,6	549,3
25824,0	539,2
25954,4	531,4
26084,9	529,0
26215,3	522,4
26476,1	518,7

g) Aproximace překážky z bodů odečtených z profilu trasy pomocí programu *Spoj*:

Aproximace překážky z bodů určených pomocí programu *Spoj*



h) Parametry Δy , Δx , $\Delta y/(\Delta x)^2$:

Δy [m]	Δx [m]	$\Delta y/(\Delta x)^2$	<i>průměr $\Delta y/(\Delta x)^2$</i>
2	155	8,325E-05	1,5242E-05
6	330	5,510E-05	
12	710	2,380E-05	
18	1010	1,765E-05	
24	1320	1,377E-05	
30	1505	1,324E-05	
36	1650	1,322E-05	
42	2210	8,599E-06	

i) Výpočet parametru ν :

$$\nu = 2,02 \cdot \sqrt[3]{\frac{\Delta y}{(\Delta x)^2} \cdot \frac{r_1^2}{H_0} \cdot \left(1 - \frac{r_1}{r}\right)^2} \cdot \sqrt[4]{1 + \frac{H}{4 \cdot r_1 \cdot (r - r_1)} \cdot \frac{(\Delta x)^2}{\Delta y}}$$

$$\nu = 2,02 \cdot \sqrt[3]{1,5242 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{18071,6^2}{24,52} \cdot \left(1 - \frac{18071,6}{22200}\right)^2} \cdot \sqrt[4]{1 + \frac{-30}{4 \cdot 18071,6 \cdot (22200 - 18071,6)} \cdot \frac{1}{1,5242 \cdot 10^{-5}}}$$

$$\nu = 2,02 \cdot 1,915 \cdot 0,99 = \underline{\underline{3,86}}$$

j) Z nomogramu „Obr. 67 Základní útlum ve vzorci (104)“ ve skriptech na straně 47:

$$V_0 = -7,7 \text{ dB}$$

k) Výpočet útlumu překážkou (kulový vrchlík):

$$W_V = V_0 \cdot \left(1 - \frac{H}{H_0}\right) = -7,7 \cdot \left(1 - \frac{-30}{24,52}\right) = \underline{\underline{-17,12 \text{ dB}}}$$

l) Výpočet útlumu překážkou (břit):

$$W_B = V_0 \cdot \left(1 - \frac{H}{H_0}\right) = -6 \cdot \left(1 - \frac{-30}{24,52}\right) = \underline{\underline{-13,34 \text{ dB}}}$$

m) Ověření vhodnosti aproximace překážky břitem:

$$\frac{r_1 \cdot (r - r_1)}{r \cdot \Delta x \cdot (H_0)} \geq 5,5$$

$$\frac{18071,6 \cdot (22200 - 18071,6)}{22200 \cdot 1506 \cdot 24,52} \geq 5,5$$

$$\underline{\underline{0,091 < 5,5}}$$

Nelze použít aproximaci břitem.

n) Výpočet intenzity elmag. pole v místě příjmu pro nezastíněnou trasu:

$$E = \frac{\sqrt{30 \cdot EIRP}}{r} = \frac{\sqrt{30 \cdot 73 \cdot 10^3}}{22200} \cong 0,066666 \text{ V/m}$$

$$E = 20 \cdot \log(E \cdot 10^6) = 20 \cdot \log(0,066666 \cdot 10^6) \cong \underline{\underline{96,5 \text{ dB}\mu\text{V/m}}}$$

o) Výpočet intenzity elmag. pole v místě příjmu trasy č.1:

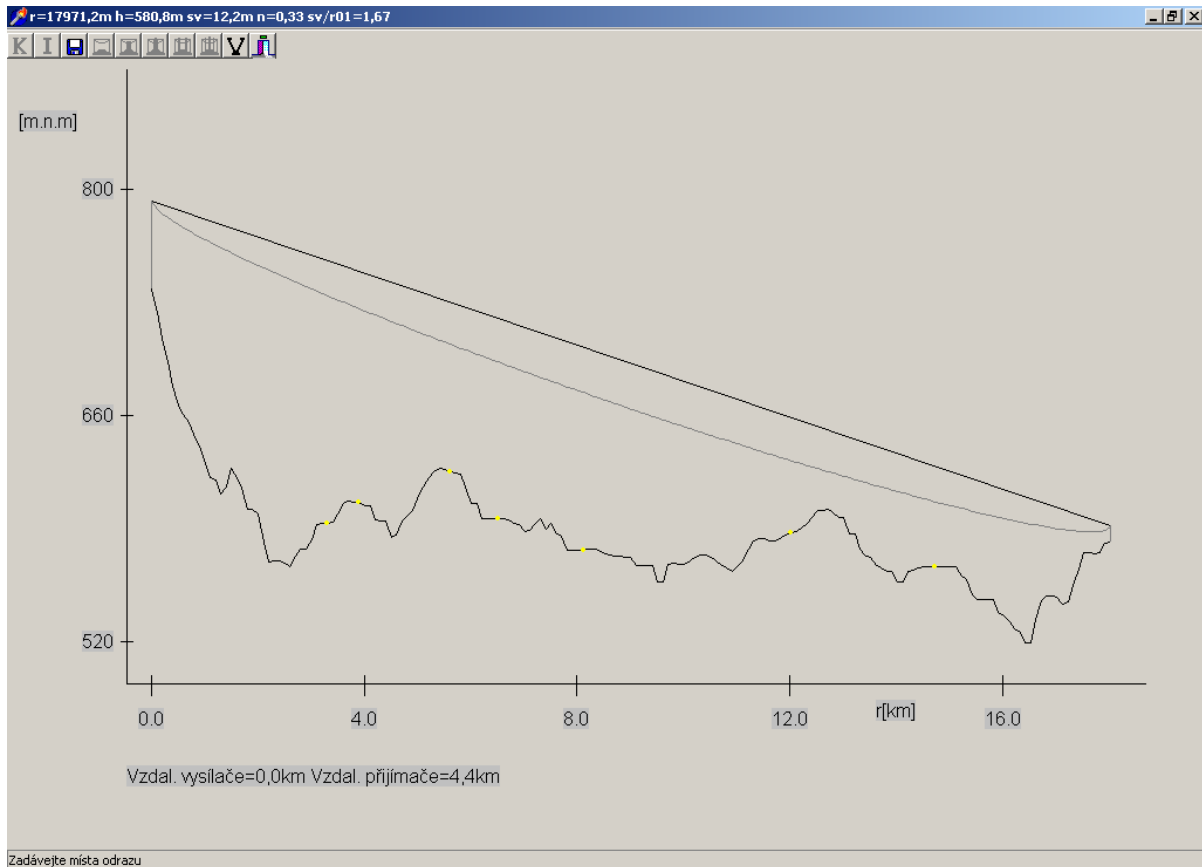
$$E_p = E - W_V = 96,5 - 9,9 = \underline{\underline{86,6 \text{ dB}\mu\text{V/m}}}$$

p) Porovnání výsledků:

<i>veličina</i>	<i>Ruční výpočet</i>	<i>Výpočet programem „Spoj“</i>
E [dBuV/m]	96,5	96,4
W_V [dB]	-17,12	-19,8
W_B [dB]	-13,34	-15,7

Výpočet nezastíněné trasy č.1

a) Body odrazu (pro $d/r_{01} > 0,1$):



b) Parametry bodů odrazu odečtené z programu *Spoj*:

$r_1 [m]$	n
3212,7	18,23
3915,5	12,47
5622,3	5,30
6525,9	6,91
8132,2	6,59
12047,7	2,36
14758,5	2,66

c) Vypočítané hodnoty činitele odrazu a odpovídající útlumy:

$k \cdot \Delta r$	$ \rho $	$\Theta [^\circ]$	$V [dB]$
3281,4	0,7069	-69,3	3,0122
2244,6	1,3460	-47,7	-2,5811
954,0	1,7820	27,0	-5,0182
1243,8	1,9800	-8,1	5,9335
1186,2	1,5994	-36,9	-4,0790
424,8	1,0717	-57,6	0,6011
478,8	1,7215	-30,6	-4,7181

d) Vypočítaný celkový útlum odrazem:

$$V = -12,81 \text{ dB}$$

e) Porovnání výsledků:

<i>veličina</i>	<i>Ruční výpočet</i>	<i>Výpočet programem „Spoj“</i>
$E [dBuV/m]$	98,26	98,3
$W [dB]$	-12,81	-12,8

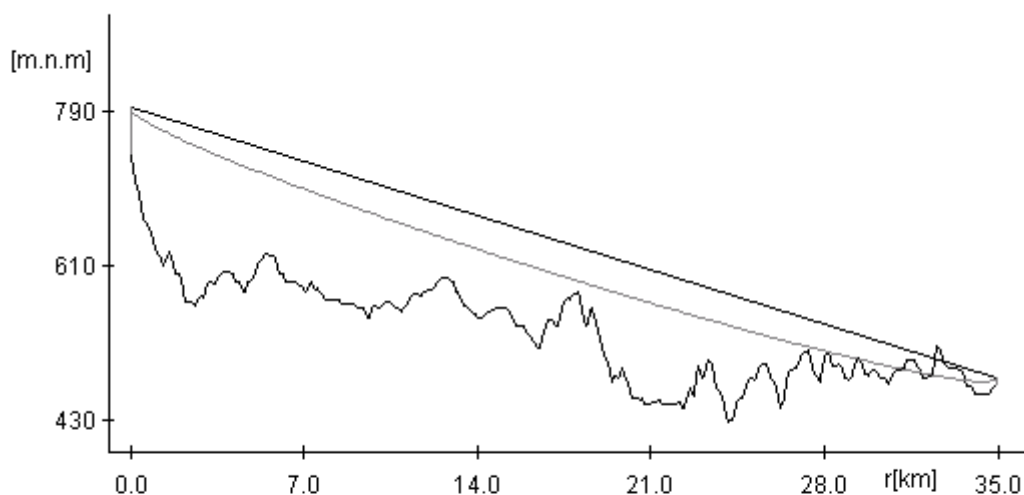
Výpočet zastíněné trasy č.2

Vysílač: Žďár nad Sázavou (Harusův kopec) [X = 5493900 Y = 3575600]

Přijímač: azimut 185°; 35 km

a) Terénní profil trasy:

Profil trasy



Název vysílače: Harusův kopec
Souřadnice: X=5493900
Y=3575600

Název přijímače: APřijímač
Souřadnice: X=5459033
Y=3572550

Delka trasy=35029 m
Azimut=185,0 °
Frekvence vysílače=560,0 MHz

b) Výpočet poloměru Fresnelova elipsoidu řádu n = 1:

$$r_{0n} = \sqrt{n} \cdot \sqrt{\lambda \cdot \frac{r_1 \cdot (r - r_1)}{r}}$$

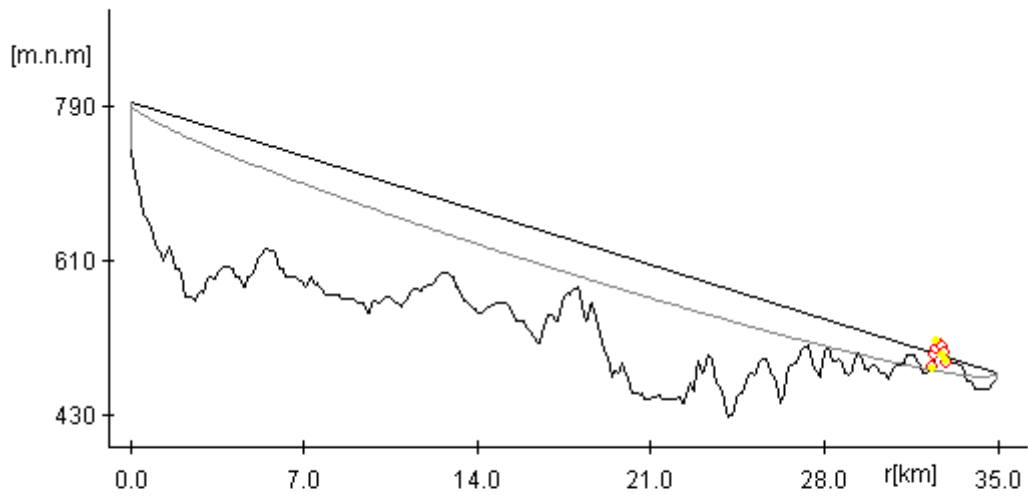
$$r_{01} = \sqrt{1} \cdot \sqrt{\frac{300}{559} \cdot \frac{32620 \cdot (35000 - 32620)}{35000}} \cong \underline{\underline{34,50 \text{ m}}}$$

c) Výpočet měrné světlosti H_0 :

$$H_0 = \sqrt{1/3} \cdot r_{01} = \sqrt{1/3} \cdot 34,50 \cong \underline{\underline{19,91 \text{ m}}}$$

d) Aproximace překážky:

Profil trasy



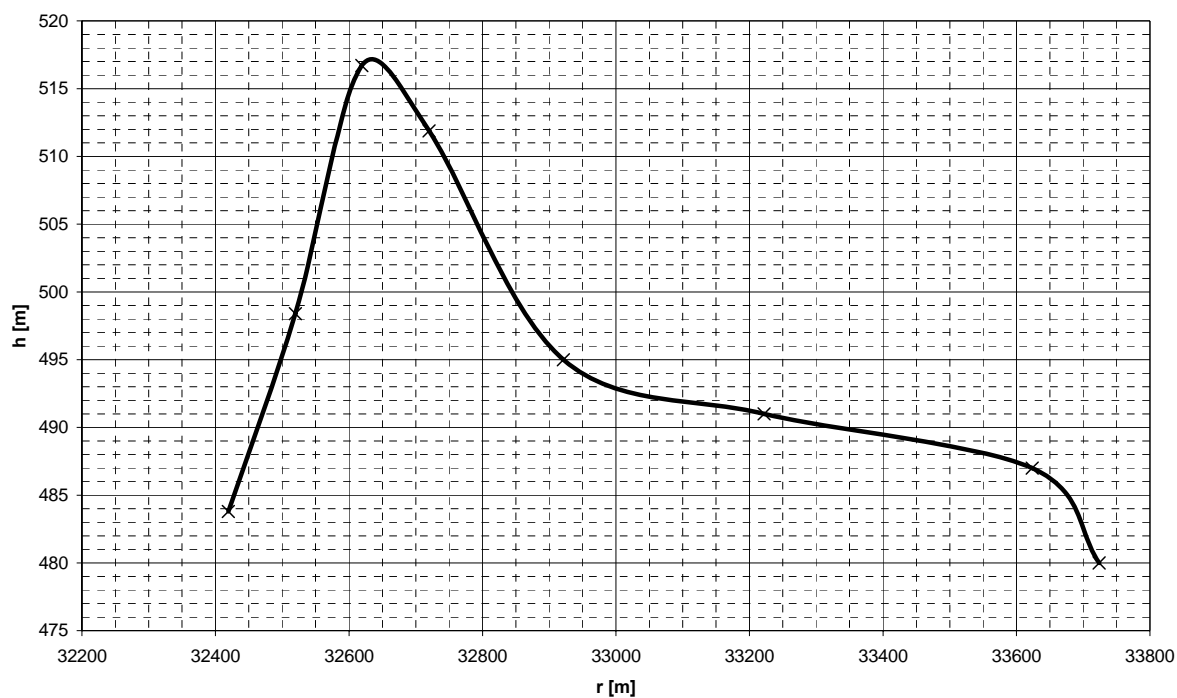
Název vysílače: Harušův kopec
Souřadnice: X=5493900
Y=3575600
Delka trasy=35029 m
Azimut=185,0 °
Frekvence vysílače=560,0 MHz

Název přijímače: APřijímač
Souřadnice: X=5459033
Y=3572550

e) Body aproximace překážky odečtené z profilu trasy pomocí programu *Spoj*:

<i>r [m]</i>	<i>h [m]</i>
32419,1	483,8
32519,5	498,4
32619,2	516,7
32720,2	511,9
32921	495
33222,1	491
33623,5	487
33723,9	480

f) Aproximace překážky z bodů odečtených z profilu trasy pomocí programu *Spoj*:



g) Parametry Δy , Δx , $\Delta y/(\Delta x)^2$:

Δy [m]	Δx [m]	$\Delta y/(\Delta x)^2$	<i>průměr</i> $\Delta y/(\Delta x)^2$
3	75	5,333E-04	2,315E-04
6	130	3,550E-04	
9	180	2,778E-04	
12	220	2,479E-04	
15	260	2,219E-04	
18	320	1,758E-04	
21	370	1,534E-04	
24	450	1,185E-04	

h) Výpočet parametru ν :

$$\nu = 2,02 \cdot \sqrt[3]{\frac{\Delta y}{(\Delta x)^2} \cdot \frac{r_1^2}{H_0} \cdot \left(1 - \frac{r_1}{r}\right)^2} \cdot \sqrt[4]{1 + \frac{H}{4 \cdot r_1 \cdot (r - r_1)} \cdot \frac{(\Delta x)^2}{\Delta y}}$$

$$\nu = 2,02 \cdot \sqrt[3]{2,315 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{32620^2}{19,91} \cdot \left(1 - \frac{32620}{35000}\right)^2} \cdot \sqrt[4]{1 + \frac{-18}{4 \cdot 32620 \cdot (35000 - 32620)} \cdot \frac{1}{2,315 \cdot 10^{-4}}}$$

$$\nu = 2,02 \cdot 3,85 \cdot 0,9999 = \underline{\underline{7,78}}$$

i) Z nomogramu „Obr. 67 Základní útlum ve vzorci (104)“ ve skriptech na straně 47:

$$V_0 = -7,5 \text{ dB}$$

j) Výpočet útlumu překážkou (kulový vrchlík):

$$W_V = V_0 \cdot \left(1 - \frac{H}{H_0}\right) = -7,5 \cdot \left(1 - \frac{-18}{19,91}\right) = \underline{\underline{-14,28 \text{ dB}}}$$

k) Výpočet útlumu překážkou (břít):

$$W_B = V_0 \cdot \left(1 - \frac{H}{H_0}\right) = -6 \cdot \left(1 - \frac{-18}{19,91}\right) = \underline{\underline{-11,42 \text{ dB}}}$$

l) Ověření vhodnosti aproximace překážky břítem:

$$\frac{r_1 \cdot (r - r_1)}{r \cdot \Delta x \cdot (H_0)} \geq 5,5$$

$$\frac{32620 \cdot (35000 - 32620)}{35000 \cdot 401,5 \cdot 19,91} \geq 5,5$$

$$\underline{\underline{0,277 < 5,5}}$$

Nelze použít aproximaci břítem.

m) Výpočet intenzity elmag. pole v místě příjmu pro nezastíněnou trasu:

$$E = \frac{\sqrt{30 \cdot EIRP}}{r} = \frac{\sqrt{30 \cdot 73 \cdot 10^3}}{35000} \cong 0,042 \text{ V/m}$$

$$E = 20 \cdot \log(E \cdot 10^6) = 20 \cdot \log(0,042 \cdot 10^6) \cong \underline{\underline{92,46 \text{ dB}\mu\text{V/m}}}$$

n) Výpočet intenzity elmag. pole v místě příjmu trasy č.2:

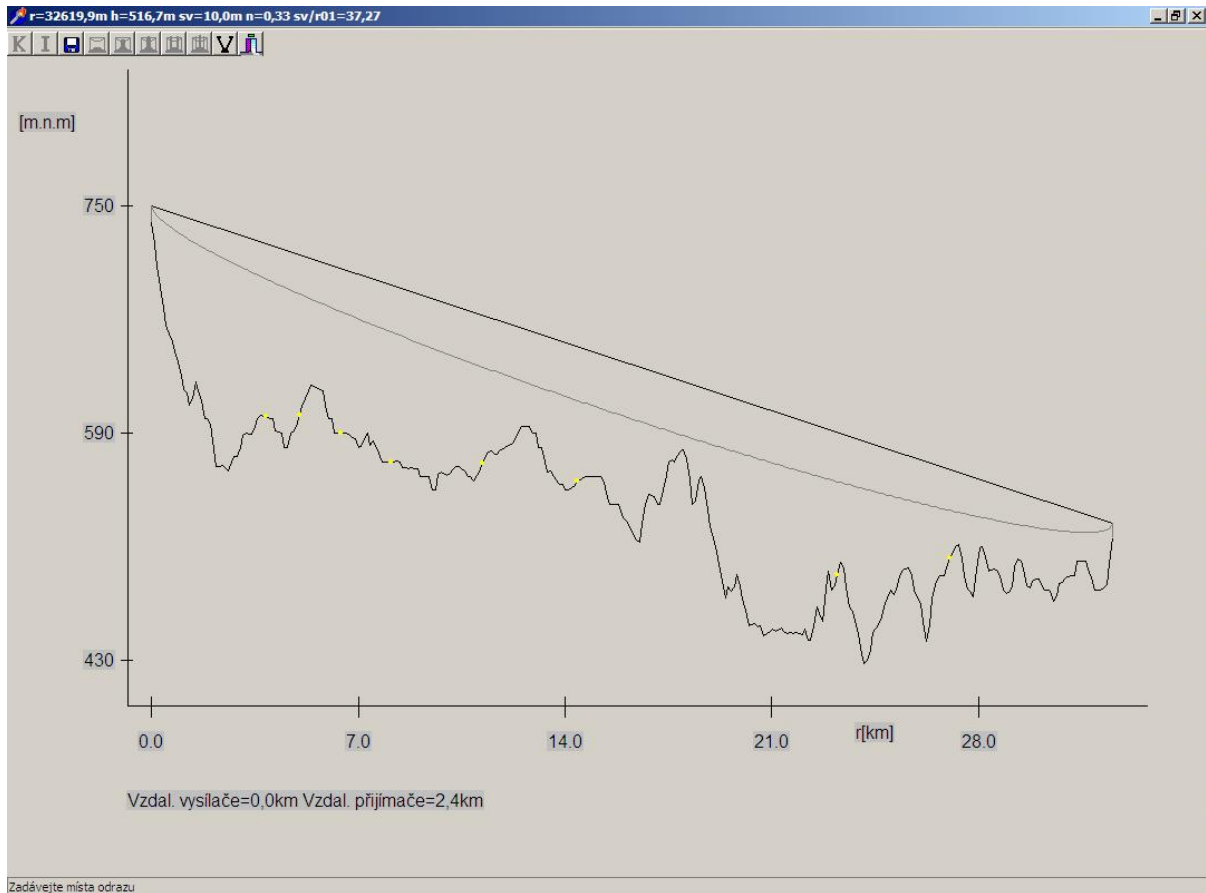
$$E_p = E - W_V = 92,46 - 14,28 = \underline{\underline{78,18 \text{ dB}\mu\text{V/m}}}$$

o) Porovnání výsledků:

<i>veličina</i>	<i>Ruční výpočet</i>	<i>Výpočet programem „Spoj“</i>
E [dBuV/m]	92,46	95,1
W_V [dB]	-14,28	-22,0
W_B [dB]	-11,42	-17,0

Výpočet nezastíněné trasy č.2

a) Body odrazu (pro $d/r_{01} > 0,1$):



b) Parametry bodů odrazu odečtené z programu *Spoj*:

$r_1 [m]$	n
3914,4	7,94
5018,4	5,63
6423,6	4,86
8129,9	4,73
11241,3	2,72
14453,1	2,08
23285,6	2,81
27099,6	1,57

c) Vypočítané hodnoty činitele odrazu a odpovídající útlumy:

$k \cdot \Delta r$	$ \rho $	$\Theta [^\circ]$	$V [dB]$
1429,2	0,1882	84,6	14,5068
1013,4	1,0980	56,7	-0,8124
874,8	1,9528	-12,6	-5,8089
851,4	1,8228	-24,3	-5,2148
489,6	1,8097	-25,2	12,018
374,4	0,2507	-82,8	-5,62791
505,8	1,9116	-17,1	-1,9416

d) Vypočítaný celkový útlum odrazem:

$$V = -4,15 \text{ dB}$$

e) Porovnání výsledků:

<i>veličina</i>	<i>Ruční výpočet</i>	<i>Výpočet programem „Spoj“</i>
$E [dBuV/m]$	93,13	93,1
$W [dB]$	-4,15	-4,3

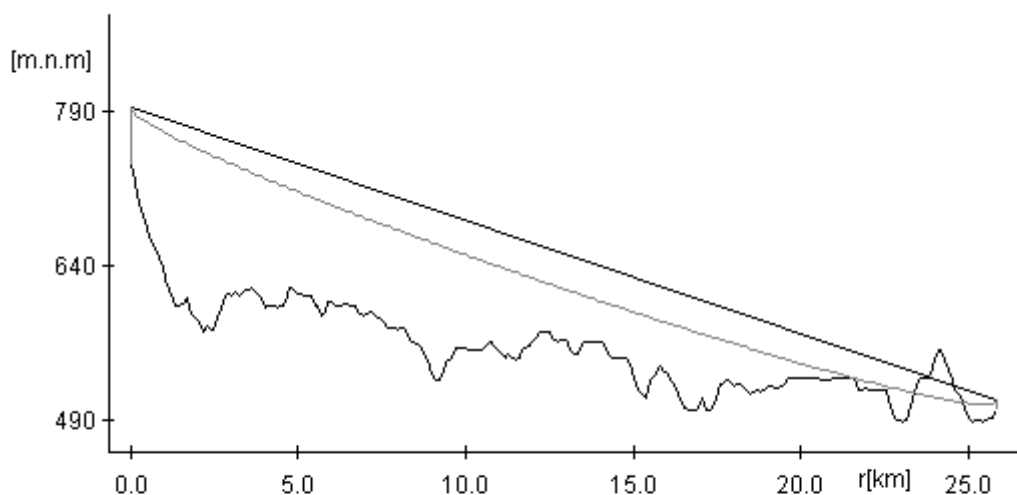
Výpočet zastíněné trasy č.3

Vysílač: Žďár nad Sázavou (Harusův kopec) [X = 5493900 Y = 3575600]

Přijímač: azimut 195°; 25900 km

a) Terénní profil trasy:

Profil trasy



Název vysílače: Harusův kopec
Souřadnice: X=5493900
Y=3575600

Název přijímače: APřijímač
Souřadnice: X=5468883
Y=3568897

Delka trasy=25882 m
Azimut=195,0 °
Frekvence vysílače=560,0 MHz

b) Výpočet poloměru Fresnelova elipsoidu řádu n = 1:

$$r_{0n} = \sqrt{n} \cdot \sqrt{\lambda \cdot \frac{r_1 \cdot (r - r_1)}{r}}$$

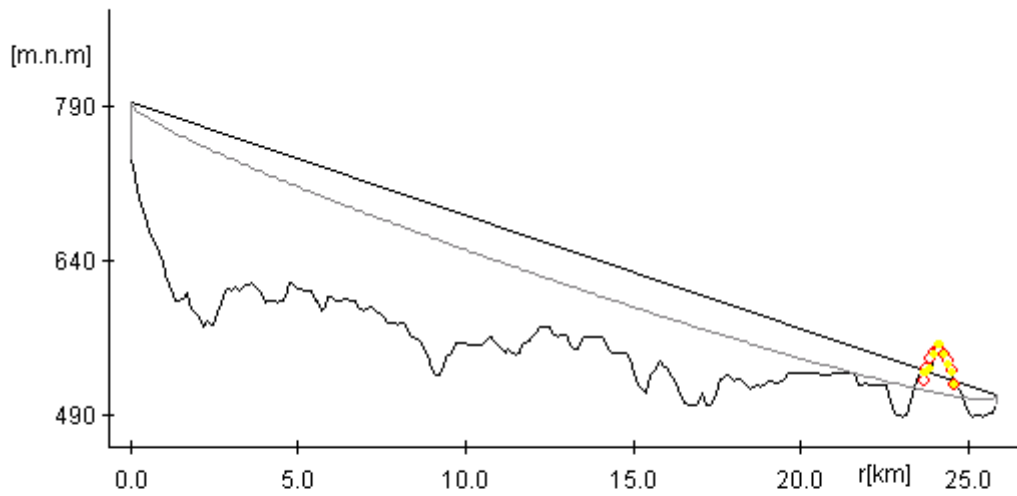
$$r_{01} = \sqrt{1} \cdot \sqrt{\frac{300}{559} \cdot \frac{24122,2 \cdot (25900 - 24122,2)}{25900}} \cong \underline{\underline{29,89 \text{ m}}}$$

c) Výpočet měrné světlosti H_0 :

$$H_0 = \sqrt{1/3} \cdot r_{01} = \sqrt{1/3} \cdot 29,89 \cong \underline{\underline{17,26 \text{ m}}}$$

d) Aproximace překážky:

Profil trasy



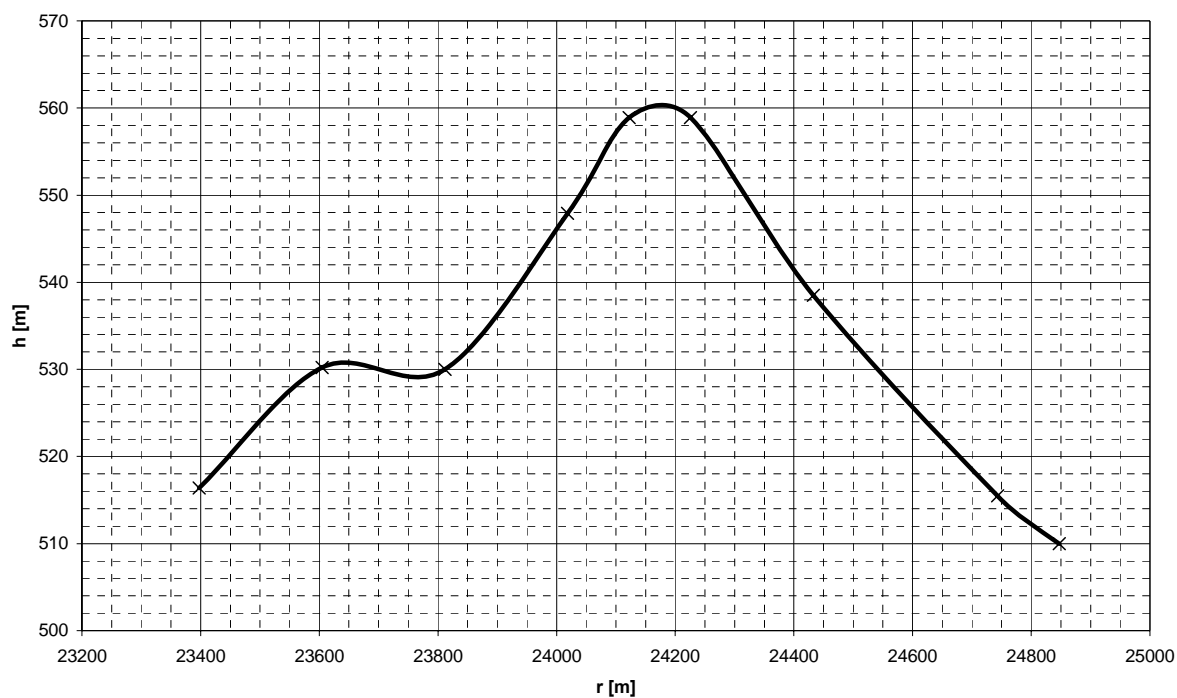
Název vysílače: Harušův kopec
Souřadnice: X=5493900
Y=3575600
Delka trasy=25882 m
Azimut=195,0 °
Frekvence vysílače=560,0 MHz

Název přijímače: APřijímač
Souřadnice: X=5468883
Y=3568897

e) Body aproximace překážky odečtené z profilu trasy pomocí programu *Spoj*:

<i>r [m]</i>	<i>h [m]</i>
23397,5	516,4
23604,6	530,2
23811,7	530
24018,7	547,9
24122,2	558,9
24225,8	558,9
24432,8	538,5
24743,4	515,5
24846,9	510

f) Aproximace překážky z bodů odečtených z profilu trasy pomocí programu *Spoj*:



g) Parametry Δy , Δx , $\Delta y/(\Delta x)^2$:

Δy [m]	Δx [m]	$\Delta y/(\Delta x)^2$	<i>průměr</i> $\Delta y/(\Delta x)^2$
4	153	1,709E-04	8,792E-05
8	248	1,301E-04	
12	300	1,333E-04	
16	370	1,169E-04	
20	460	9,452E-05	
24	550	7,934E-05	
28	650	6,627E-05	

h) Výpočet parametru ν :

$$\nu = 2,02 \cdot \sqrt[3]{\frac{\Delta y}{(\Delta x)^2} \cdot \frac{r_1^2}{H_0} \cdot \left(1 - \frac{r_1}{r}\right)^2} \cdot \sqrt[4]{1 + \frac{H}{4 \cdot r_1 \cdot (r - r_1)} \cdot \frac{(\Delta x)^2}{\Delta y}}$$

$$\nu = 2,02 \cdot \sqrt[3]{8,792 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{24122,2^2}{17,26} \cdot \left(1 - \frac{24122,2}{25900}\right)^2} \cdot \sqrt[4]{1 + \frac{-30}{4 \cdot 24122,2 \cdot (25900 - 24122,2)} \cdot \frac{1}{8,792 \cdot 10^{-5}}}$$

$$\nu = 2,02 \cdot 2,41 \cdot 0,9995 = \underline{\underline{4,86}}$$

i) Z nomogramu „Obr. 67 Základní útlum ve vzorci (104)“ ve skriptech na straně 47:

$$V_0 = -7,6 \text{ dB}$$

j) Výpočet útlumu překážkou (kulový vrchlík):

$$W_V = V_0 \cdot \left(1 - \frac{H}{H_0}\right) = -7,6 \cdot \left(1 - \frac{-30}{17,26}\right) = \underline{\underline{-20,8 \text{ dB}}}$$

k) Výpočet útlumu překážkou (břit):

$$W_B = V_0 \cdot \left(1 - \frac{H}{H_0}\right) = -6 \cdot \left(1 - \frac{-30}{17,26}\right) = \underline{\underline{-16,4 \text{ dB}}}$$

l) Ověření vhodnosti aproximace překážky břitem:

$$\frac{r_1 \cdot (r - r_1)}{r \cdot \Delta x \cdot (H_0)} \geq 5,5$$

$$\frac{24122,2 \cdot (25900 - 24122,2)}{25900 \cdot 1035 \cdot 17,26} \geq 5,5$$

$$\underline{\underline{0,093}} < 5,5$$

Nelze použít aproximaci břitem.

m) Výpočet intenzity elmag. pole v místě příjmu pro nezastíněnou trasu:

$$E = \frac{\sqrt{30 \cdot EIRP}}{r} = \frac{\sqrt{30 \cdot 73 \cdot 10^3}}{25900} \cong 0,0571 \text{ V/m}$$

$$E = 20 \cdot \log(E \cdot 10^6) = 20 \cdot \log(0,0571 \cdot 10^6) \cong \underline{\underline{95,14 \text{ dB}\mu\text{V/m}}}$$

n) Výpočet intenzity elmag. pole v místě příjmu trasy č.3:

$$E_p = E - W_V = 95,14 - 20,8 = \underline{\underline{74,34 \text{ dB}\mu\text{V/m}}}$$

o) Porovnání výsledků:

<i>veličina</i>	<i>Ruční výpočet</i>	<i>Výpočet programem „Spoj“</i>
E [dBuV/m]	95,14	95,1
W_V [dB]	-20,8	-22,0
W_B [dB]	-16,4	-17,0

Výpočet nezastíněné trasy č.3

a) Body odrazu (pro $d/r_{01} > 0,1$):



b) Parametry bodů odrazu odečtené z programu *Spoj*:

r_1 [m]	n
2691,8	13,17
2898,8	9,86
3312,9	8,30
4658,8	5,47
9628,2	4,88
12112,9	2,47
20395,2	2,64

c) Vypočítané hodnoty činitele odrazu a odpovídající útlumy:

$k \cdot \Delta r$	$ \rho $	$\Theta [^\circ]$	$V [dB]$
2370,6	1,9291	15,3	-5,7072
1774,8	0,4363	77,4	7,2046
1494,0	0,9080	-63,0	0,8385
984,6	1,4793	42,3	-3,4009
878,4	1,9646	-10,8	-5,8654
444,6	1,3460	-47,7	-2,5811
475,2	1,6887	-32,4	-4,5508

d) Vypočítaný celkový útlum odrazem:

$$V = -6,32 \text{ dB}$$

e) Porovnání výsledků:

<i>veličina</i>	<i>Ruční výpočet</i>	<i>Výpočet programem „Spoj“</i>
$E [dBuV/m]$	95,76	95,8
$W [dB]$	-6,32	-6,4