

# ANTÉNY A NAPÁJEČE

Kurz operátorů

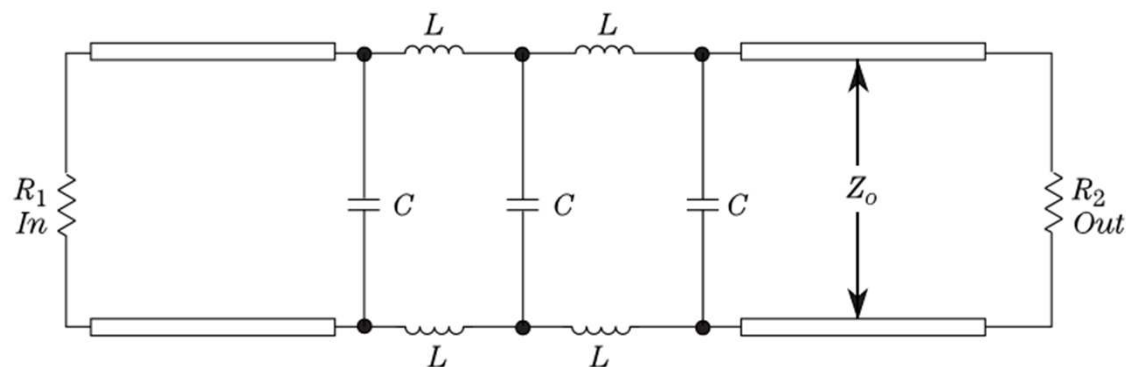
Radioklub OK2KOJ při VUT v Brně

2016/2017

# Vedení

- Z hlediska napájení antén slouží k přenosu vf. energie od vysílače k anténě a naopak anténou sesbírané energie k přijímači

- **Náhradní schéma:**



$L$  = Inductance per unit length  
 $C$  = Capacitance per unit length

- **Charakteristická impedance:**

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

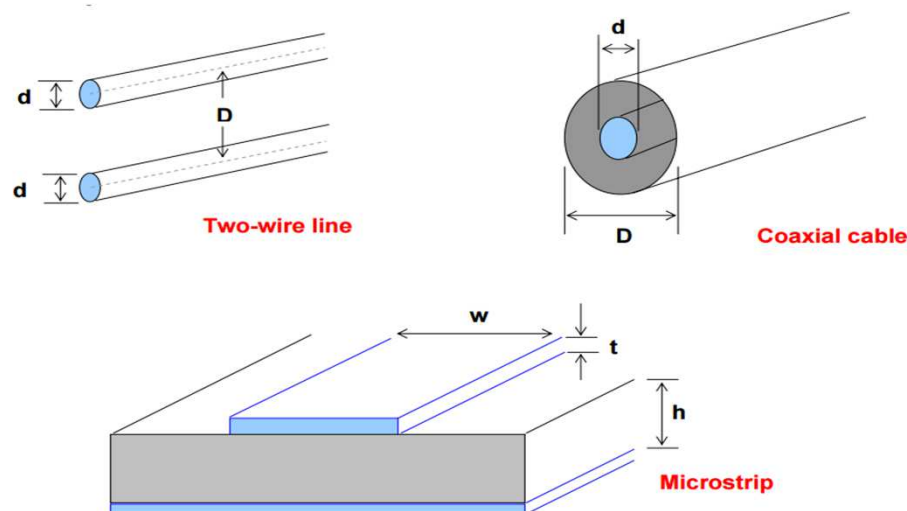
- Vedení má i ztráty – sériový odpor cívky, svodová paralelní vodivost kondenzátoru: - útlum, max. přenášený výkon

- **Parametry napájecích vedení:**

- Charakteristická impedance
- Útlum v  $dB/m$  roste s frekvencí – skinefekt
- Maximální přenesený výkon (klesá s frekvencí, skinefekt)
- Činitel zkrácení = fázová rychlost vlny je nižší (dáno permitivitou dielektrika)

$$k_r = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

- **Základní typy vedení:**



## • Přizpůsobené vedení:

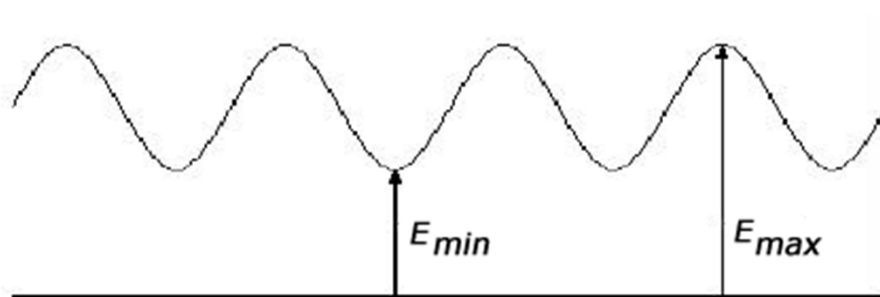
- Zdroj i zátěž mají impedanci odpovídající charakteristické impedanci vedení.
- Útlum na přizpůsobeném vedení:



$$L_{dB} = -10 \log \frac{P_{out}}{P_{in}} = -10 \log \frac{80}{100} = 1 \text{ dB}$$

- To je asi 5,5 m RG-58 na 2 m, 20 W se přemění na teplo ve vedení

## • Nepřizpůsobené vedení:



Stojatá vlna na napáječi

- Charakteristická impedance vedení se liší buď od impedance zdroje (vysílače) nebo zátěže (antény).

- Část výkonu se u antény odrazí zpátky a postupuje po napáječi směrem k vysílači. Fáze zpětně postupující vlny se periodicky přičítá a odčítá s fází vlny postupující k anténě, takže se podél napáječe vytvoří **stojaté vlny** s amplitudou  $E_{\max}$  a  $E_{\min}$
- **Poměr stojatých vln** (*Standing Wave Ratio, SWR*):

$$SWR = \frac{E_{\max}}{E_{\min}} = \frac{E_i + E_r}{E_i - E_r} \quad \bullet \quad SWR = 1, E_r = 0$$

=> přizpůsobeno, nic se neodráží

- $E_i$  = incident wave (postupná vlna)
- $E_r$  = reflected wave (odražená vlna)

- **Činitel odrazu**: (uvažujeme navázání vedení – anténa)

$$\rho = \frac{E_r}{E_i} = \left| \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \right| = \frac{SWR - 1}{SWR + 1}$$

- $Z_0$  = char. impedance vedení
- $Z_L$  = impedance antény (load = zátěž)

- Např. pro SWR = 1,5 je činitel odrazu 0,2 (0,5/2,5)
- Ztráty odrazem:
- Decibelový poměr výkonu postupné vlny a výkonu v odražené vlně

$$L_{RdB} = 10 \log \frac{P_i}{P_r} = -20 \log \rho$$

Pro naše SWR = 1,5 a výkon postupné vlny 80 W

$$L_{RdB} = -20 \log 0,2 = 10 \log \frac{80}{3,2} = 14 \text{dB}$$

výkon odražené vlny je 3,2 W (opět se musí přeměnit v teplo)

- Ztráty nepřizpůsobením:
- Decibelový útlum výkonu vysílaného z koncového stupně vysílače do vedení (přizp.) a antény (nepřizp.) vlivem odrazu na nepřizpůsobeném konci vedení.

$$L_{MdB} = -10 \log(1 - \rho^2) = -10 \log \left( \frac{P_i - P_r}{P_i} \right)$$

- Pro náš případ

$$L_{MdB} = -10 \log(1 - 0,2^2) = -10 \log \left( \frac{80 - 3,2}{80} \right) = 0,18 \text{dB}$$

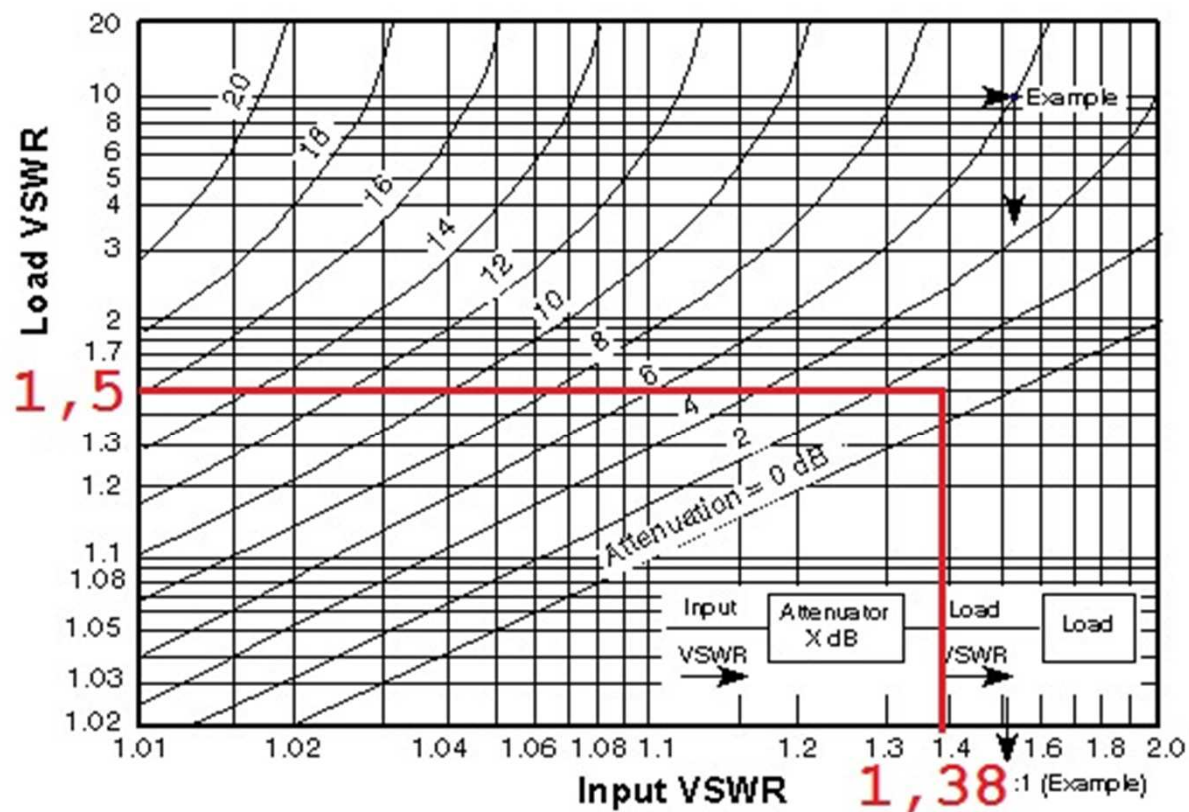
- Když měříme SWR antény na druhém konci kabelu (u vysílače) projeví se ztráty na kabelu (100 W TX, u antény 80 W, tedy se 3,2 W odrazí vlivem nepřizpůsobení a tento výkon cestou zpět se zase o 1dB utlumí na cca 2,56 W:

$$L_{RTXdB} = 10 \log \frac{P_{iTX}}{P_{rtx}} = -20 \log \rho_{TX} = 10 \log \frac{100}{2,56} = 15,9 \text{ dB}$$

$$= -20 \log 0,16$$

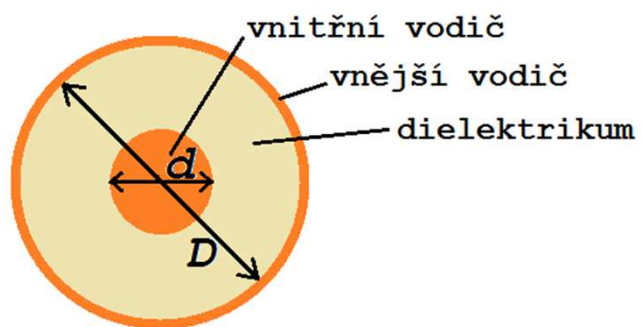
$$\rho = \frac{SWR-1}{SWR+1} \rightarrow SWR_{TX} = \frac{1+\rho_{TX}}{1-\rho_{TX}} = \frac{1+0,16}{1-0,16} = 1,38 \text{ a ne } 1,5$$

- V našem případě se na vedení mění v teplo 20 W vlivem ztrát na postupné vlně a dalších 0,64 W (3,2-2,56) vlivem ztrát na odražené vlně. Do vysílače se vrací 2,56 W (musí zvládnout absorbovat). Do antény jde 76,8 W (100-20-3,2).
- Redukce určení SWR antény s měřením přes útlumové vedení

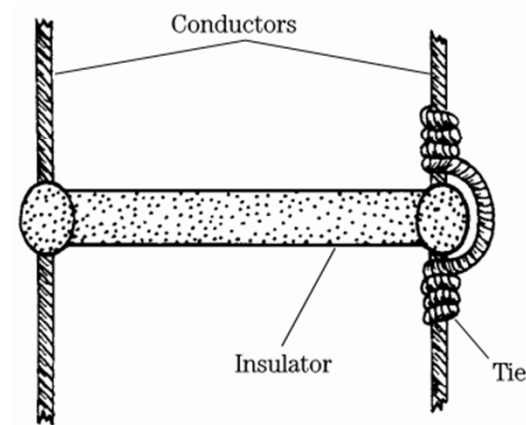
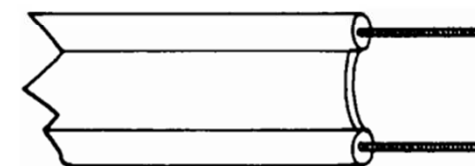
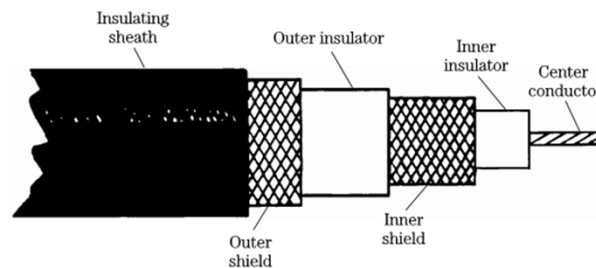
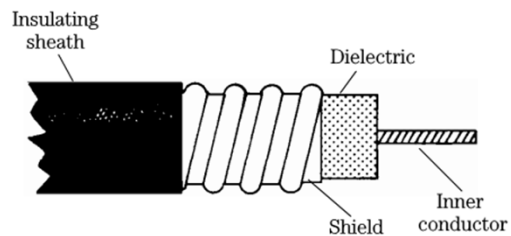
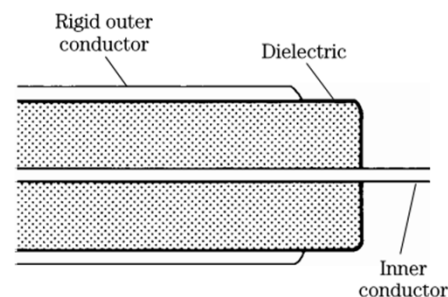
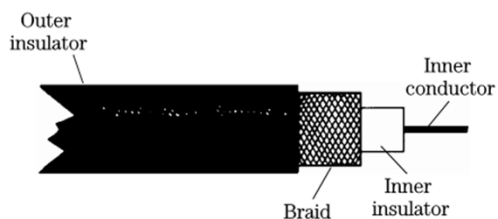
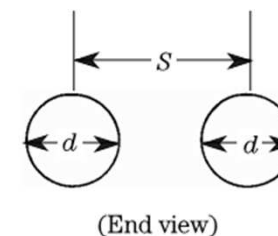




- Char. impedance je dána mechanickými poměry rozměrů (vnější/vnitřní vodič u koaxu, průměr drátu/vzdálenost u dvou vodičového vedení) a materiálovými parametry dielektrika



$$Z_0 = 138 \log \left( \frac{D}{d} \cdot \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} \right)$$

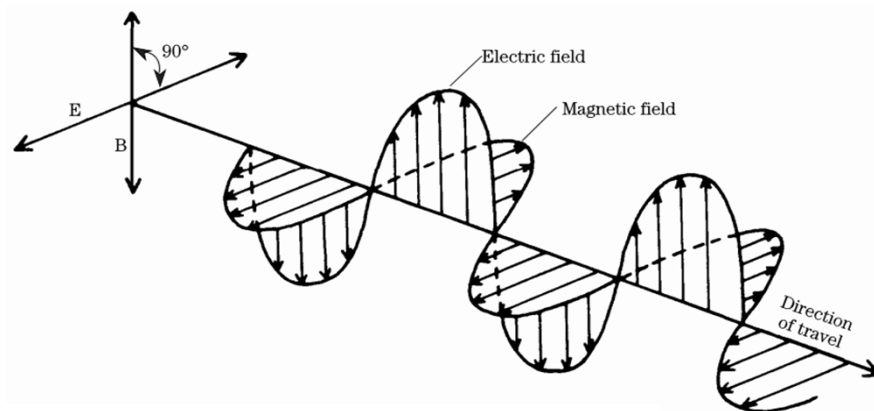


## • Parametry koaxů

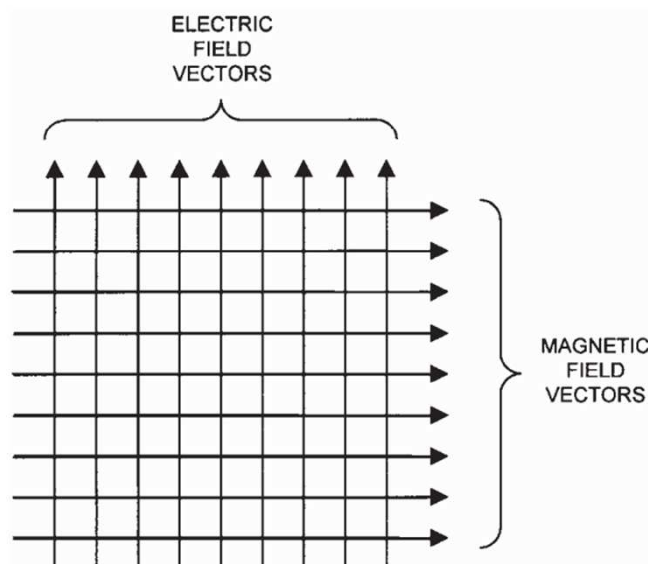
| <a href="http://www.qsl.net/va3iul/">http://www.qsl.net/va3iul/</a><br>COAXIAL CABLES | H 155     | H 1000   | RG 174/U  | RG 58C/U | RG 59B/U  | RG 62A/U  | RG 213/U | RG 214/U | AIRCELL 7 | AIRCOM PLUS | ECOFLEX 10 |
|---|-----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-------------|------------|
| <b>TECHNICAL PARAMETERS</b>   |           |          |           |          |           |           |          |          |           |             |            |
| Impedance   | 50Ω       | 50Ω      | 50Ω       | 50Ω      | 75Ω       | 93Ω       | 50Ω      | 50Ω      | 50Ω       | 50Ω         | 50Ω        |
| Nominal capacity  | 82pF/m    | 80pF/m   | 101pF/m   | 102pF/m  | 72,2pF/m  | 47,6pF/m  | 101pF/m  | 98pF/m   | 75pF/m    | 81pF/m      | 78pF/m     |
| Inner conductor resistance  | 15Ω/km    | 11Ω/km   | 318,2Ω/km | 40,7Ω/km | 165,0Ω/km | 144,0Ω/km | 5,6Ω/km  | 5,6Ω/km  | 3,1Ω/km   | 3,1Ω/km     | 3,3Ω/km    |
| Velocity of propagation   | 81%       | 81%      | 66%       | 66%      | 66%       | 83%       | 66%      | 66%      | 83%       | 83%         | 85%        |
| Inner conductor   | 19x0,28mm | ∅ 2,62mm | ∅ 0,48mm  | ∅ 0,9mm  | ∅ 0,58mm  | ∅ 0,58mm  | ∅ 2,26mm | ∅ 2,25mm | ∅ 1,85mm  | ∅ 2,7mm     | ∅ 2,85mm   |
| Dielectric  | ∅ 3,9mm   | ∅ 7,15mm | ∅ 1,5mm   | ∅ 2,95mm | ∅ 3,71mm  | ∅ 3,7mm   | ∅ 6,6mm  | ∅ 7,25mm | ∅ 5,0mm   | ∅ 7,2mm     | ∅ 7,25mm   |
| Outer conductor   | ∅ 4,5mm   | ∅ 7,8mm  | ∅ 2,0mm   | ∅ 3,5mm  | ∅ 4,35mm  | ∅ 4,4mm   | ∅ 7,2mm  | ∅ 8,7mm  | ∅ 5,75mm  | ∅ 7,9mm     |            |
| Coverage  | 100%      | 100%     | 87%       | 95%      | 95%       | 96%       | 97%      | 95%      | 100%      | 100%        | 100%       |
| Steath  | PVC       | PVC      | PVC       | PVC      | PVC       | PVC       | PVC      | PVC      | PVC       | PVC         | PVC        |
| Outer diameter  | ∅ 5,4mm   | ∅ 10,3mm | ∅ 2,8mm   | ∅ 4,95mm | ∅ 6,15mm  | ∅ 6,15mm  | ∅ 10,2mm | ∅ 10,8mm | ∅ 7,3mm   | ∅ 10,8mm    | ∅ 10,2mm   |
| <b>Attenuation in dB / 100m</b>   |           |          |           |          |           |           |          |          |           |             |            |
| 10Mhz   | 3,0       | 1,2      |           |          |           |           |          |          | 2,2       | 1,2         |            |
| 100Mhz  | 9,3       | 3,9      | 30,0      | 16,1     | 12,0      | 8,5       | 6,9      | 6,9      | 6,3       | 3,8         | 4,0        |
| 145Mhz  |           |          |           | 17,8     |           |           | 8,5      |          | 7,6       | 4,6         | 4,8        |
| 200Mhz  | 14,2      | 6,1      | 45,0      | 23,0     | 16,0      | 12,0      | 9,8      | 9,4      | 9,0       | 5,5         |            |
| 300Mhz  | 16,3      | 7,0      |           |          |           |           |          |          | 11,2      | 6,8         |            |
| 400Mhz  | 19,0      |          | 62,0      | 33,0     | 23,0      | 18,0      | 15,7     | 15,0     |           |             |            |
| 432Mhz  |           |          |           | 33,2     |           |           | 16,7     |          | 13,6      | 8,4         | 8,9        |
| 450Mhz  | 20,7      | 7,3      |           |          |           |           |          |          |           |             |            |
| 500Mhz  |           |          | 73,0      | 36,1     | 27,0      | 20,0      | 16,7     |          | 14,7      | 9,0         |            |
| 700Mhz  |           |          |           |          |           |           |          | 21,0     |           |             |            |
| 800Mhz  |           |          |           |          |           |           |          |          | 19,0      | 11,8        | 12,5       |
| 1000Mhz   | 30,9      | 13,5     | 111,0     | 54,6     | 38,0      | 29,5      | 25,7     | 25,7     | 21,5      | 13,4        | 14,2       |
| 1296Mhz   |           |          |           | 64,5     |           |           | 30,0     |          | 24,8      | 15,6        | 16,5       |
| 1500Mhz   |           |          |           |          |           |           |          |          | 27,1      | 17,0        | 17,9       |
| 1800Mhz   |           |          |           | 82,0     |           |           | 37,0     |          | 30,0      | 18,9        |            |
| 2000Mhz   | 45,8      | 20,2     |           | 87,5     |           |           | 41,6     |          | 31,9      | 20,1        | 21,2       |
| 2320Mhz   |           |          |           | 97,1     |           |           | 46,5     |          | 37,9      | 22,5        | 23,1       |
| 2500Mhz   |           |          |           |          |           |           |          |          |           |             |            |
| 3000Mhz   |           | 24,7     |           | 118,0    |           |           | 58,5     |          | 40,9      | 25,9        | 27,0       |
| 4000Mhz   |           |          |           |          |           |           |          | 70,0     | 49,1      | 31,1        | 32,2       |
| 5000Mhz   |           |          |           |          |           |           |          |          | 57,0      | 35,9        | 37,0       |
| 6000Mhz   |           |          |           |          |           |           |          |          | 64,9      | 40,6        | 41,5       |
| 8000Mhz   |           |          |           |          |           |           |          |          |           |             |            |
| 10000Mhz  |           |          |           |          |           |           |          |          | 58,3      |             |            |

# Anténa

- transformuje vf. energii dodávanou na vstup antény prostřednictvím napáječe (výkon  $P=U \cdot I$ ,  $W=V \cdot A$ ) na elektromagnetickou vlnu (hustota výkonu elmag. pole  $\Pi = E \times H$ ,  $W/m^2 = V/m \cdot A/m$ ) a naopak (vysílací vs. přijímací anténa)
- do antény teče vf. proud a na jejích svorkách je vf. napětí (budící výkon), od antény se šíří elmag. vlna
- elmag. vlna:

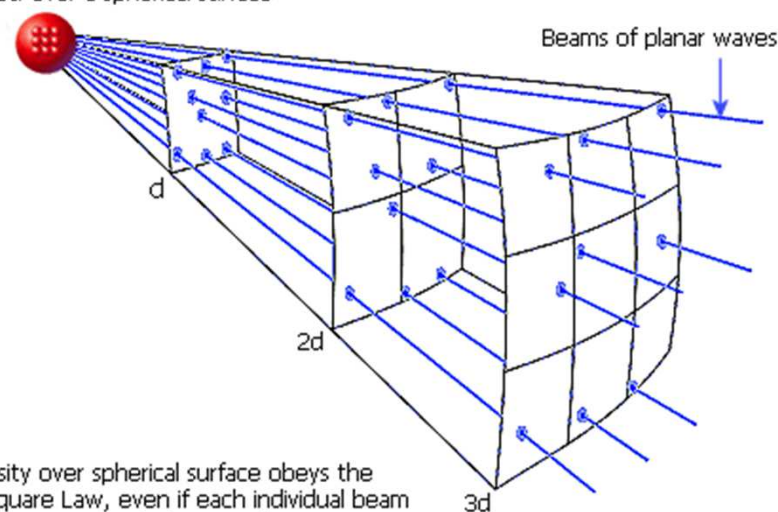


- vektory elektrického pole a magnetického pole jsou navzájem kolmé, a směr šíření je kolmý na tyto vektory



- Směr šíření elmag. vlny je kolmo od stránky (plátna)
- Kulová vs. rovinná vlna

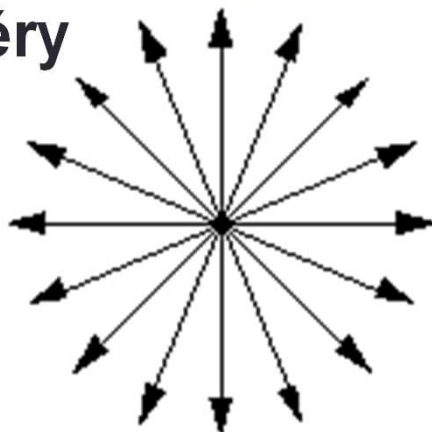
Source with 9 directional radiators arranged over a spherical surface



Net intensity over spherical surface obeys the Inverse Square Law, even if each individual beam intensity is invariant with distance  $d$ .

© Blaze Labs Research

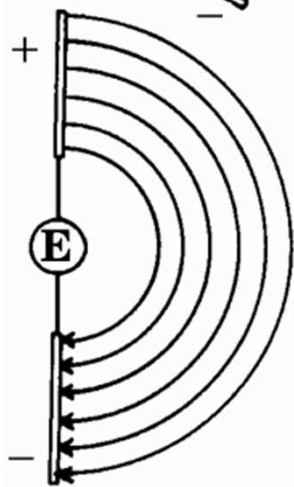
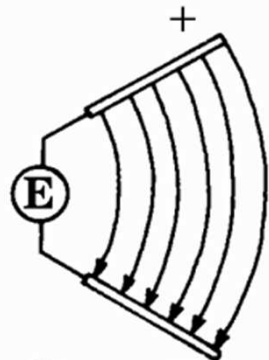
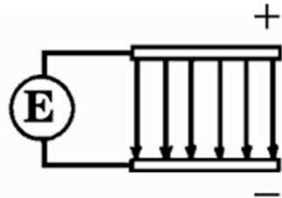
- Izotropický zářič = fiktivní anténa od které se šíří elmag. energie stejně všemi směry



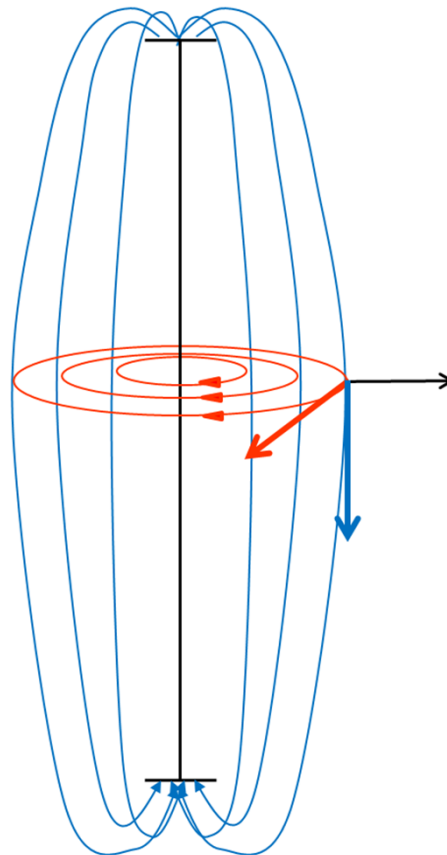
- Ve velké vzdálenosti od antény se kulová vlna jeví jako rovinná vlna

# Anténa a rezonanční obvod

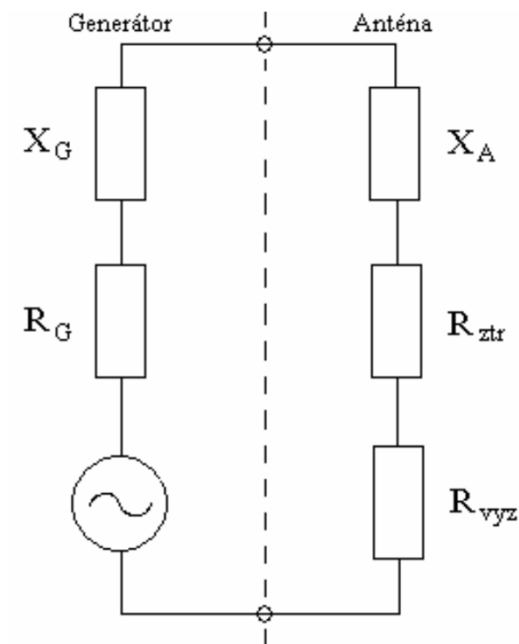
- Princip dva vodiče jako desky kondenzátoru



- Kond budí elektrické pole, cívka (vodič antény) generuje magnetické pole

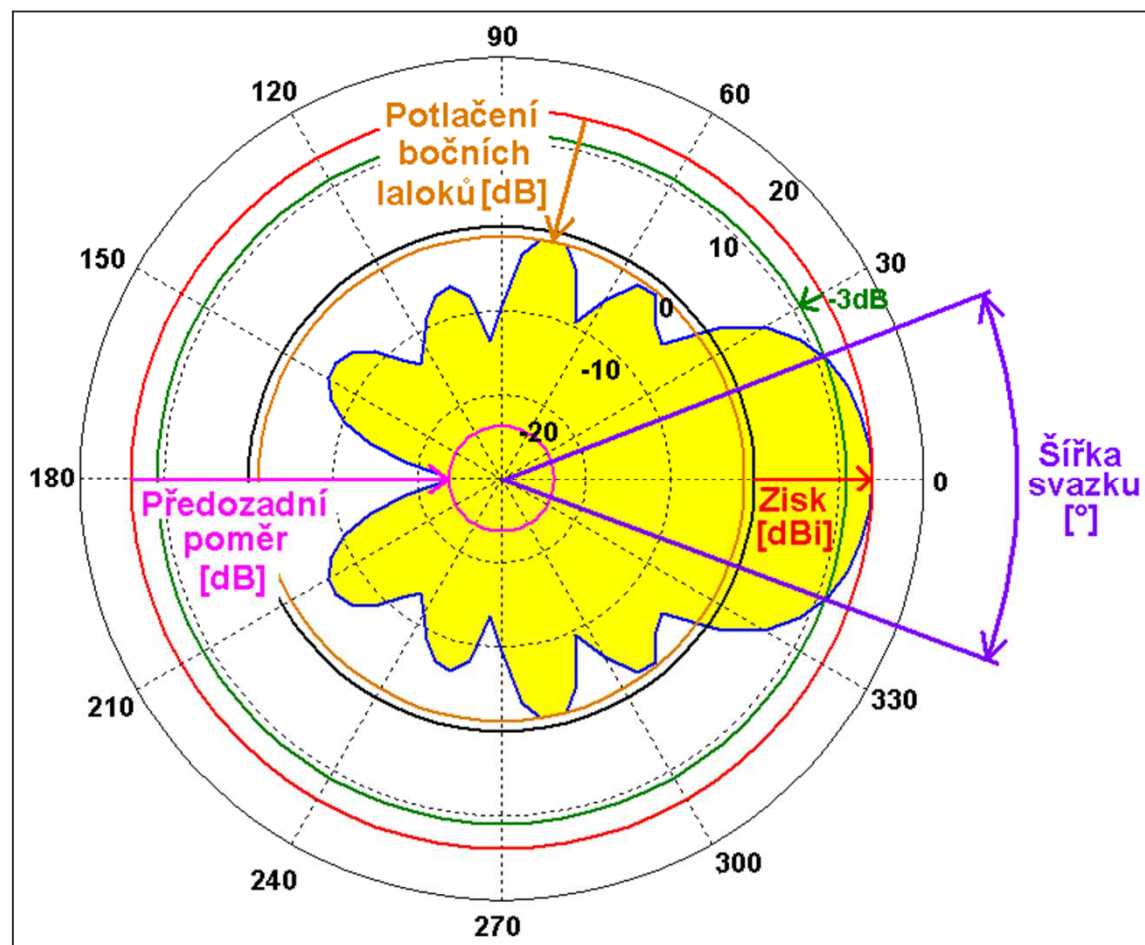


- Náhradní schéma:

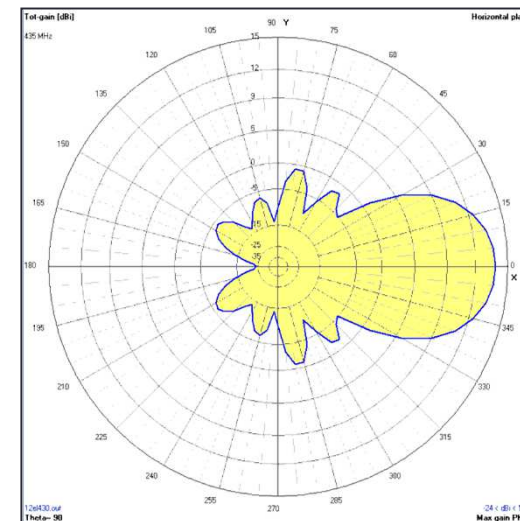


# Parametry antén

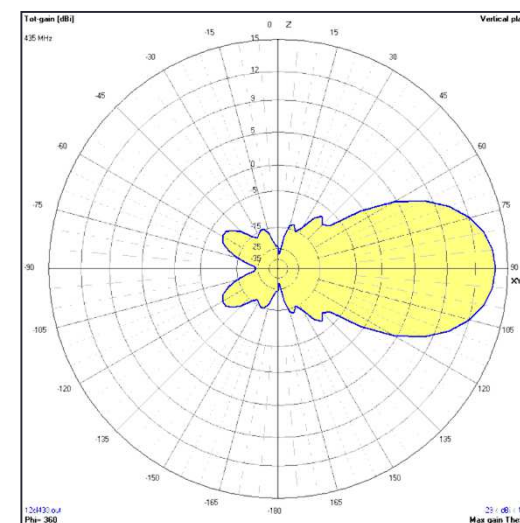
- Směrová charakteristika



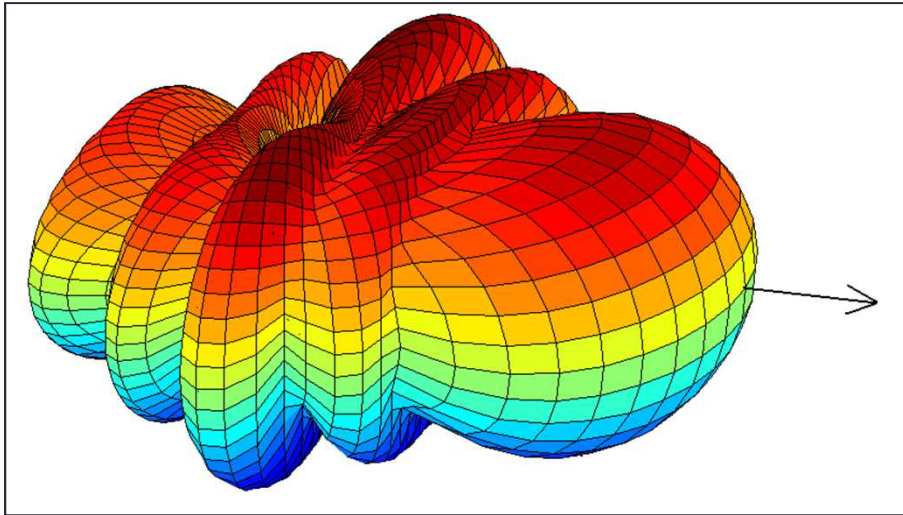
H



V

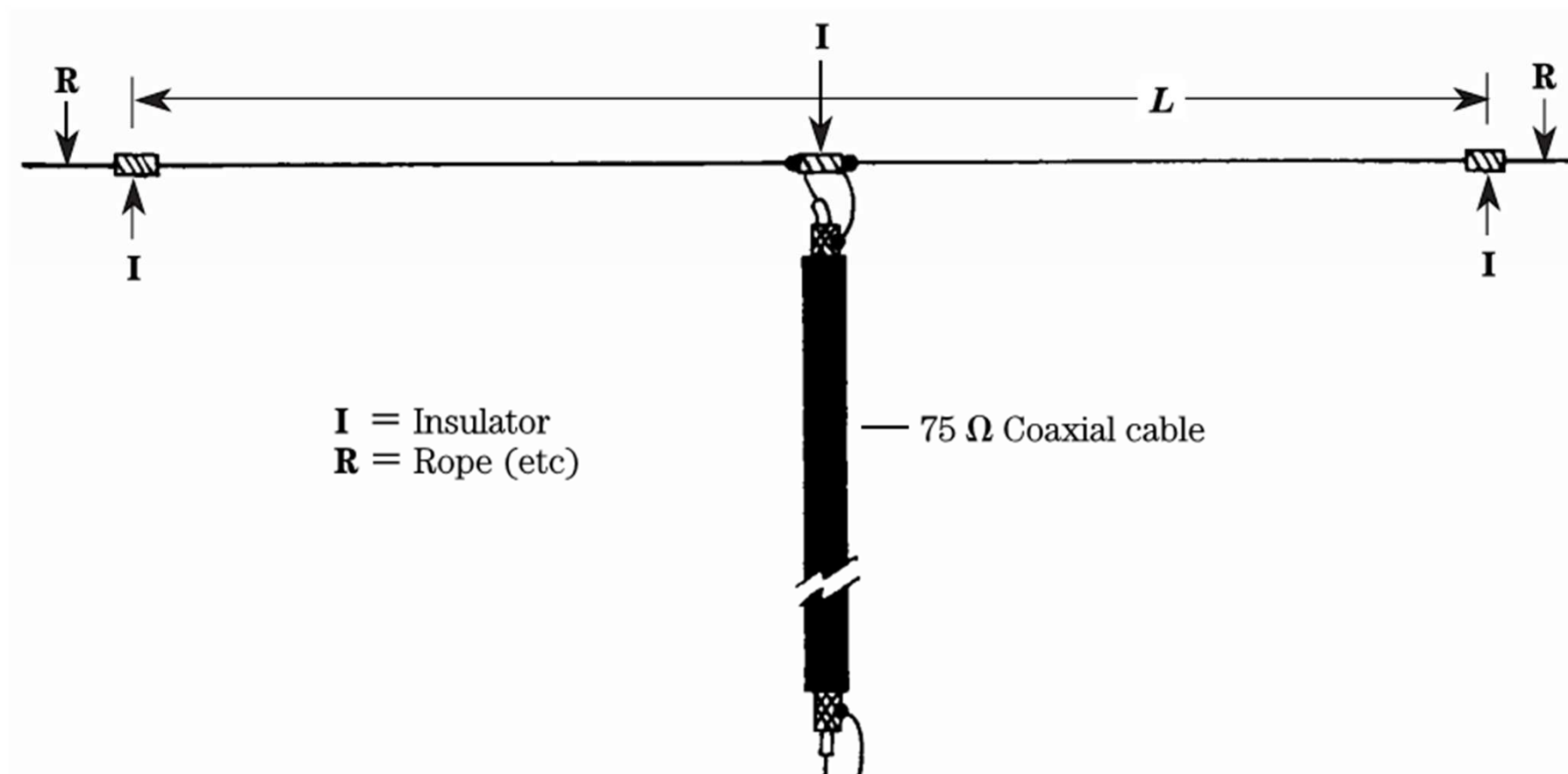


## • 3D



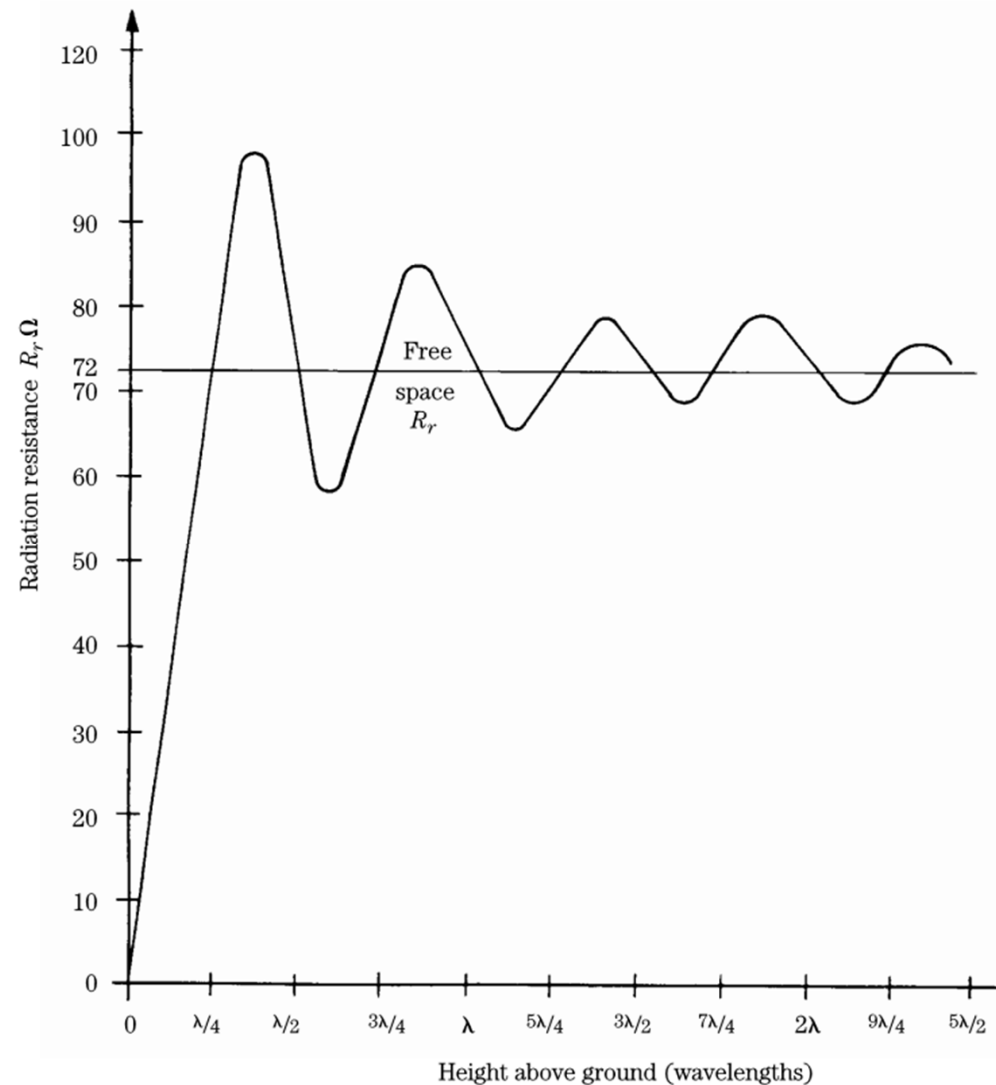
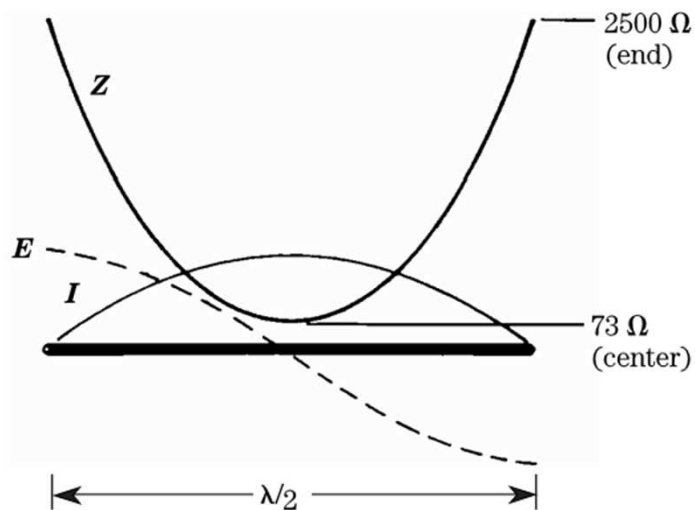
- vyzařovací diagram: horizontální rovina –  $f(\phi)$ , vertikální rovina –  $f(\theta)$ , 3D –  $f(\phi, \theta)$
- zisk v hlavním směru (dBi – k izotropnímu zářiči, dBd – k dipólu)
- šířka hlavního laloku pro potlačení o 3 dB (šířka hlavního svazku), předozadní poměr, potlačení bočních laloků
- vstupní impedance,  $SWR \Rightarrow$  přizpůsobení
- šířka pásma a frekvenční závislost uvedených parametrů

# Dipól

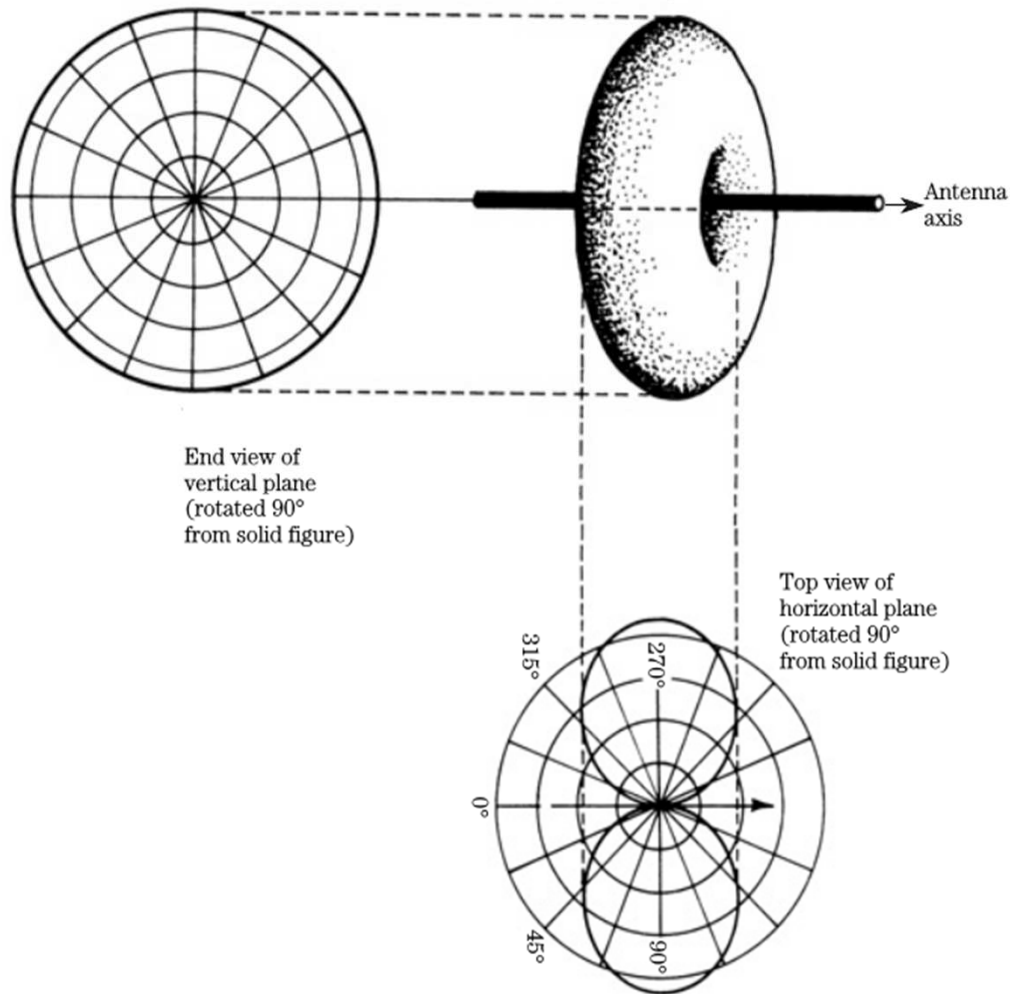




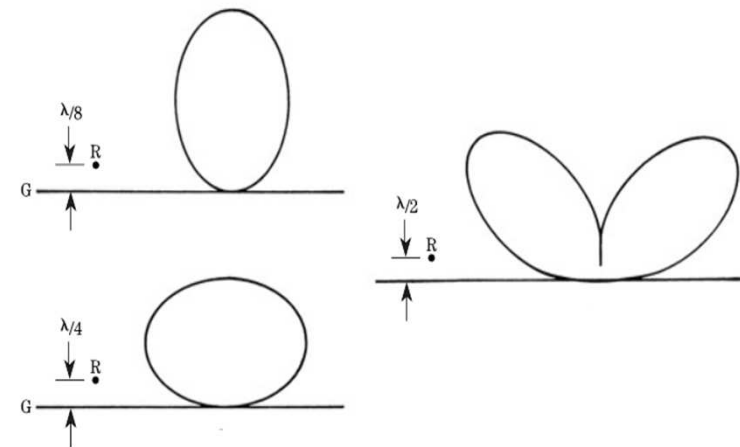
- Rozložení proudu a napětí (el. pole) – impedance na svorkách  $73 \Omega$  - projevuje se země



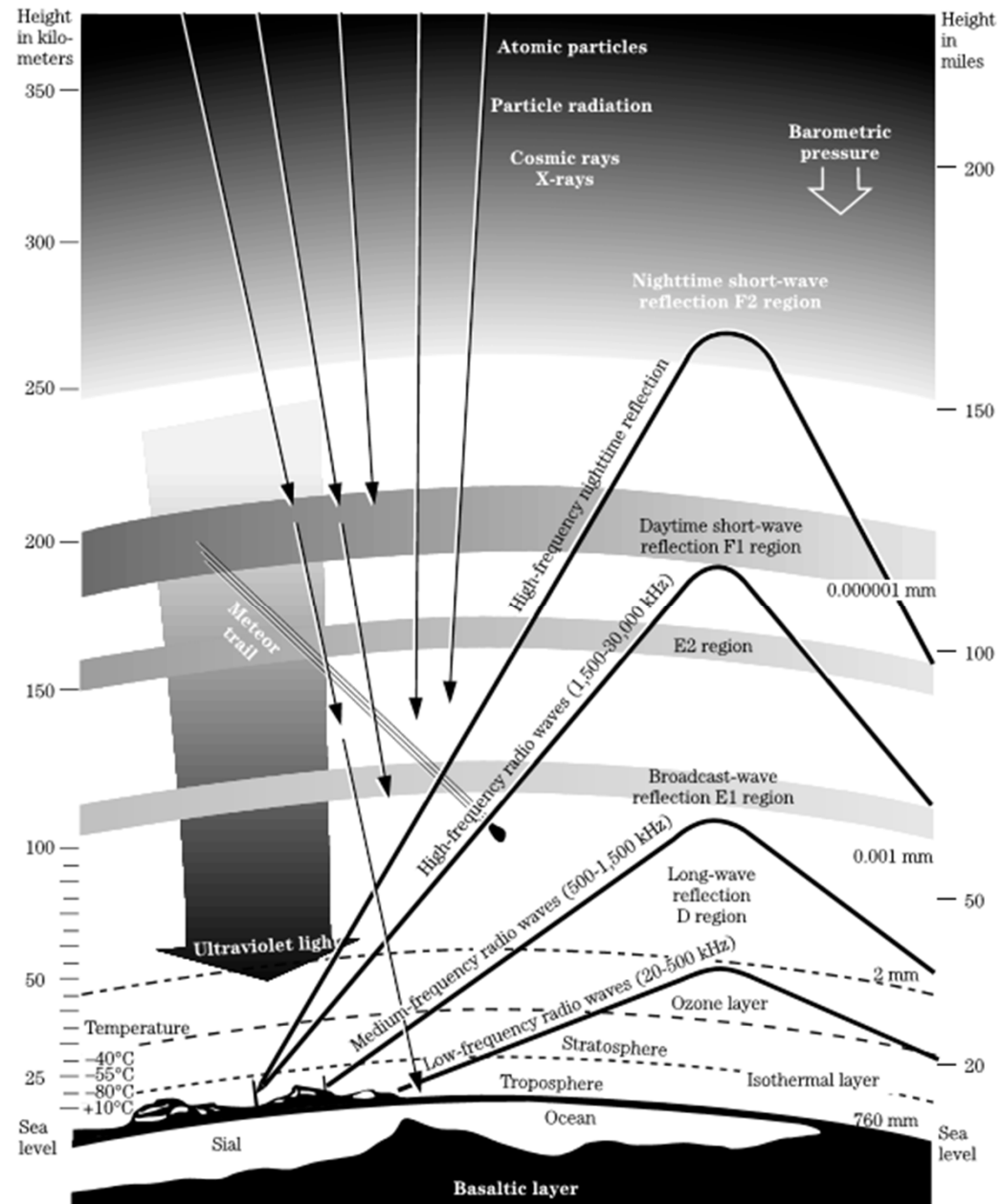
- Směrová charakteristika



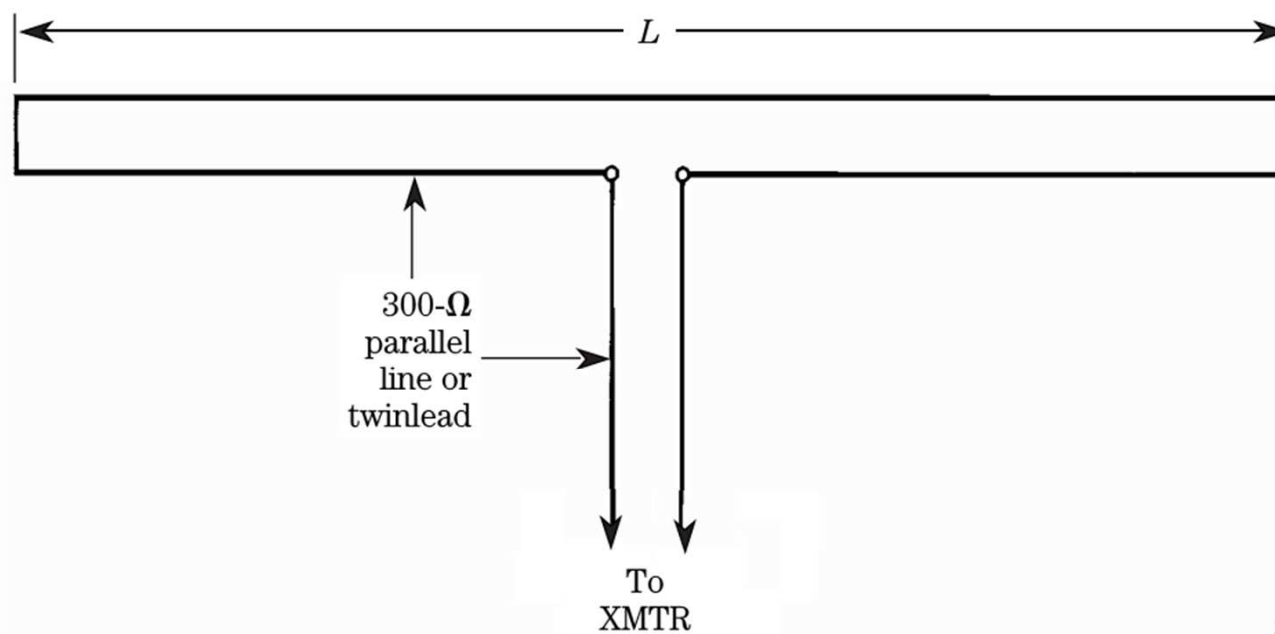
- Na vertikální má vliv opět blízká zemní plocha



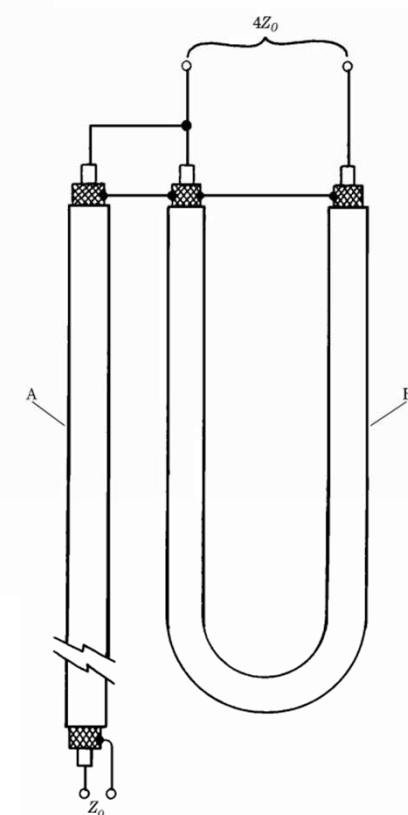
- To se však může hodit na KV při spojení odrazem od ionosféry



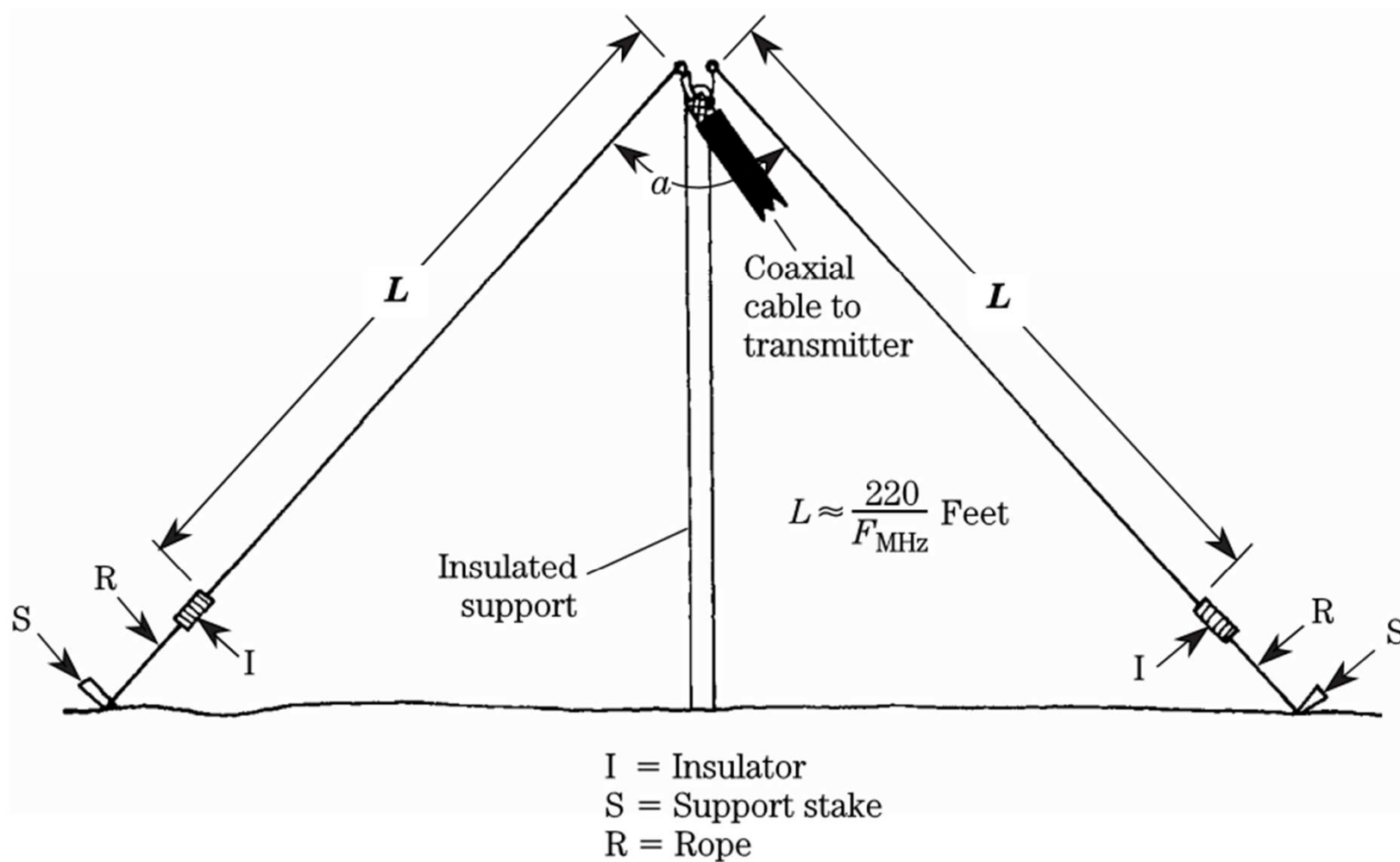
# Skládaný dipól



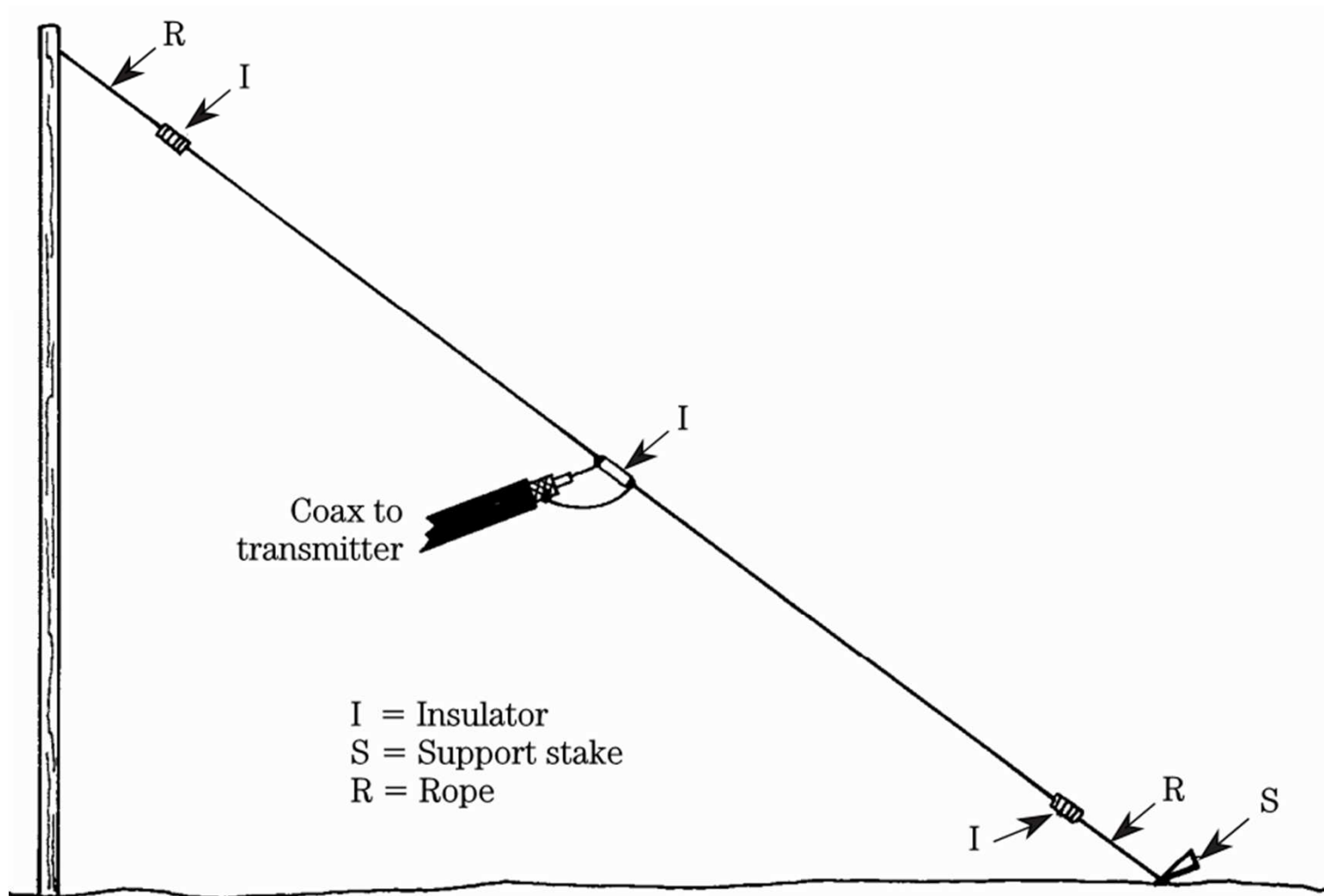
- Balun 4:1 pro VKV



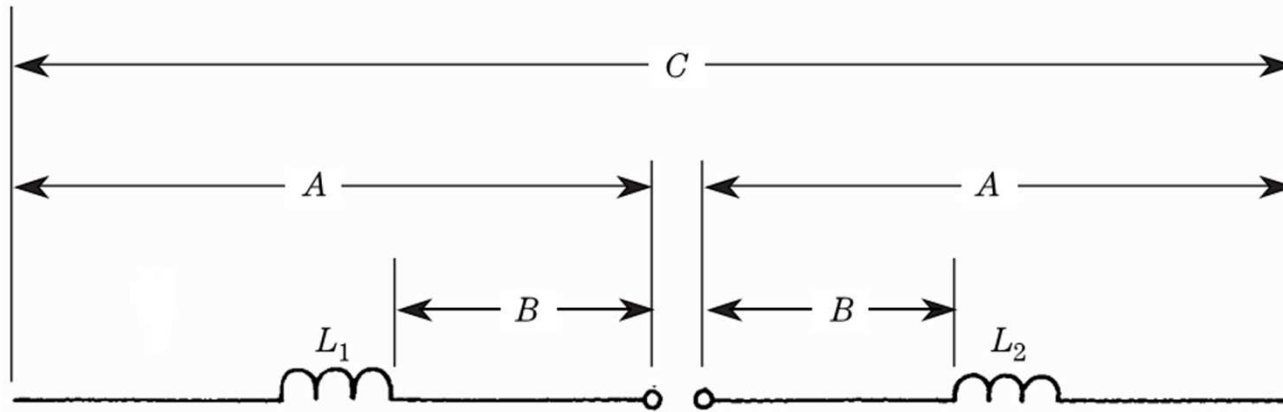
- Invertované V – na KV



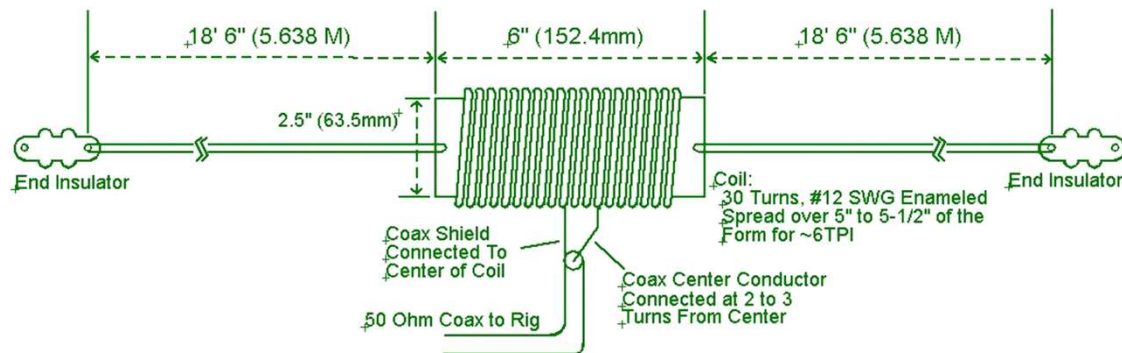
- **Sloper**



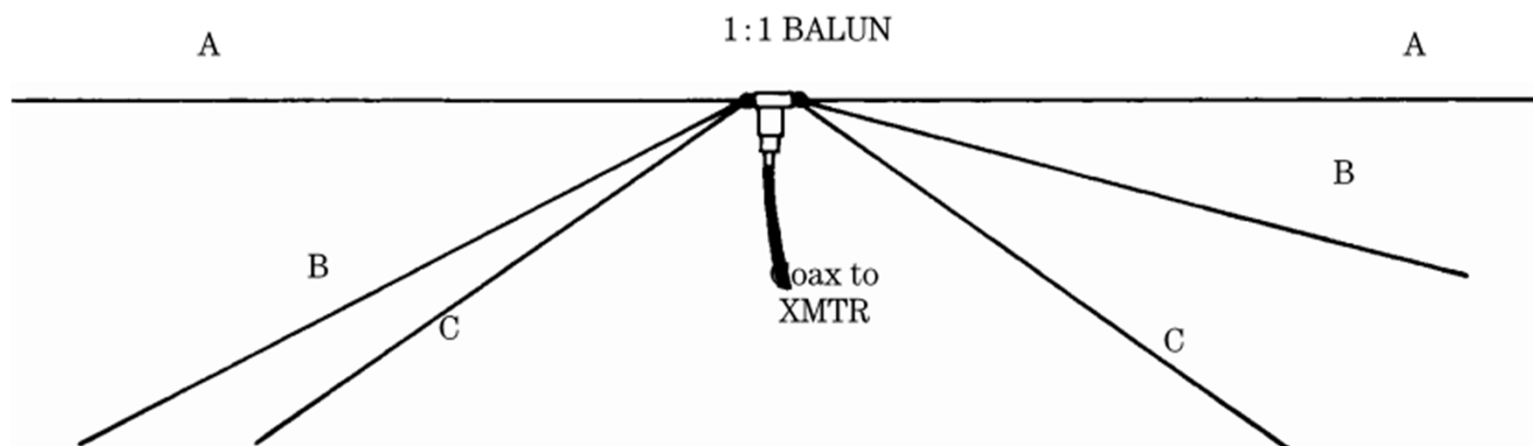
# Zkrácené dipóly



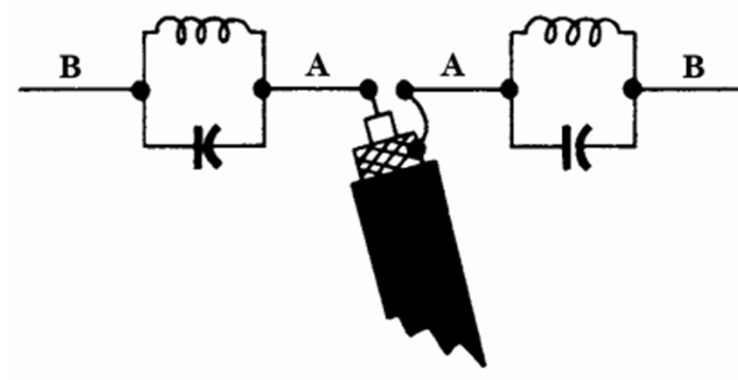
| Percent of half-wavelength | Coils at middle of radiators ( $\Omega$ ) |
|----------------------------|---|
| 20                         | 2800                                      |
| 30                         | 1800                                      |
| 40                         | 1800                                      |
| 50                         | 1300                                      |
| 60                         | 950                                       |



- **Multiband dipól**



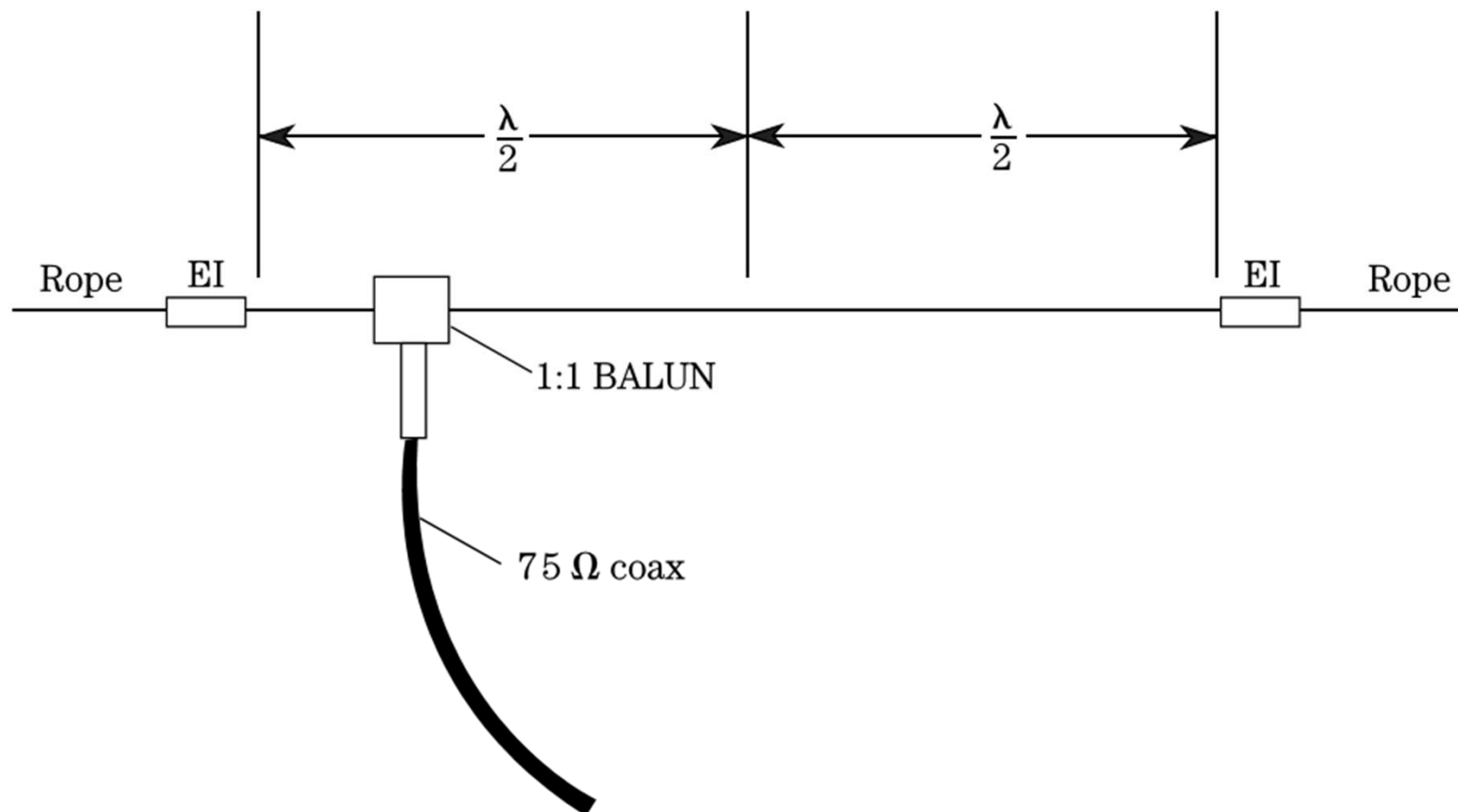
- **Multiband trapovaný dipól (např. W3DZZ)**



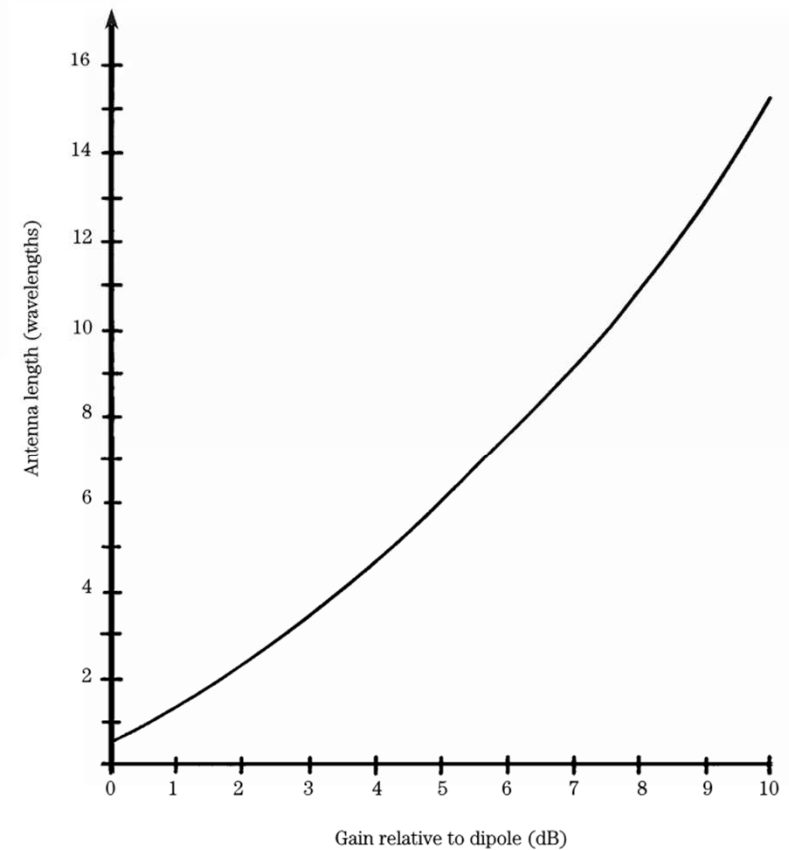
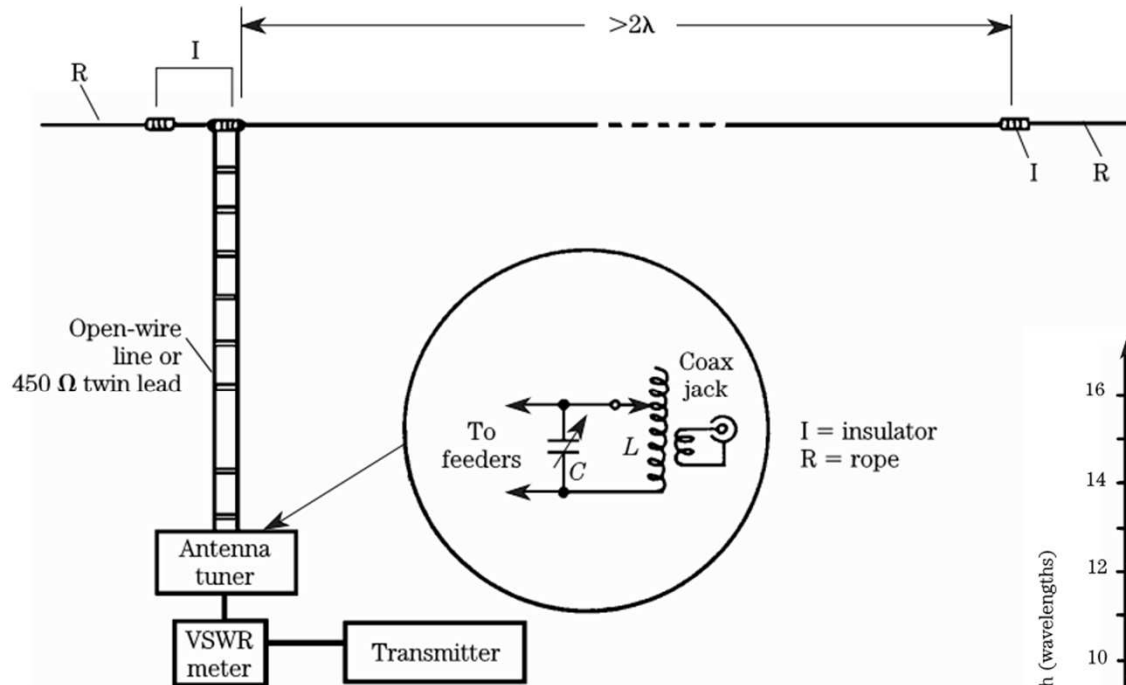
A=10-meter segment  
A+B=15-meter/40-meter segment



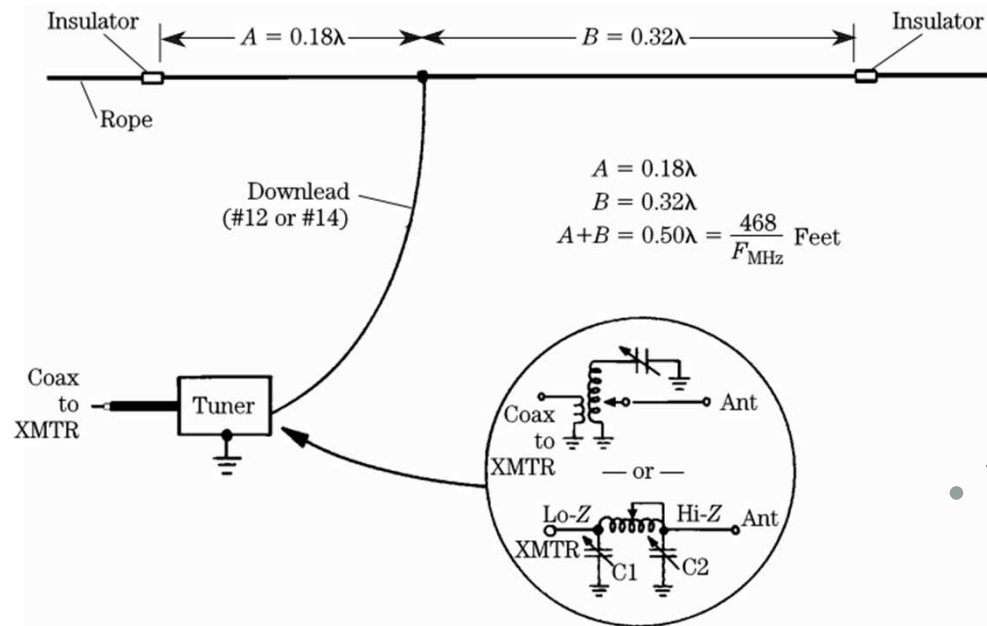
- **OCF – out off center dipól**



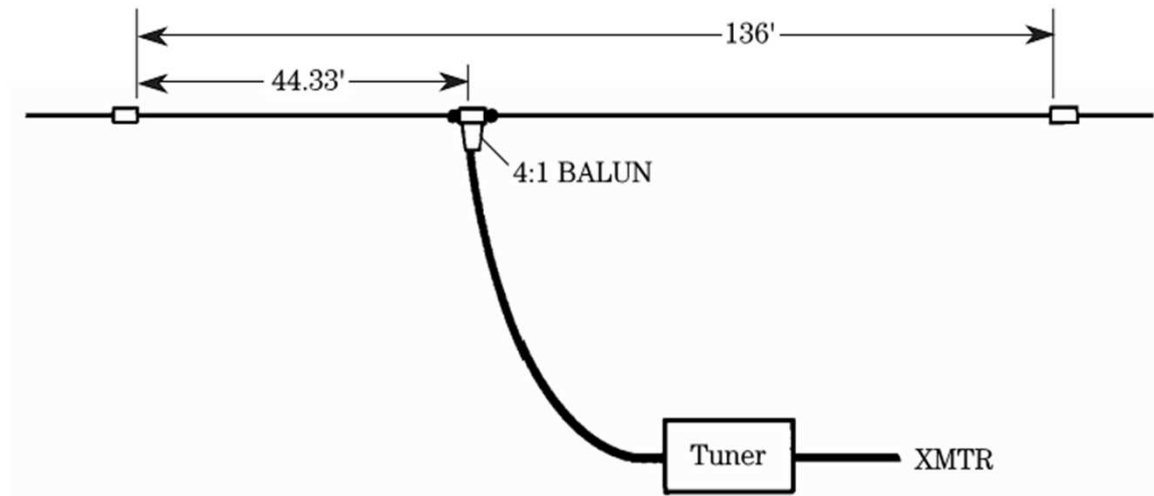
• Longwire – rychle na KV s transmatchem



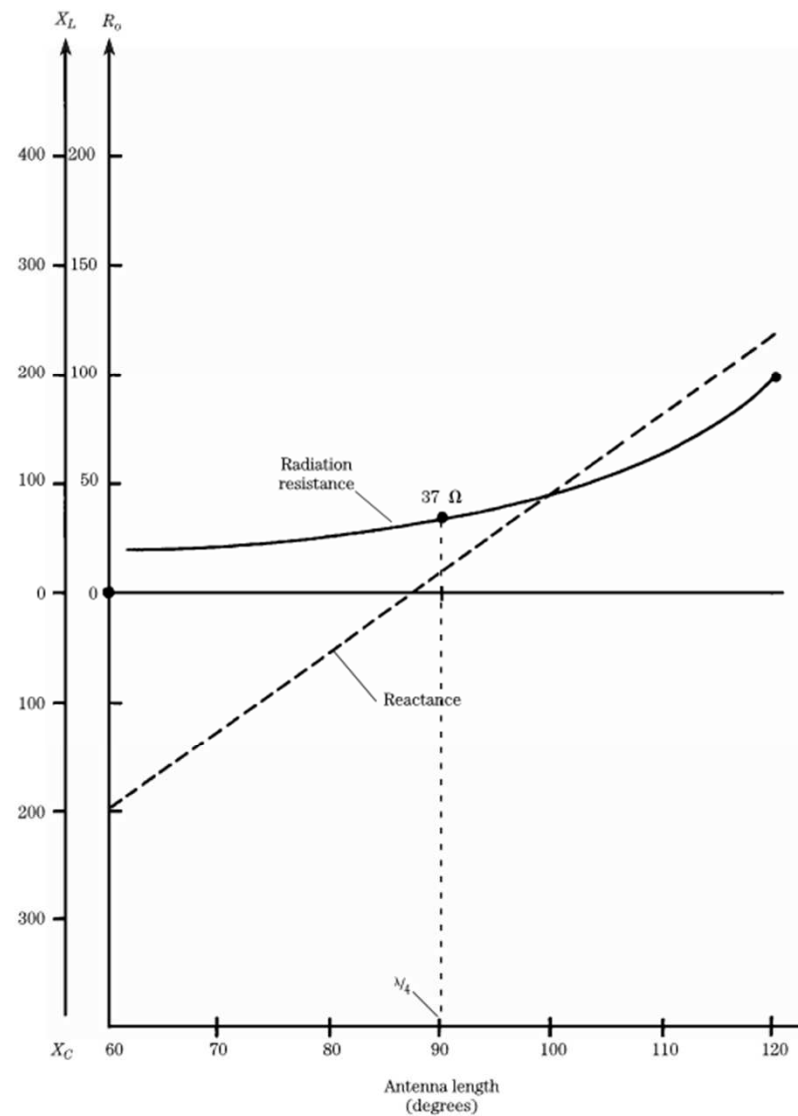
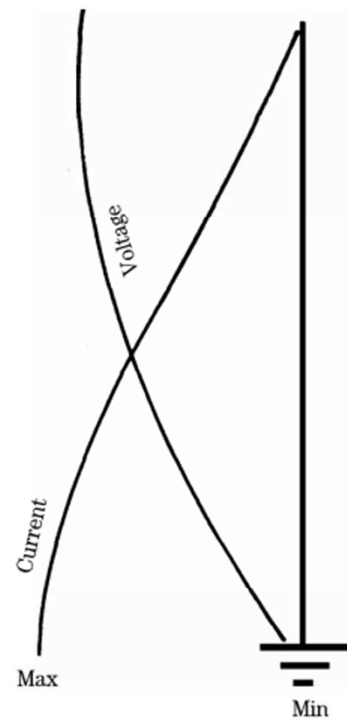
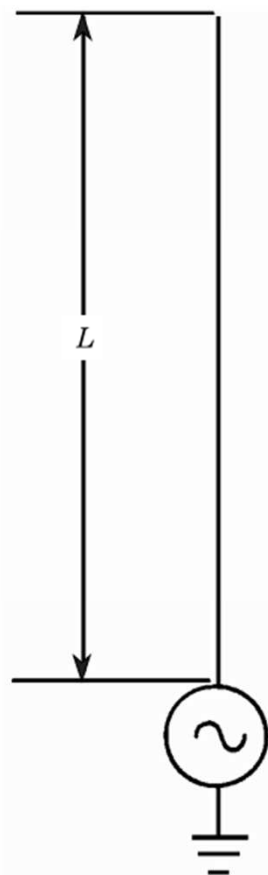
• **Windom - multiband**



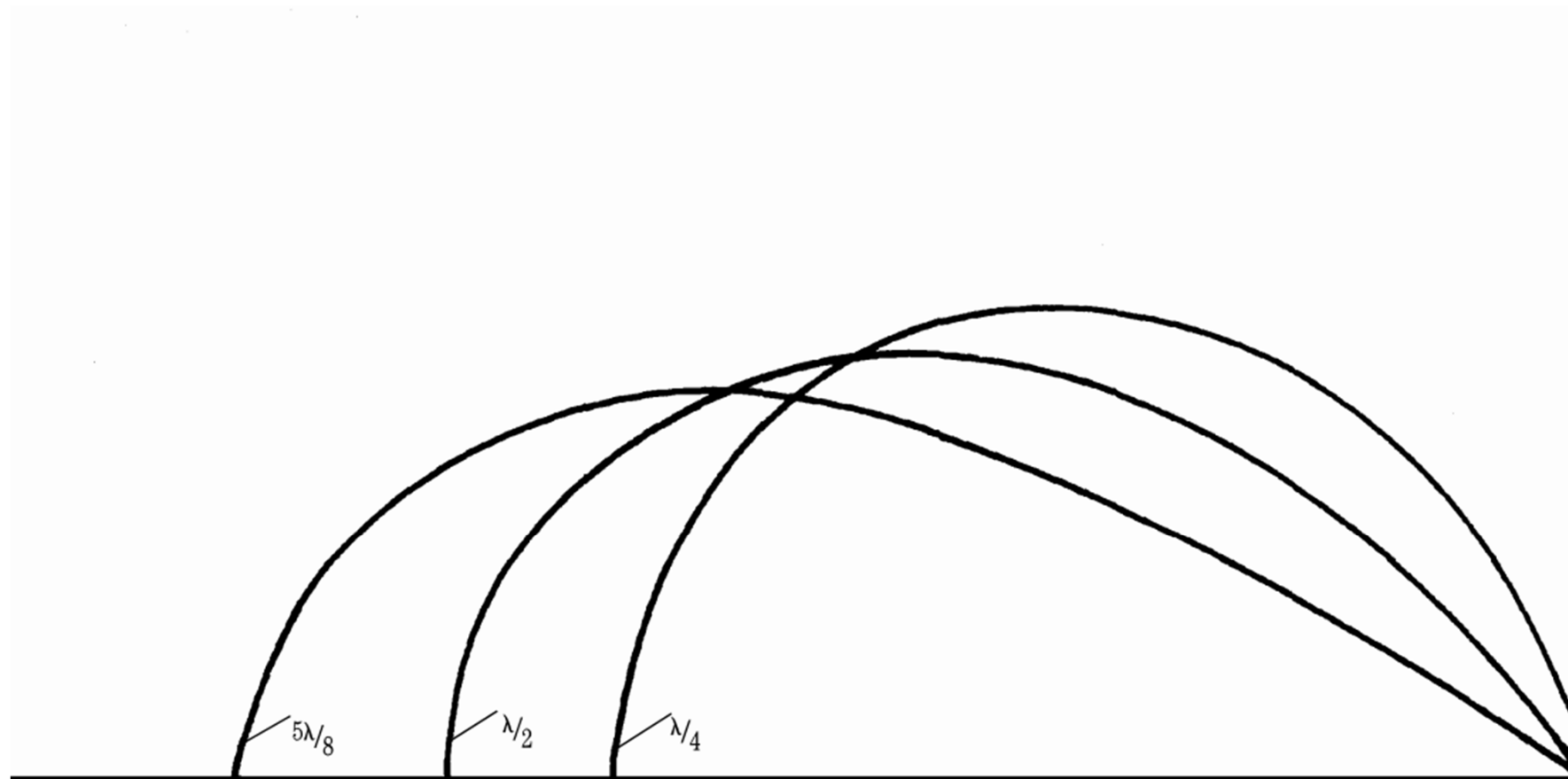
• **Windom s kaxem a balunem**



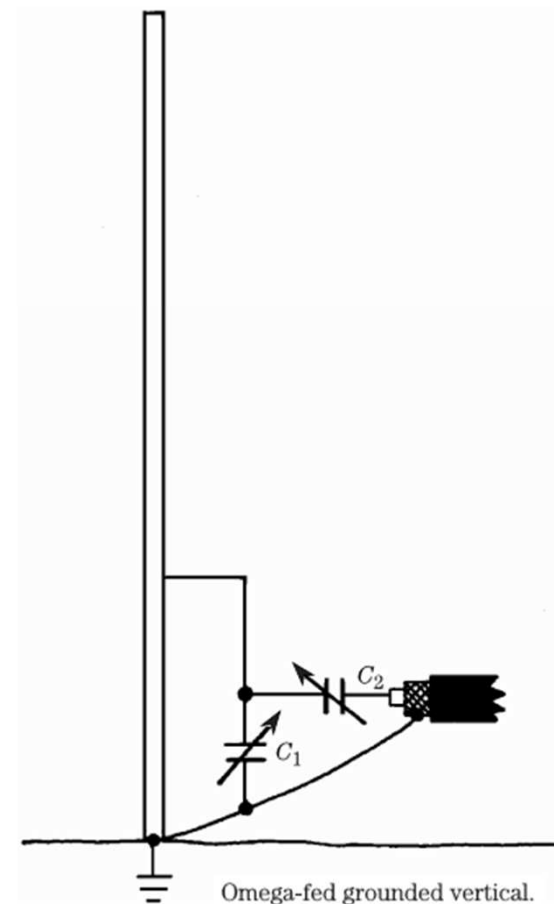
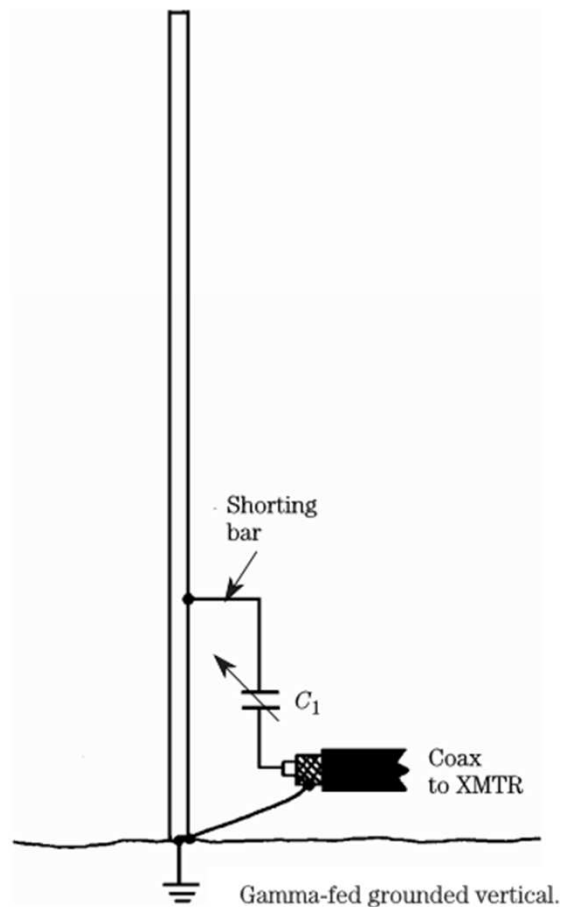
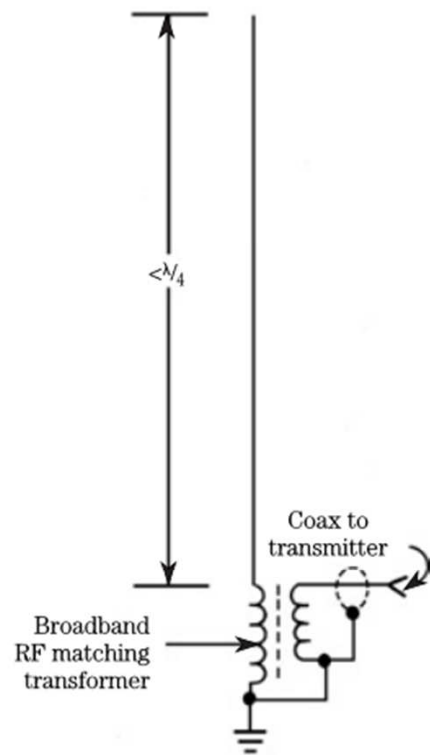
- **Vertikální antény (KV i VKV)**



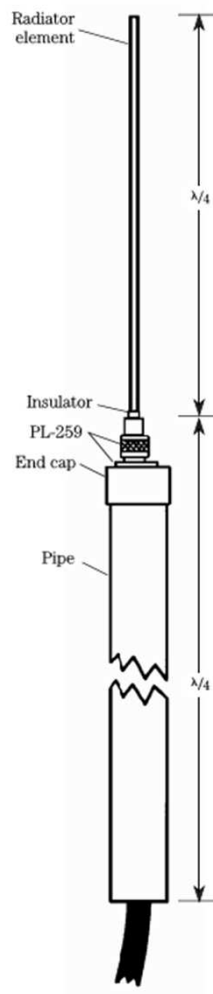
- **Směrovka vs. délka**



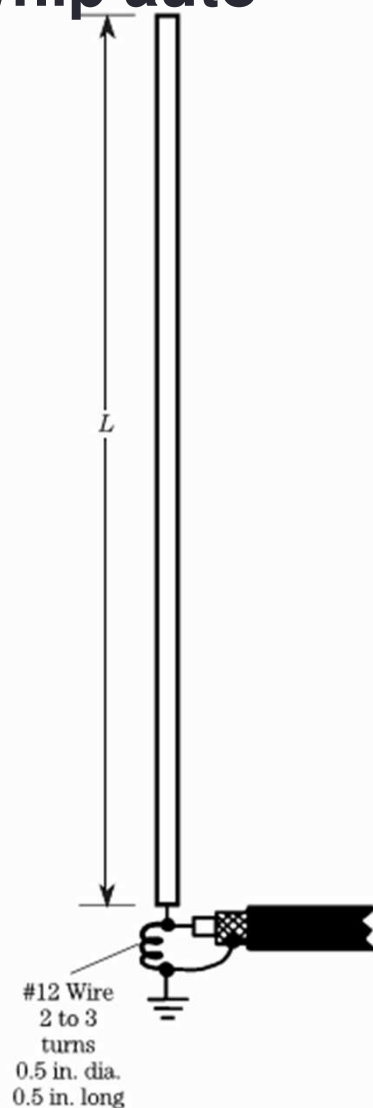
- **Přizpůsobení (i širokopásmově)**



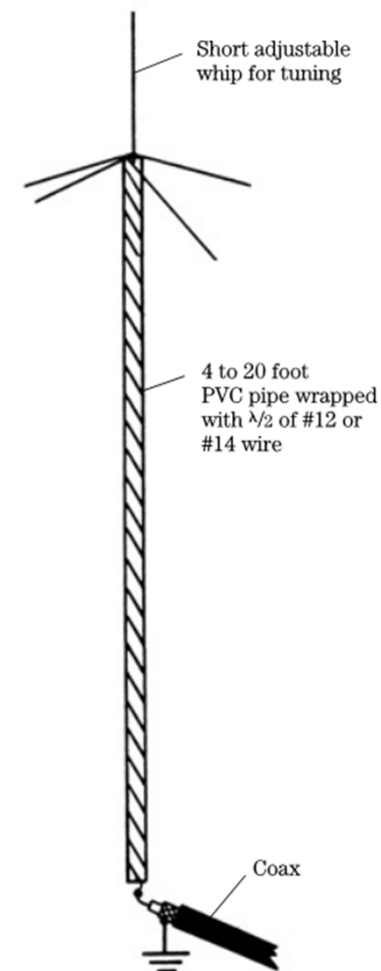
- S půlvlnným rukávem



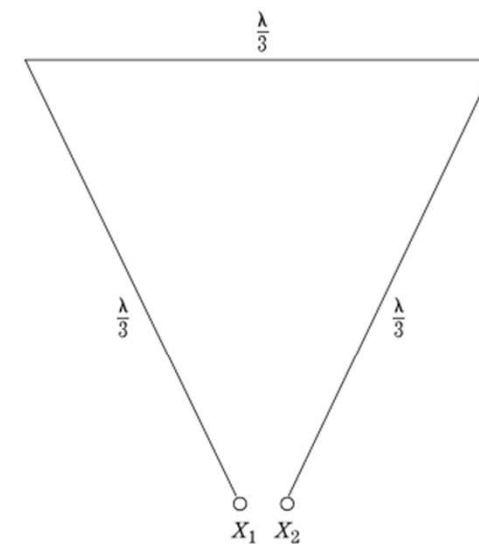
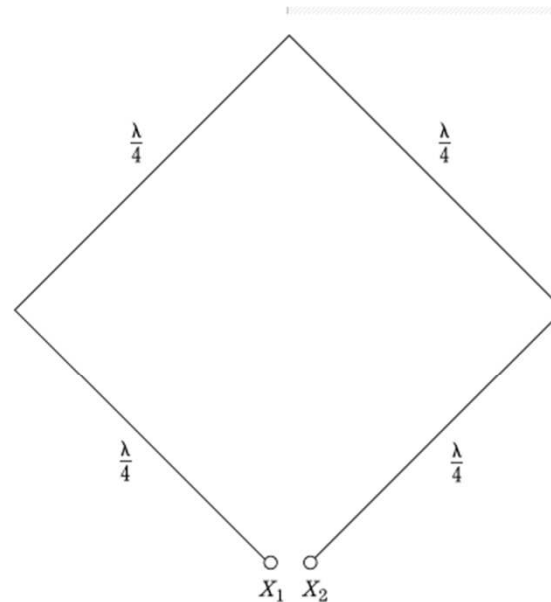
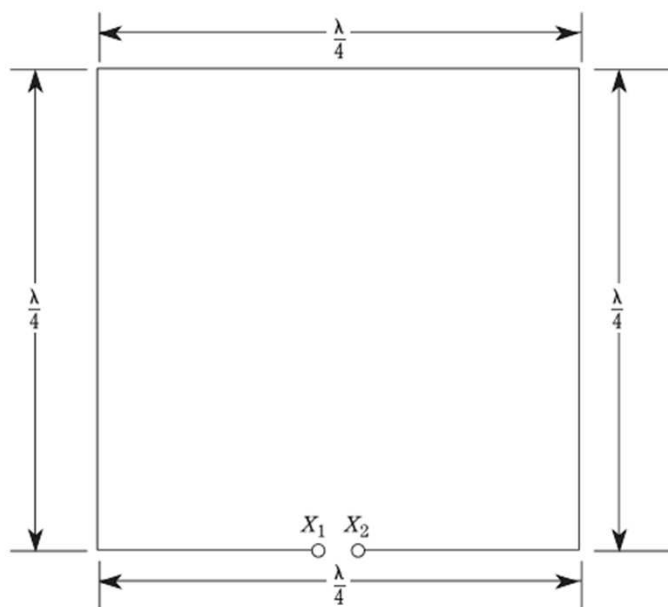
- Na 2m, třeba na whip auto



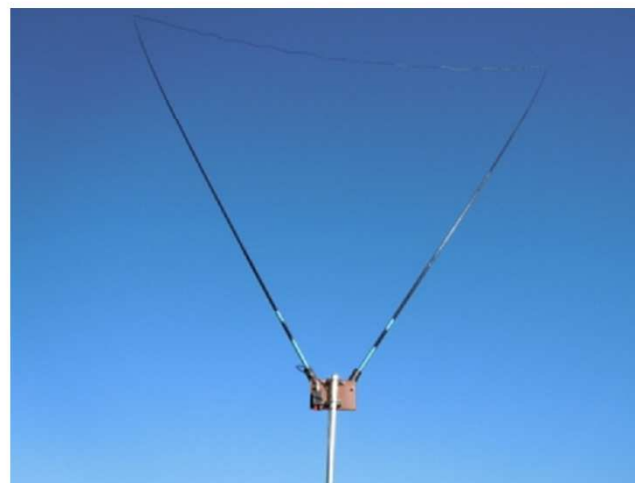
- Zkrácení cívkou



- **Smyčkové loop antény – vodič má celo délku vlny**

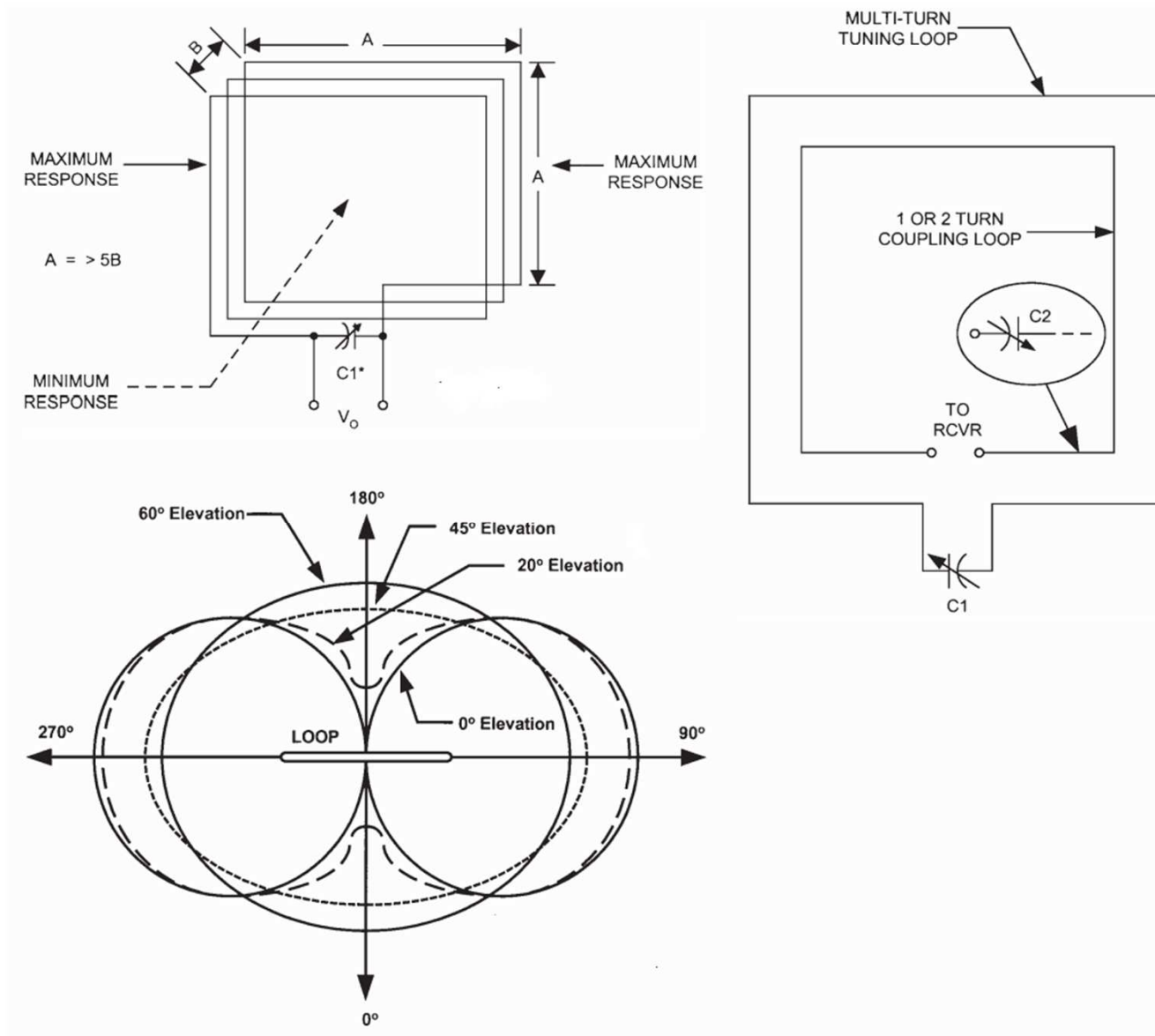


- **Velmi oblíbená delta loop**

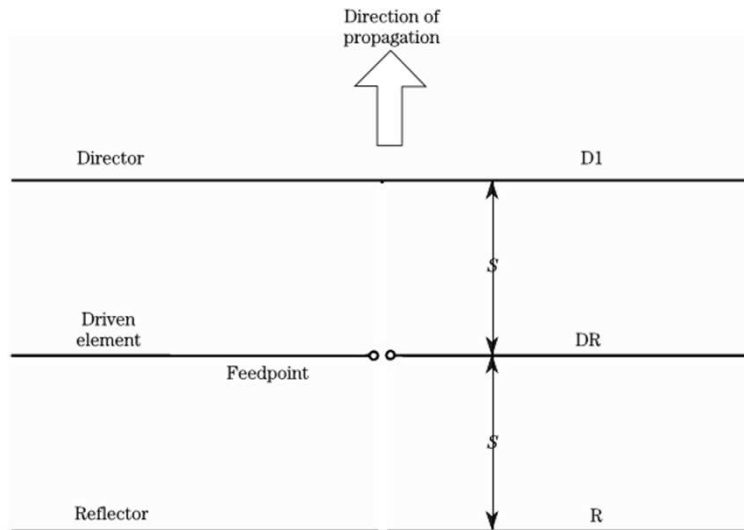




- **Magnetická smyčka** – ladí se do rezonance – na C vysoké napětí

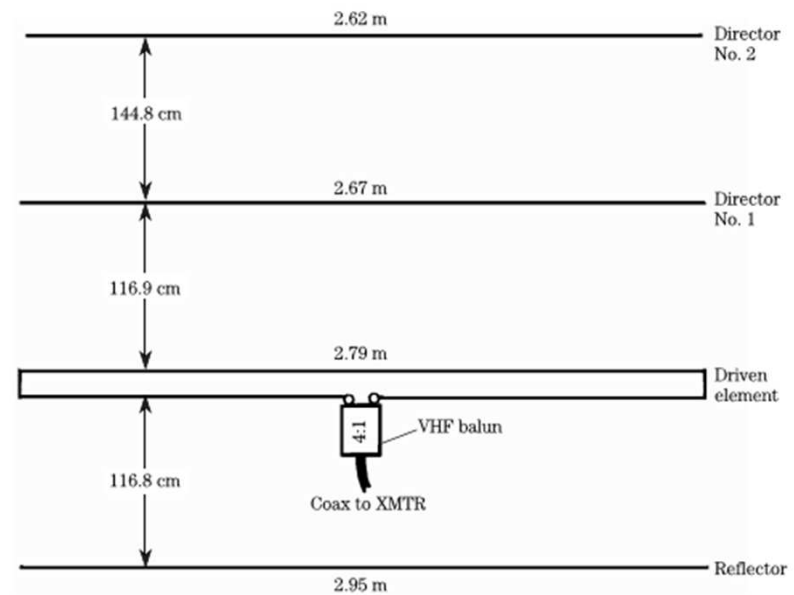
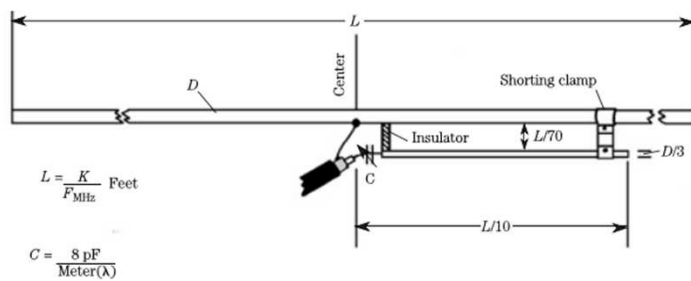


- **Yagi-Uda princip (KV, VKV i UKV i mikroV)**

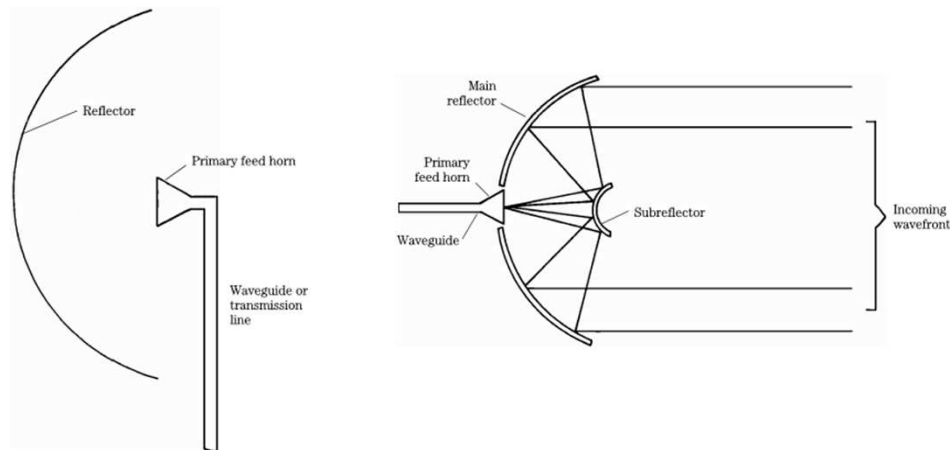
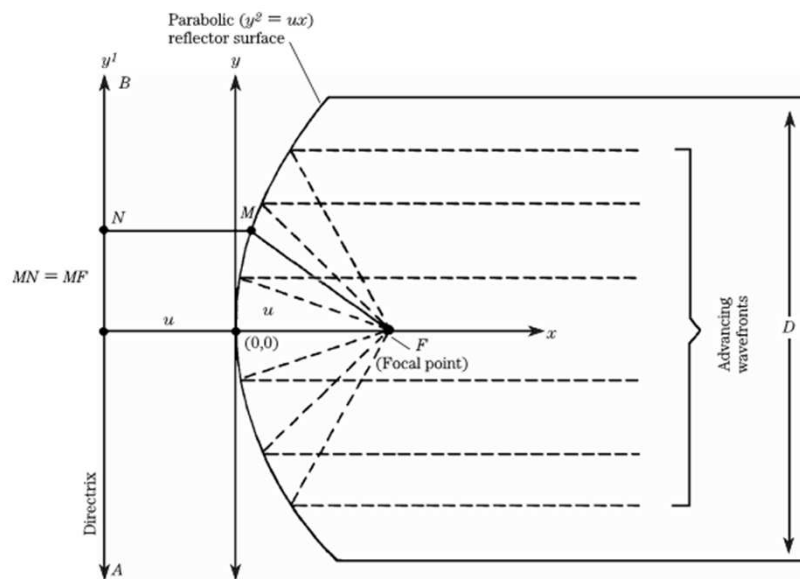


- **Yagi pro magic band (6 m)**

- **Napájení gama**



- **Mikrovlny** – jako vedení koax nebo vlnovod – antény parabolické



- Ant 23/13/9 cm OK2PNQ

# Co je na střeše KOJe na KV

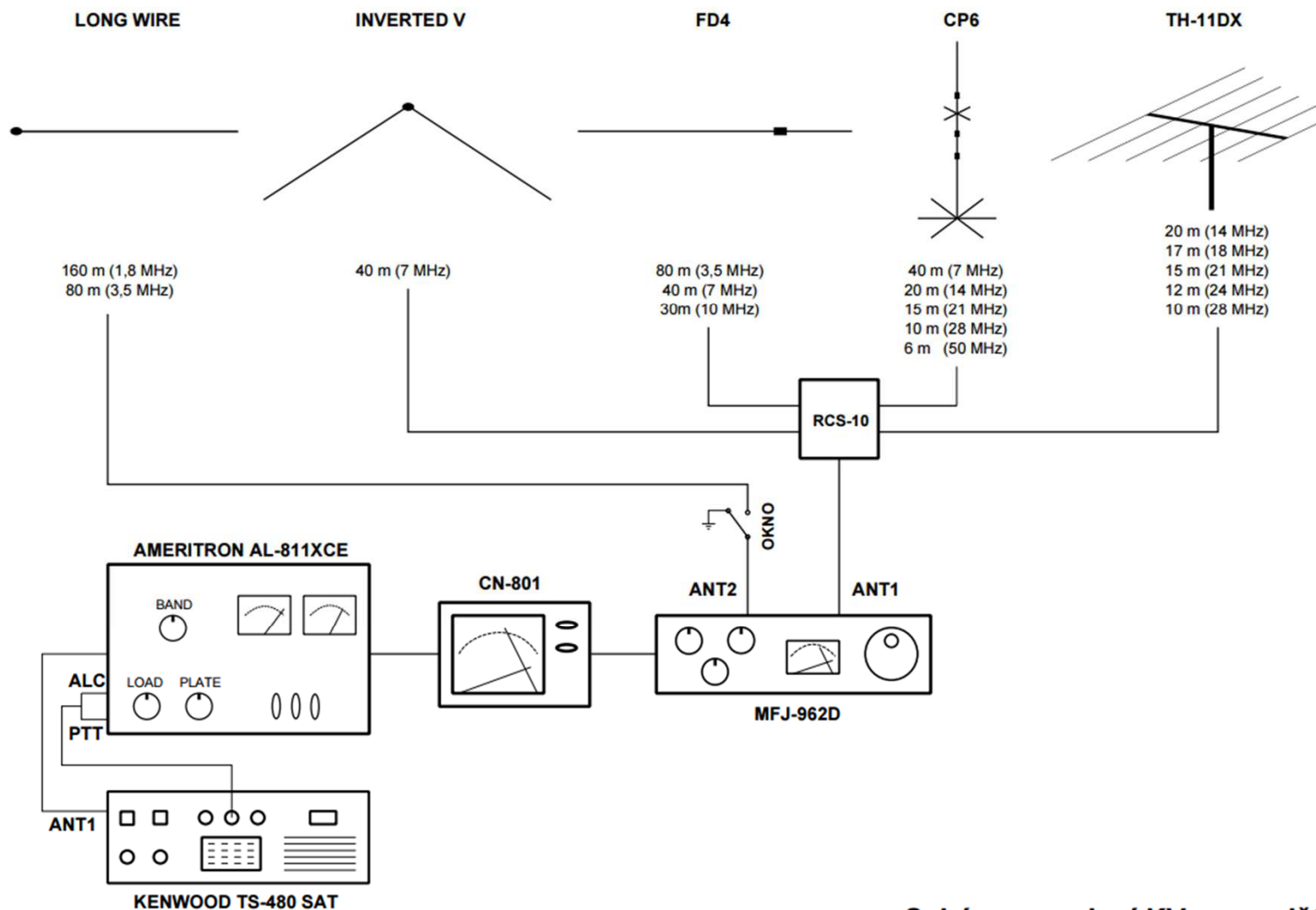
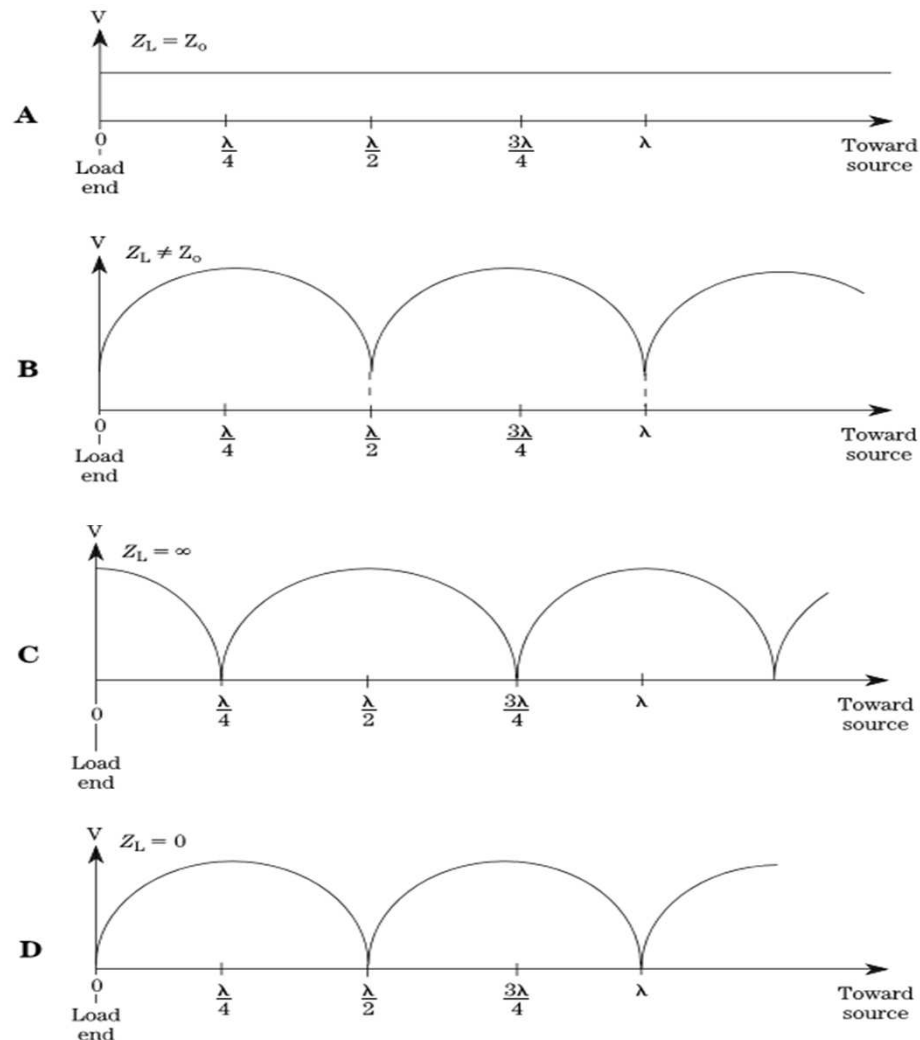


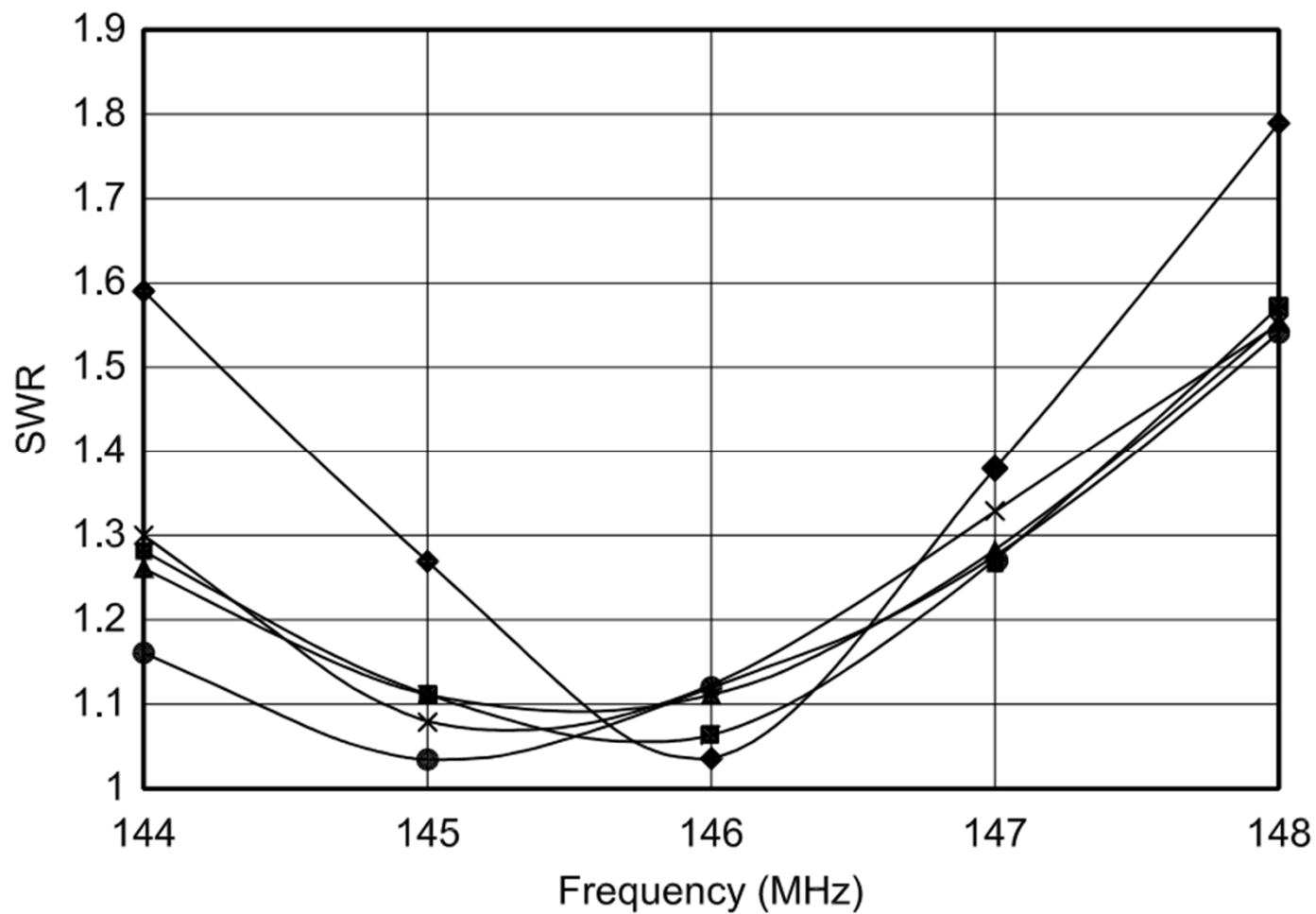
Schéma zapojení KV pracoviště

- A když je anténa nepřizpůsobená – stojaté vlny**

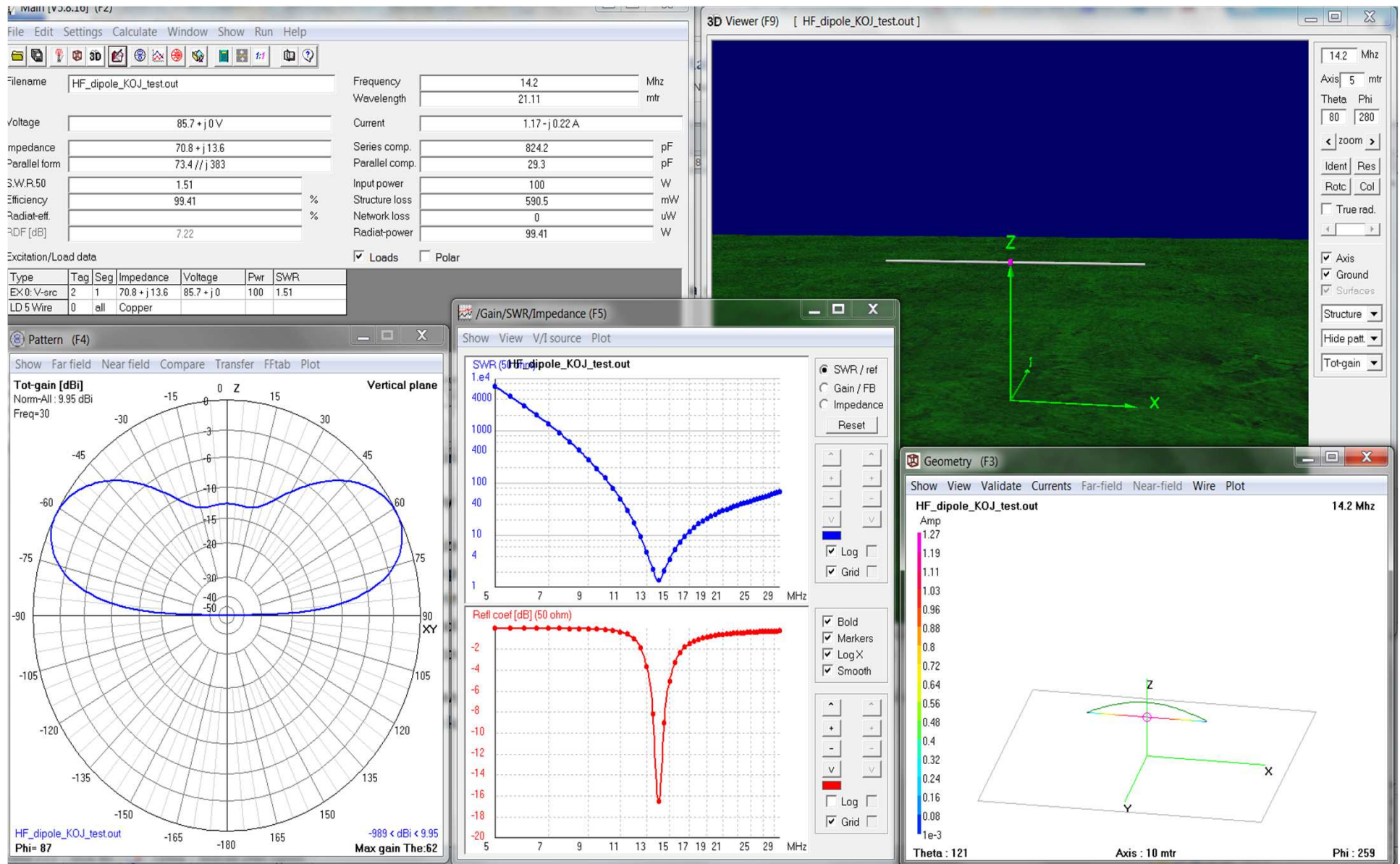


| PSV | fwd % | ref % |
|-----|-------|-------|
| 1   | 100   | 0     |
| 1,2 | 99    | 1     |
| 1,5 | 96    | 4     |
| 2   | 89    | 11    |
| 3   | 75    | 25    |
| 5   | 55    | 45    |
| 10  | 33    | 67    |

- **Jak vypadá PSV u dobré antény**



# • Simulace antén, např. 4NEC



- **TKU ES 73!**

