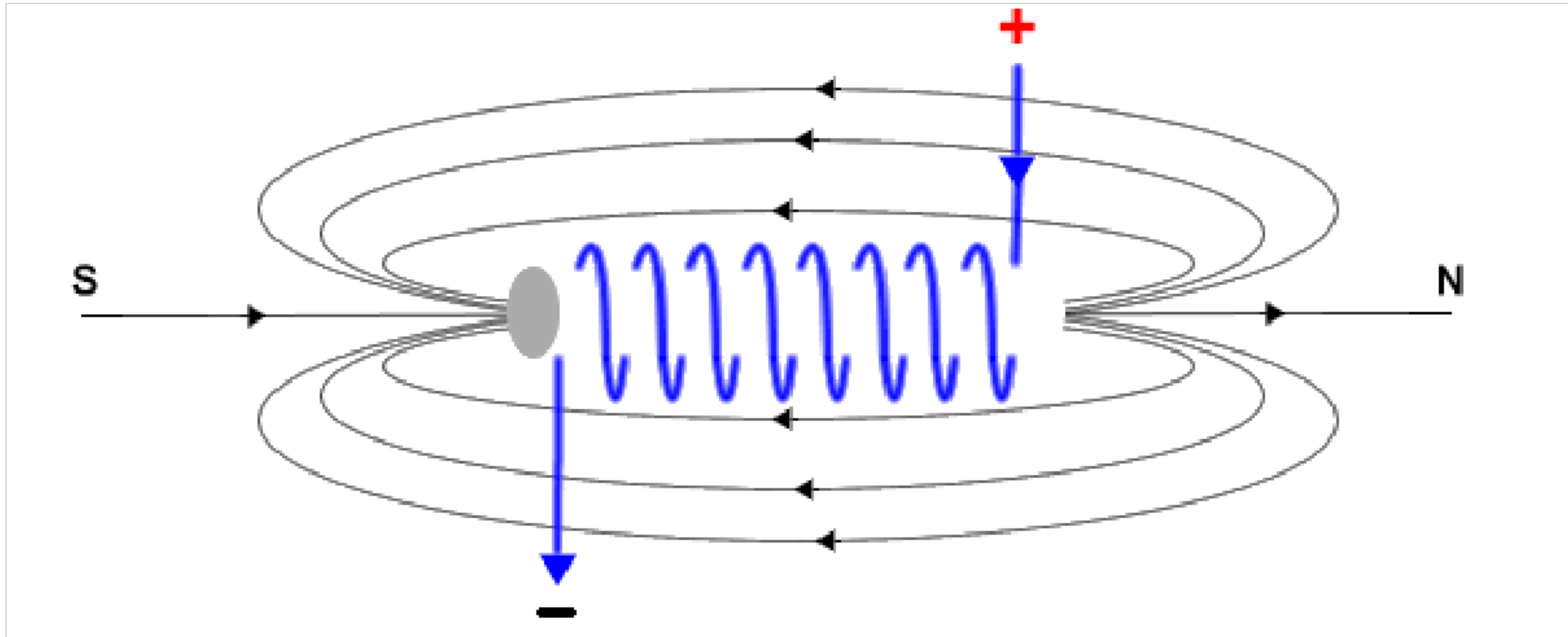


Undicesima Lezione

Le Antenne:

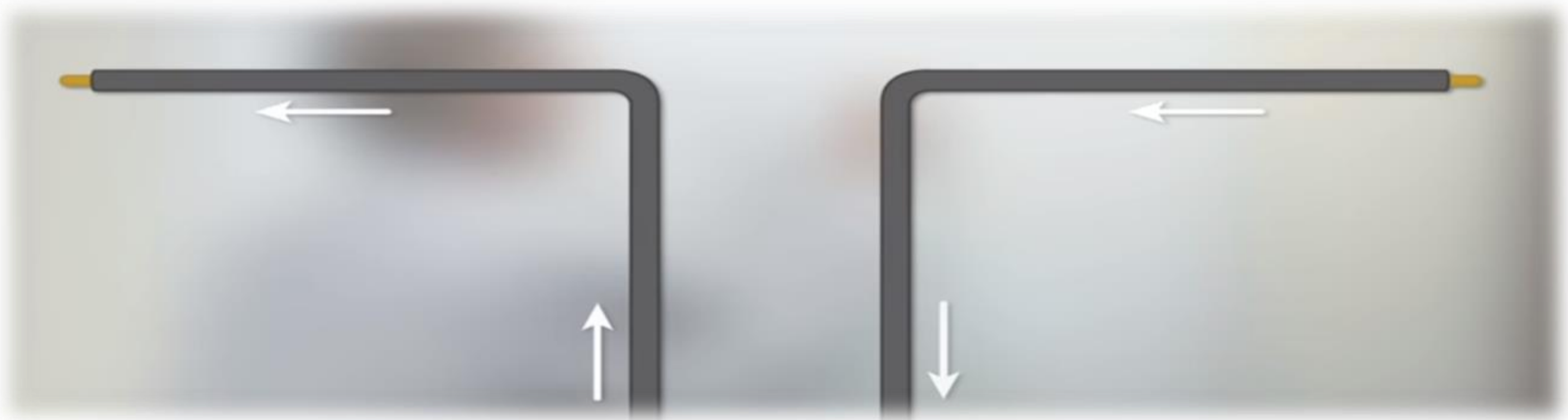
Dalla lezione sugli induttori abbiamo imparato come una corrente che percorre un materiale conduttore generi attorno al conduttore stesso delle linee di forza di un campo magnetico:



Se ora avviciniamo due conduttori paralleli che alimentano un carico notiamo come in ciascun conduttore il verso della corrente sia opposta l'uno all'altro, di conseguenza il campo magnetico generato da uno dei due conduttori viene annullato dal conduttore che lo affianca e il campo risultante diventa nullo: nessuna forza elettromagnetica viene irradiata attorno alla coppia di cavi (piattina o doppino).



Se piegassimo le estremità di entrambi i conduttori di 90° gradi in modo l'uno opposto all'altro notiamo invece come il campo magnetico irradiato da uno dei due conduttori vada a sommarsi con il secondo in questo modo:



Ora il campo elettromagnetico è libero di irradiarsi dato che nessun campo di segno opposto tenta di annullarlo, anzi, si somma al primo aumentandone l'intensità: questo è il principio alla base del dipolo, la più semplice forma di antenna, qualsiasi tipologia e forma di antenna si basa sul principio appena visto.



La radiazione elettromagnetica irradiata dal nostro conduttore ripiegato (dipolo) è esattamente ciò che ci permette di comunicare informazioni senza fili, come abbiamo appena visto infatti il campo irradiato dal cavo è direttamente causato dal segnale che percorre la coppia di conduttori e, al variare della tipologia di segnale elettrico nel cavo varia la radiazione emessa, questo spiega perché qualsiasi antenna sia in grado di irradiare qualsiasi tipo di segnale su una data frequenza.

Ogni antenna dovrà essere opportunamente progettata per irradiare una precisa frequenza o ristretto range di frequenze (banda), la dimensione del dipolo si riduce all'aumentare della frequenza dato che la lunghezza d'onda è data dalla formula:

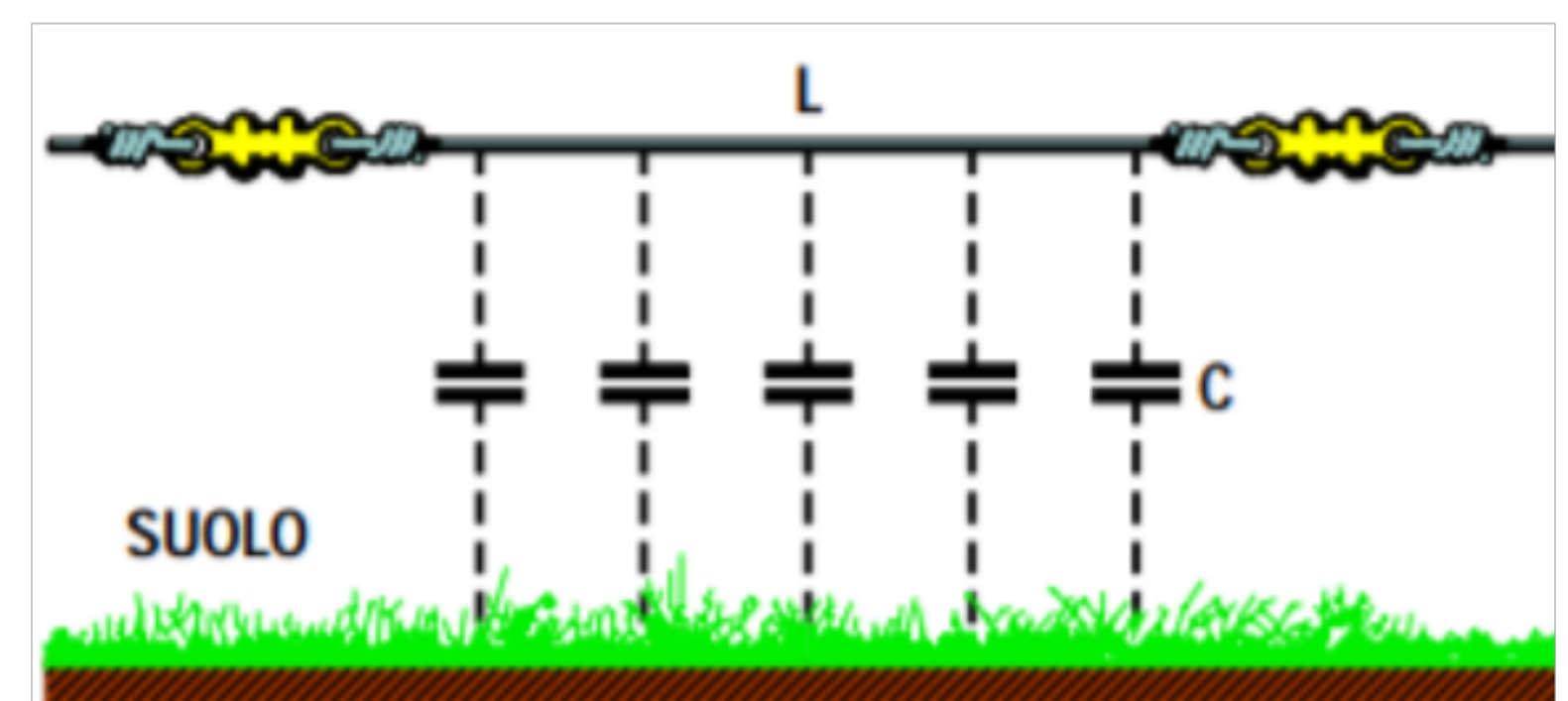
$$l = \frac{c}{f}$$

Dove “c” è la velocità della luce (299'792'458 m/s) e “f” la frequenza in uso, da questa formula ne deriva il nome comunemente assegnato ad ogni banda, ad esempio i 40 metri si chiamano così dato che:

$$l = \frac{c}{f} \rightarrow \frac{299792458 \text{ m/s}}{7000000 \text{ Hz}} = 42 \text{ m}$$

perché sia necessario dimensionare una antenna in base alla frequenza su cui la si vuole far funzionare è abbastanza semplice da capire, ci basta sapere che tale antenna non è altro che la realizzazione meccanica di un circuito risonante RLC, è quindi una combinazione di una resistenza e due reattanze, una induttiva ed una capacitiva in grado di entrare in risonanza su un ristretto range di frequenze.

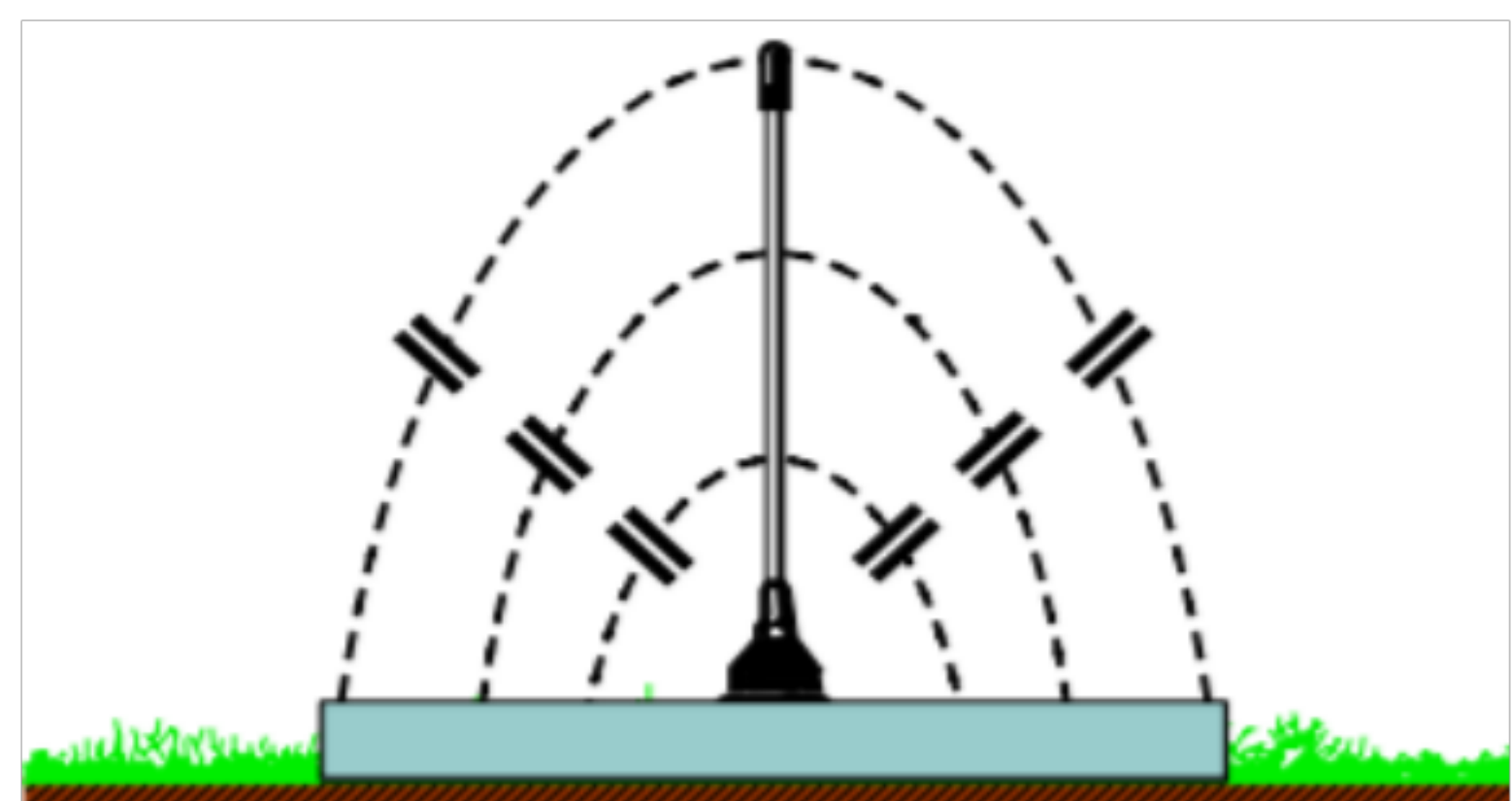
Il circuito risonante di una antenna può essere facilmente alterato dall'ambiente che circonda l'antenna stessa come ben chiaro nell'immagine qui accanto.



La componente induttiva della nostra antenna è data dal conduttore che usiamo per realizzarla, ci basta infatti immaginare di srotolare una induttanza ed ecco che la reattanza induttiva della nostra antenna prende forma.

La componente capacitiva dell'antenna invece è data prevalentemente da ciò che circonda la nostra antenna, ad esempio dalla distanza rispetto al suolo, rispetto ad edifici o altri oggetti nelle vicinanze.

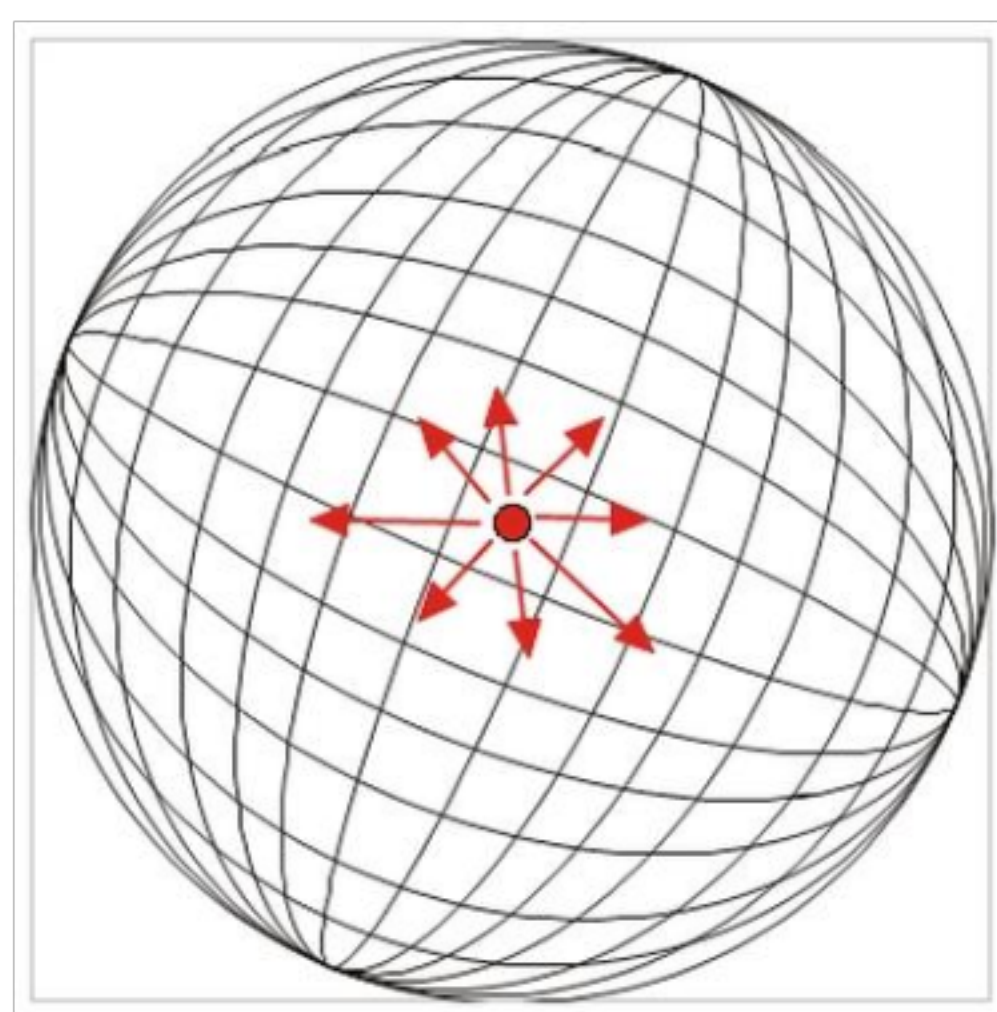
La rimanente componente resistiva è data prevalentemente dalla resistività specifica di ogni materiale scelto per la realizzazione.



L'effetto risultante da questo circuito RLC è il fatto che ad una data frequenza la nostra antenna presenti una certa **impedenza** e dovremo quindi adattare tutta la circuiteria che la circonda affinché su quella frequenza presenti la stessa impedenza in modo che non venga sprecata energia a causa di un disadattamento (presenza di SWR o ROS).

Fatte queste premesse è facile capire come una antenna costruita e calibrata a 2m da terra si possa comportare in modo leggermente differente se issata su un traliccio, se installata su un tetto di lamiera o su un tetto di cemento o in prossimità di uno specchio d'acqua.

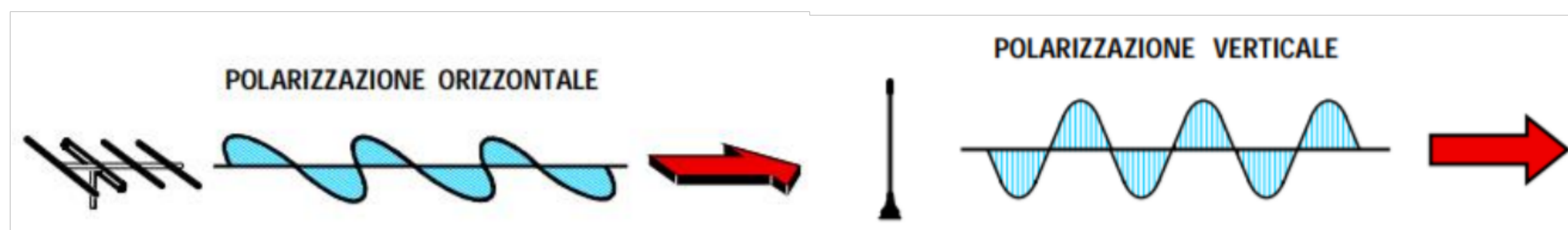
L'antenna ideale:



Tutte le misure fatte su una qualsiasi tipologia di antenna sono riferite ad un modello puramente teorico e assolutamente impossibile da realizzare nel mondo pratico: il **dipolo isotropo**, tale dipolo è una antenna di dimensioni infinitesimali quasi nulle in grado di irradiare la stessa quantità di potenza in qualsiasi direzione (immaginiamo la radiazione emessa come una sfera perfetta attorno a tale punto). Come appena detto questo oggetto ideale è il metro di paragone per qualsiasi antenna nel mondo reale, il dipolo isotropo ha **guadagno 0dB** cioè è la sola antenna **omnidirezionale** (che irradia in ogni direzione in modo costante). È evidente come tale antenna non possa esistere nel mondo reale dato che qualsiasi oggetto il cui scopo è irradiare

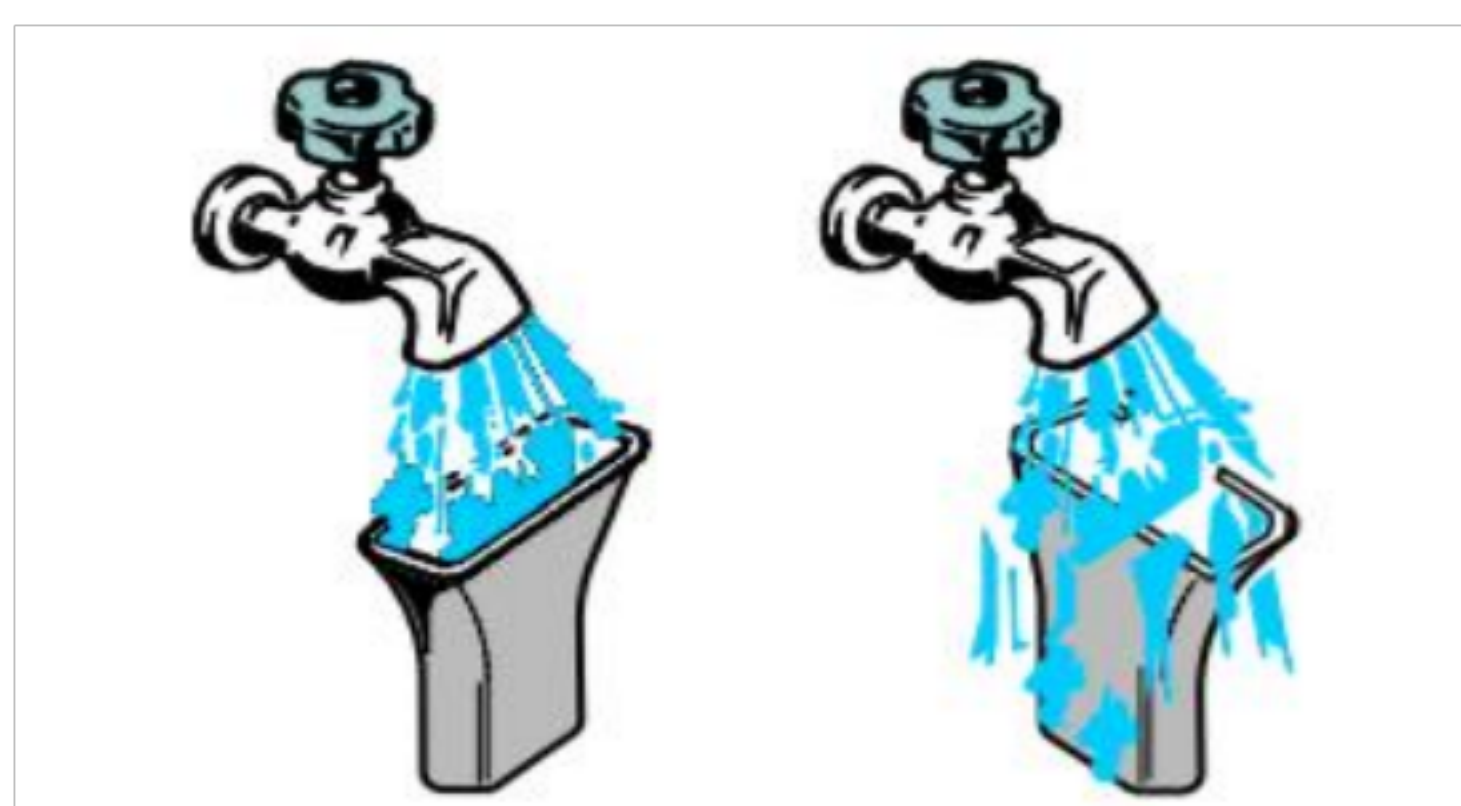
una potenza ha bisogno di una linea di alimentazione, ovvero uno o più conduttori che trasportino il segnale dal nostro apparato ad un altro oggetto che dovrà irradiarlo: se collegassimo un qualsiasi cavo al nostro dipolo isotropo ne avremmo già alterato il **diagramma di irradiazione** (grafico che rappresenta direzione ed intensità della radiazione emessa dal nostro oggetto – antenna) dato che non sarebbe più possibile irradiare energia nel volume occupato da questo conduttore.

Nel mondo reale la radiazione omnidirezionale non esiste e in qualsiasi caso ci offre pochi vantaggi pratici: la nostra necessità come radioamatori è quella di comunicare da un punto A ad un punto B, tutta l'energia che non raggiunge il punto B viene "sprecata". Al fine di migliorare questa comunicazione possiamo concentrare l'energia in un fascio ristretto semplicemente cambiando la forma o la posizione della nostra antenna con il risultato di variane la **direttività** e la **polarizzazione**.



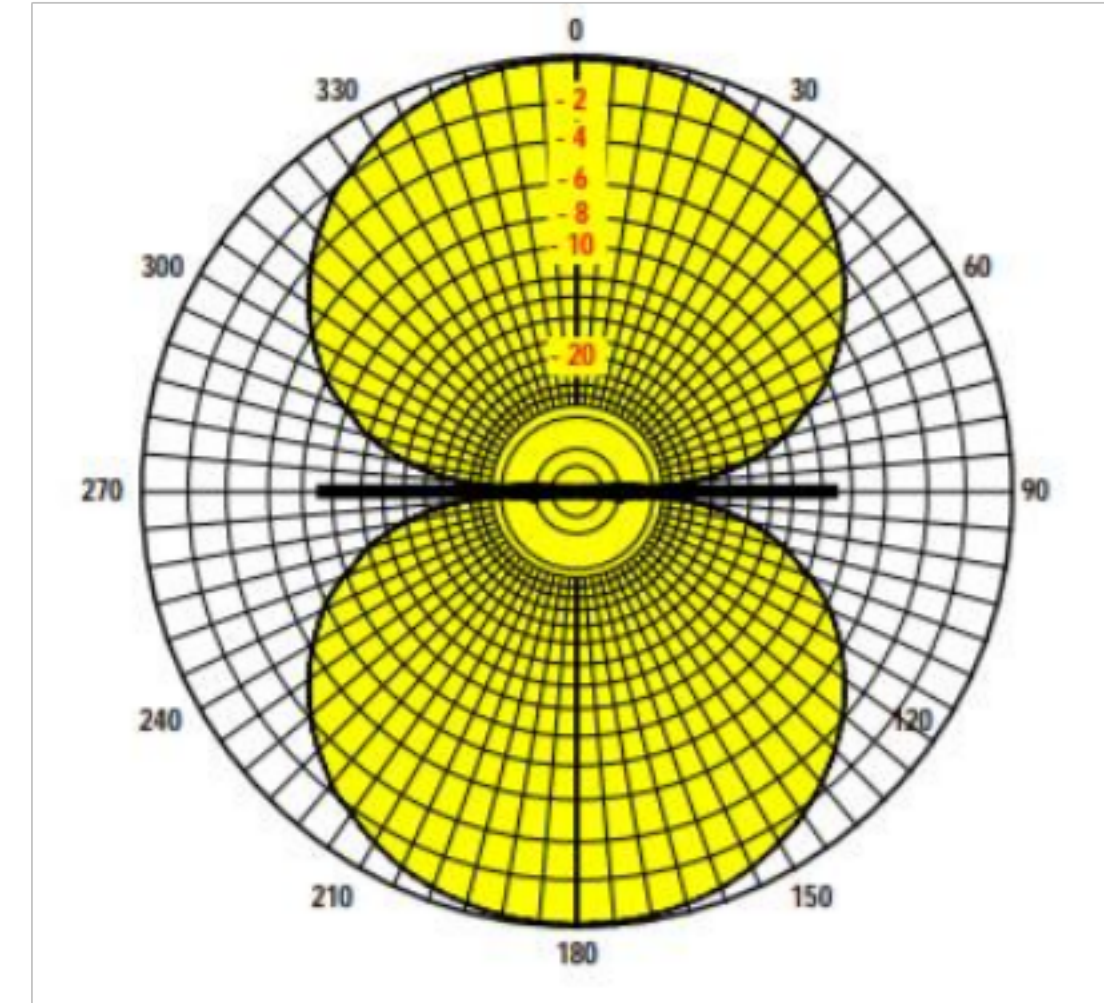
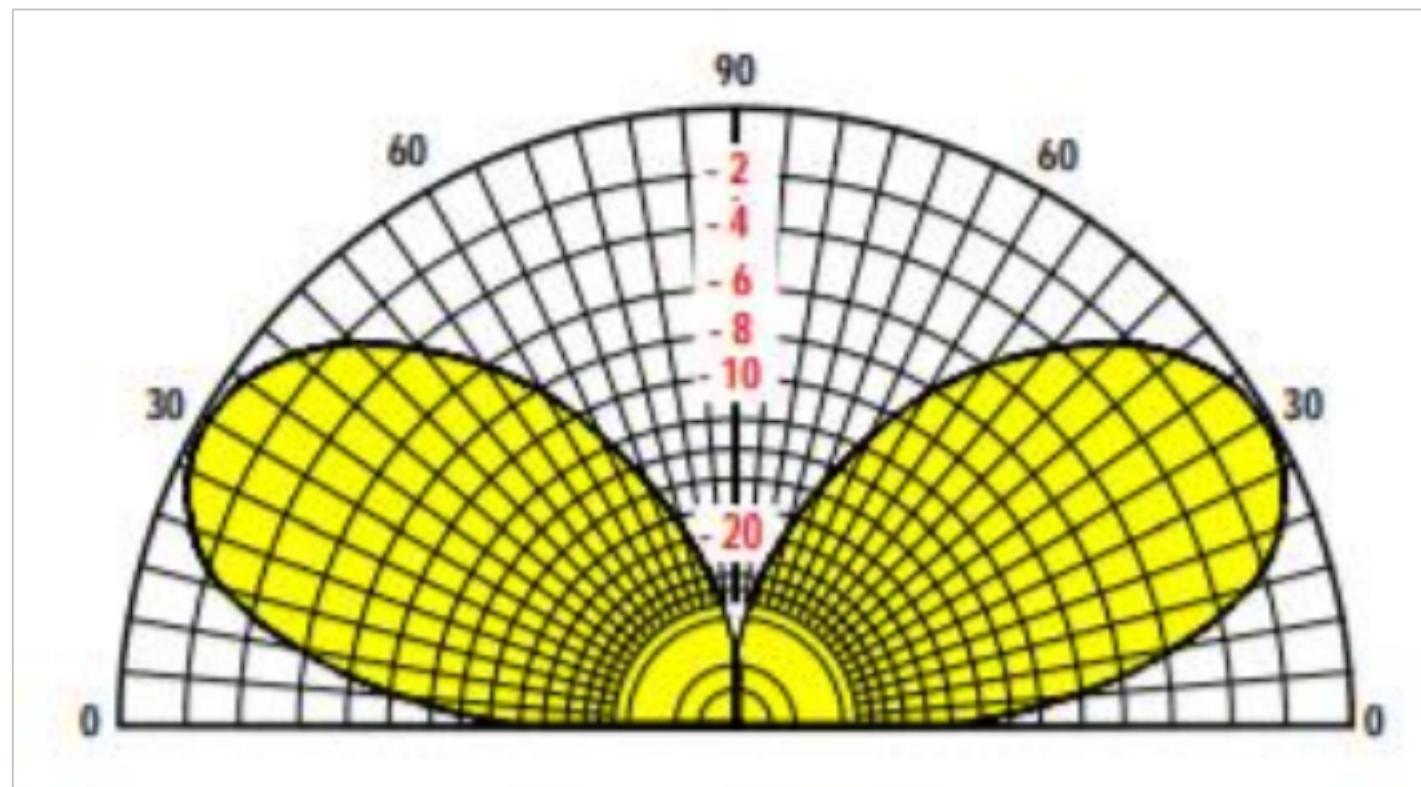
Nonostante spesso si indichino come a polarizzazione verticale le sole antenne **verticali** niente vieta di montare una antenna in una qualsiasi posizione per "forzare" il lobo di radiazione in un certo modo.

La polarizzazione del segnale è importante dato che un disadattamento tra la antenna ricevente e trasmittente causa una forte attenuazione del segnale ricevuto.



Le antenne nel mondo reale: il dipolo

Il principio di funzionamento del dipolo è quello visto nella prima parte della lezione, si compone di due conduttori piegati di 90 gradi opposti l'uno all'altro, la sua impedenza caratteristica varia al variare dell'angolo tra i due bracci del dipolo stesso. Nonostante i suoi lobi di irradiazione siano piuttosto ampi ha comunque una discreta direttività. La sua impedenza caratteristica è di 75ohm con i bracci a 180° mentre si abbassa a 50ohm ripiegandone le estremità a 120°.



Dai grafici qui sopra è chiaramente visibile come sia fatto il lobo di irradiazione, se immaginassimo di aver montato il nostro dipolo con un braccio ad est ed uno a ovest non avremmo alcuna difficoltà a ricevere segnali provenienti da nord e sud, mentre quelli provenienti dalle direzioni dei due bracci risulterebbero enormemente attenuati.

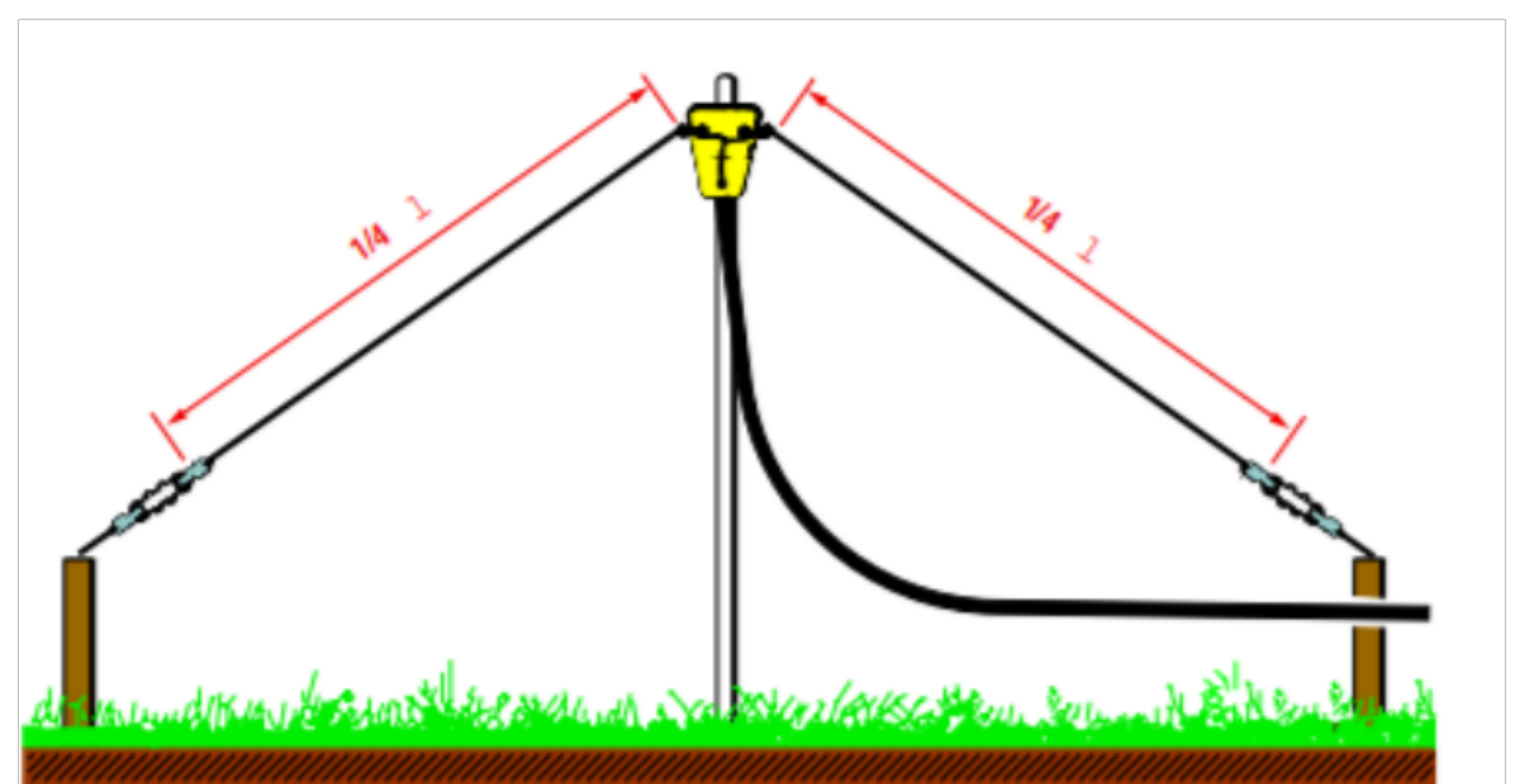
Il guadagno di un dipolo nel suo punto di massima radiazione è di 2dBi (2dB rispetto al dipolo isotropo) ma essendo il dipolo isotropo un concetto puramente teorico, spesso e volentieri il guadagno di una antenna si misura proprio rispetto al dipolo classico che è la forma di antenna più facile da costruire e studiare, prendendo come metro di paragone il nostro dipolo gli assegniamo per convenzione un guadagno di 0dBd (guadagno rispetto al dipolo reale). Attenzione quindi alla differenza tra dBi e dBd (o spesso volutamente cambiato dai costruttori in dB al fine di confonderci).

Realizzare un dipolo è molto semplice, basta calcolarne la lunghezza dei bracci sapendo che ogni estremità deve essere lunga $\frac{1}{4}$ di onda. Volendo ad esempio costruire un dipolo per i 20m ci ritroveremo con una antenna lunga circa 5m per braccio con una lunghezza totale approssimativa di 10m che poi monteremo a 120° in modo da avere una impedenza di 50 ohm.

La formula semplificata per calcolare ogni braccio del nostro dipolo è:

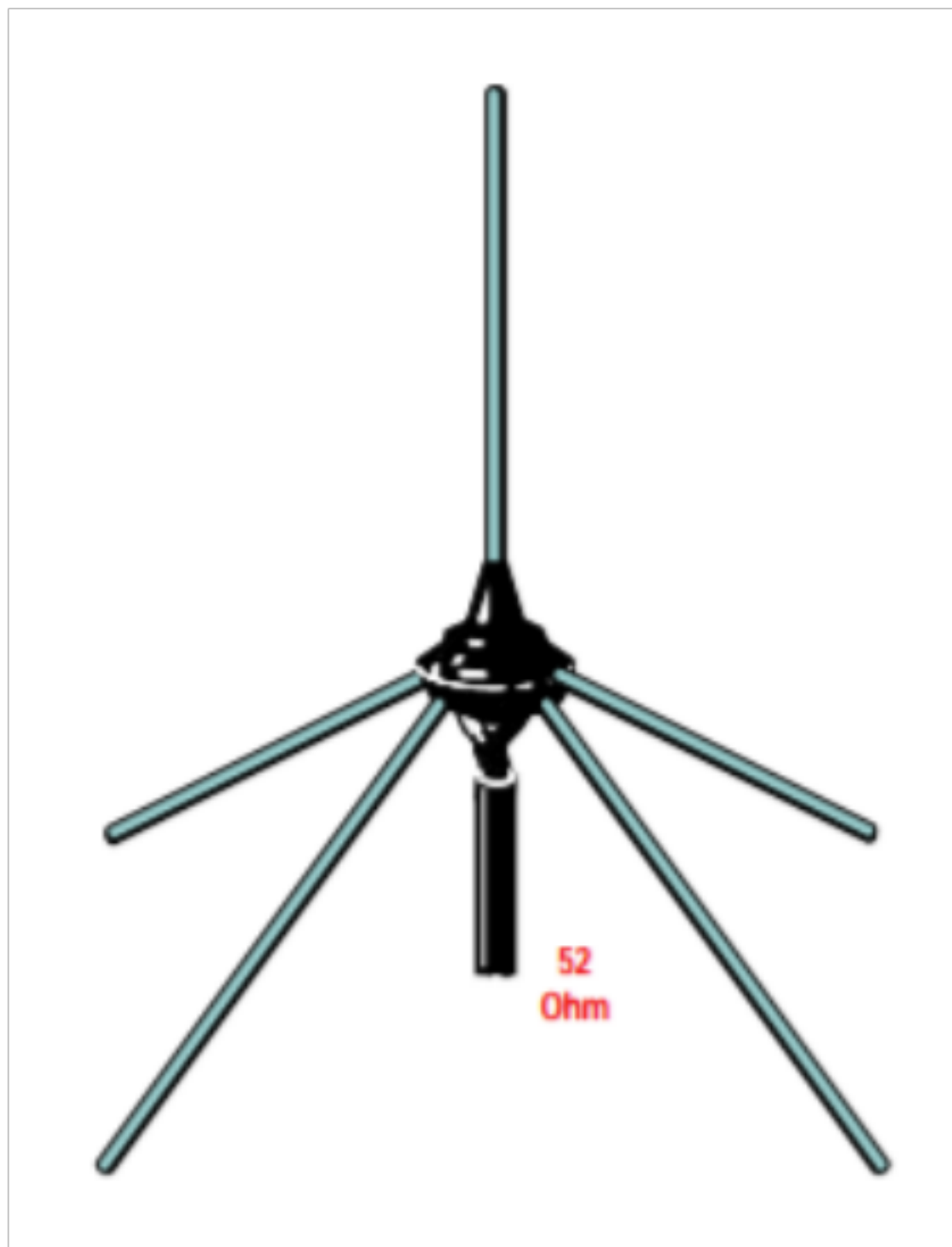
$$\text{lunghezza in metri} = 72 : \text{Megahertz}$$

Da ricordare però che a seconda del diametro del conduttore utilizzato potrebbe essere necessario accorciare leggermente i due bracci al fine di ottenere l'accordo perfetto.



Un altro aspetto da ricordare in qualsiasi antenna è che all'aumentare del diametro del conduttore con cui la si costruisce ne aumenta la larghezza di banda in cui la nostra antenna mantiene invariate le proprie caratteristiche. È possibile anche combinare più dipoli con una sola discesa componendo un "dipolo a farfalla" costruendo una semplice antenna multibanda, la radiofrequenza verrà ricevuta ed irradiata solamente dal dipolo che risuona su quella specifica frequenza ignorando quasi completamente la presenza degli altri dipoli vicini. Allo stesso modo è anche possibile costruire un dipolo multibanda con delle "trappole" che consentono con un solo dipolo di farlo risuonare su più frequenze.

Antenna Ground Plane:



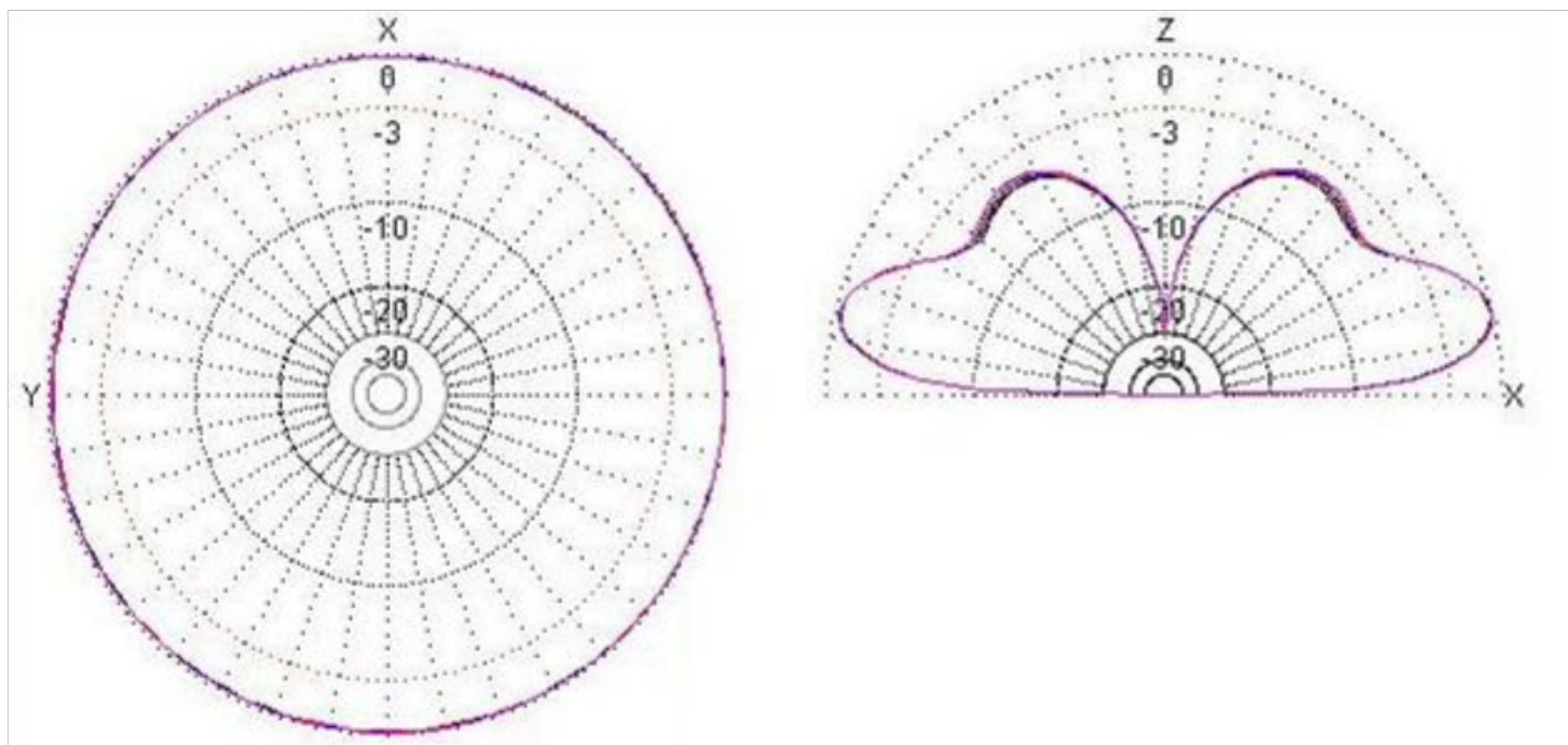
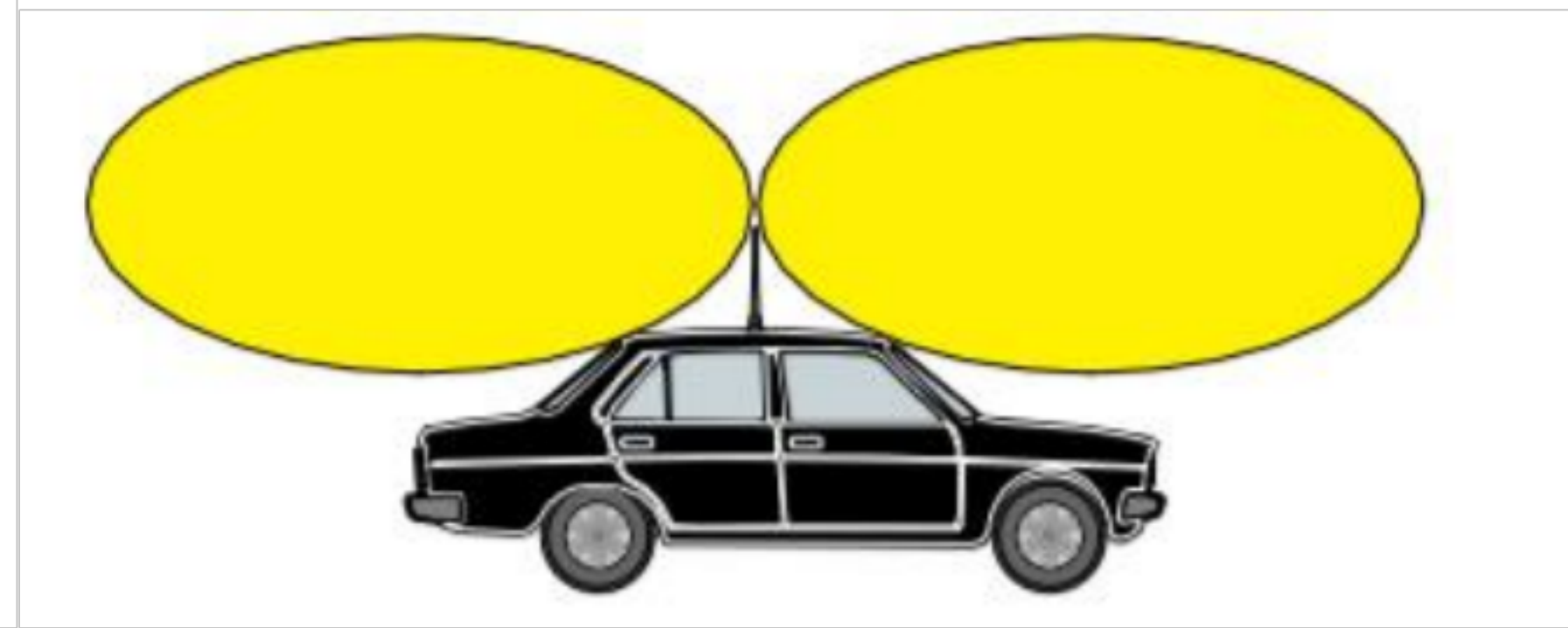
l'antenna Ground Plane è la più semplice antenna verticale realizzabile, è una antenna a polarizzazione verticale e omnidirezionale, data la sua semplicità è da sempre la più usata anche in 27MHz così come in apricancelli, antenne veicolari e così via.

La costruzione è semplice e prevede degli spezzoni lunghi circa $\frac{1}{4}$ di onda calcolati con la formula:

$$\text{lunghezza in centimetri} = 7.200 : \text{Megahertz}$$

maggiore è il numero di riflettori (il piano di terra – ground plane) e migliore sarà il rendimento dell'antenna. Per ottenere i 50 ohm del nostro mondo radioamatoriale dovremo piegare i riflettori di circa 45° .

Rispetto al dipolo ha un guadagno tra i 2 ed i 4dB (2-4dBd) e un lobo di irradiazione quasi perfettamente omnidirezionale.



Antenne direttive di tipo YAGI o YAGI-UDA:

Le antenne YAGI prendono il nome dai suoi inventori, Hidetsugu Yagi e Shintaro Uda, dell'Università Imperiale di Tohoku, Sendai, Giappone, che nel 1926 la idearono.

Il principio teorico di funzionamento di un'antenna Yagi è molto semplice. Se l'elemento parassita risulta più lungo di $1/2$ lunghezza d'onda viene chiamato riflettore, perché in ricezione rinforza i soli segnali provenienti dal lato del dipolo e attenua tutti quelli che giungono dal lato del riflettore. In trasmissione rinforza i segnali irradiati in direzione del dipolo ed attenua quelli irradiati verso il riflettore. Se l'elemento parassita risulta più corto di $1/2$ lunghezza d'onda viene chiamato direttore, perché in ricezione rinforza i soli segnali provenienti dal lato direttore-dipolo e attenua tutti quelli che giungono dal lato opposto. In trasmissione rinforza i segnali irradiati in direzione dipolo-direttore e attenua quelli irradiati in senso opposto.

All'aumentare del numero di direttori si aumenta il guadagno e la direttività, ovvero tutta la potenza trasmessa viene concentrata in uno spazio ridotto aumentandone l'intensità. All'aumentare del numero di elementi varia anche l'impedenza caratteristica, di conseguenza la maggior parte delle antenne direttive (ad eccezione delle 21 elementi che presentano 50 ohm) necessitano di un adattatore di impedenza (trasformatore RF).

La formula per dimensionare una antenna YAGI è più complessa rispetto alle antenne viste finora dato che tiene in considerazione anche la spaziatura tra gli elementi:

lunghezza Riflettore in cm = $15.000 : \text{MHz}$

spaziatura in cm = $(30.000 : \text{MHz}) \times 0,20$

lunghezza Dipolo in cm = $14.200 : \text{MHz}$

spaziatura in cm = $(30.000 : \text{MHz}) \times 0,10$

lunghezza 1° Direttore in cm = $13.500 : \text{MHz}$

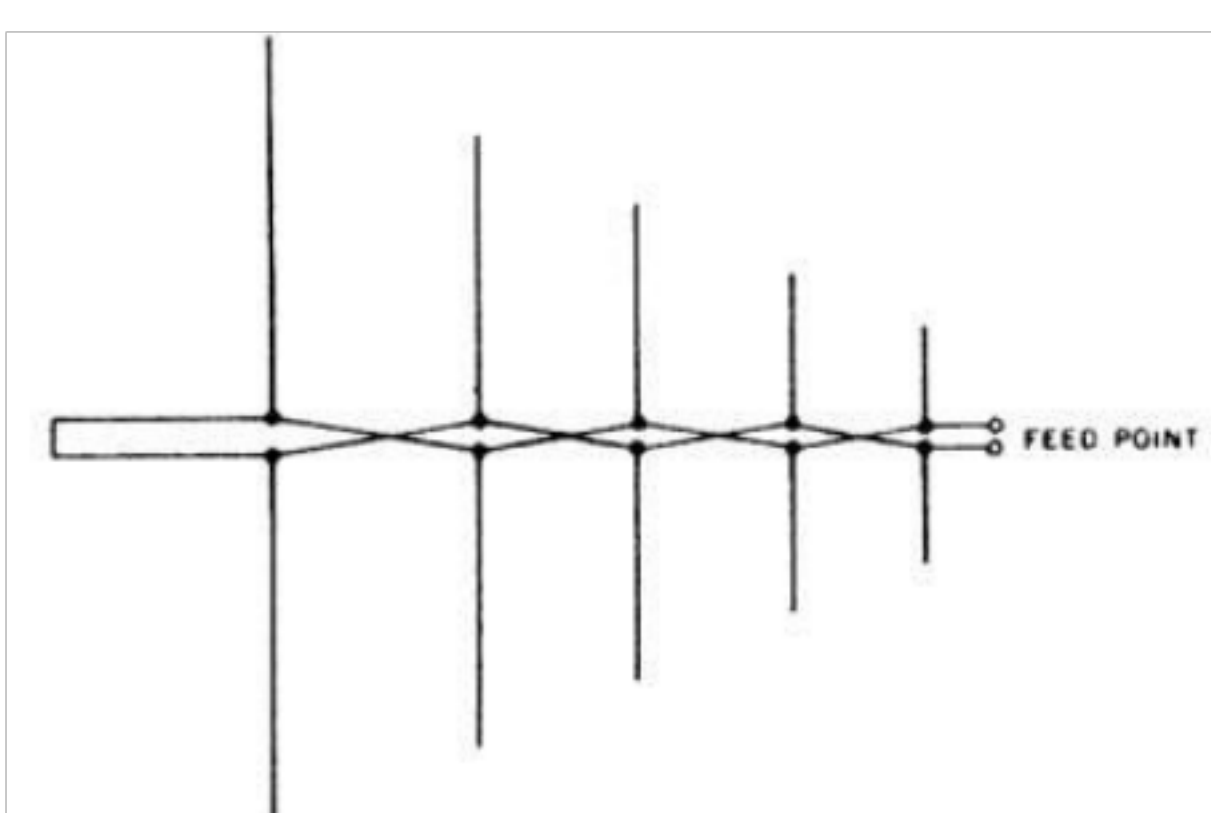
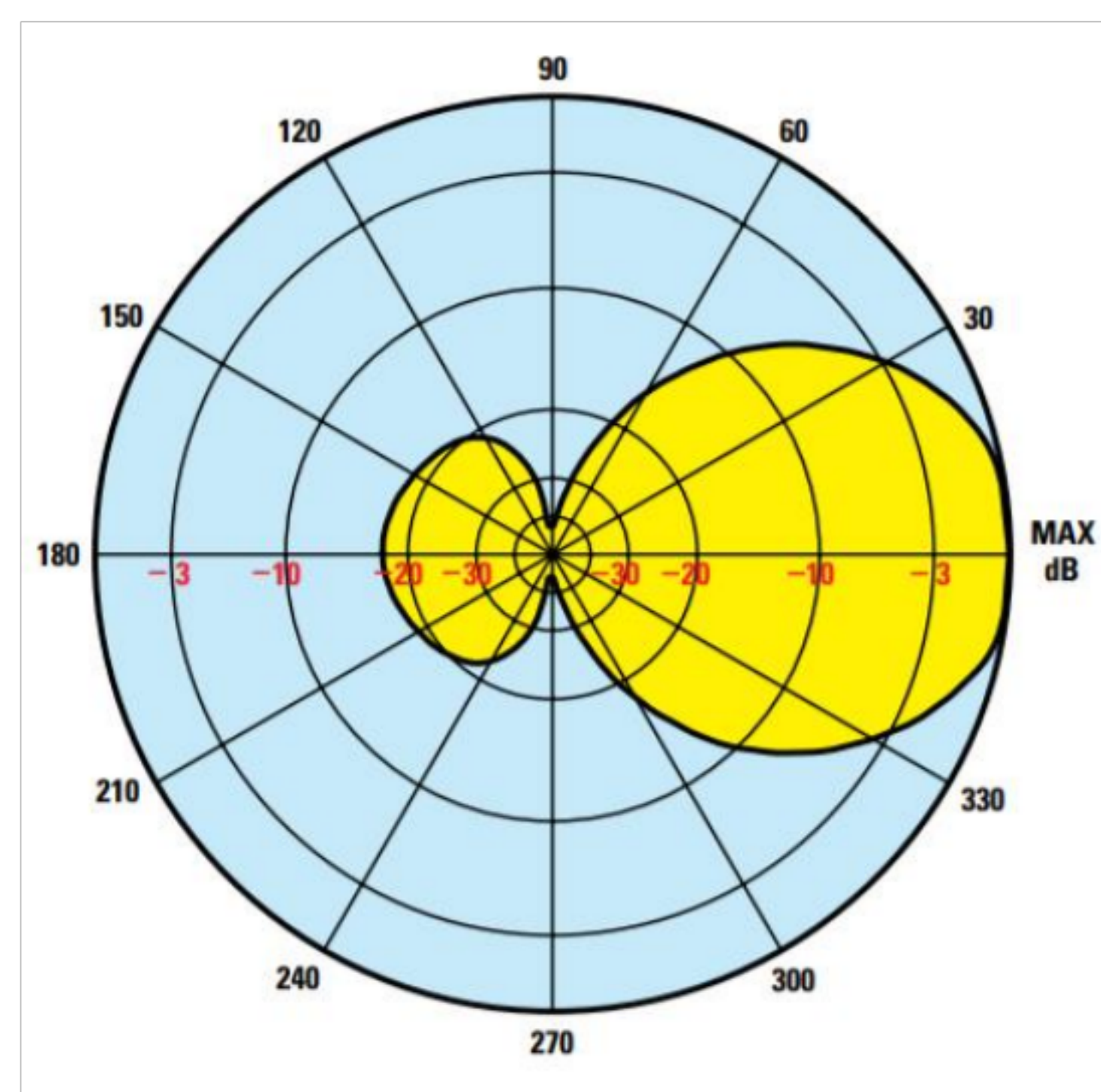
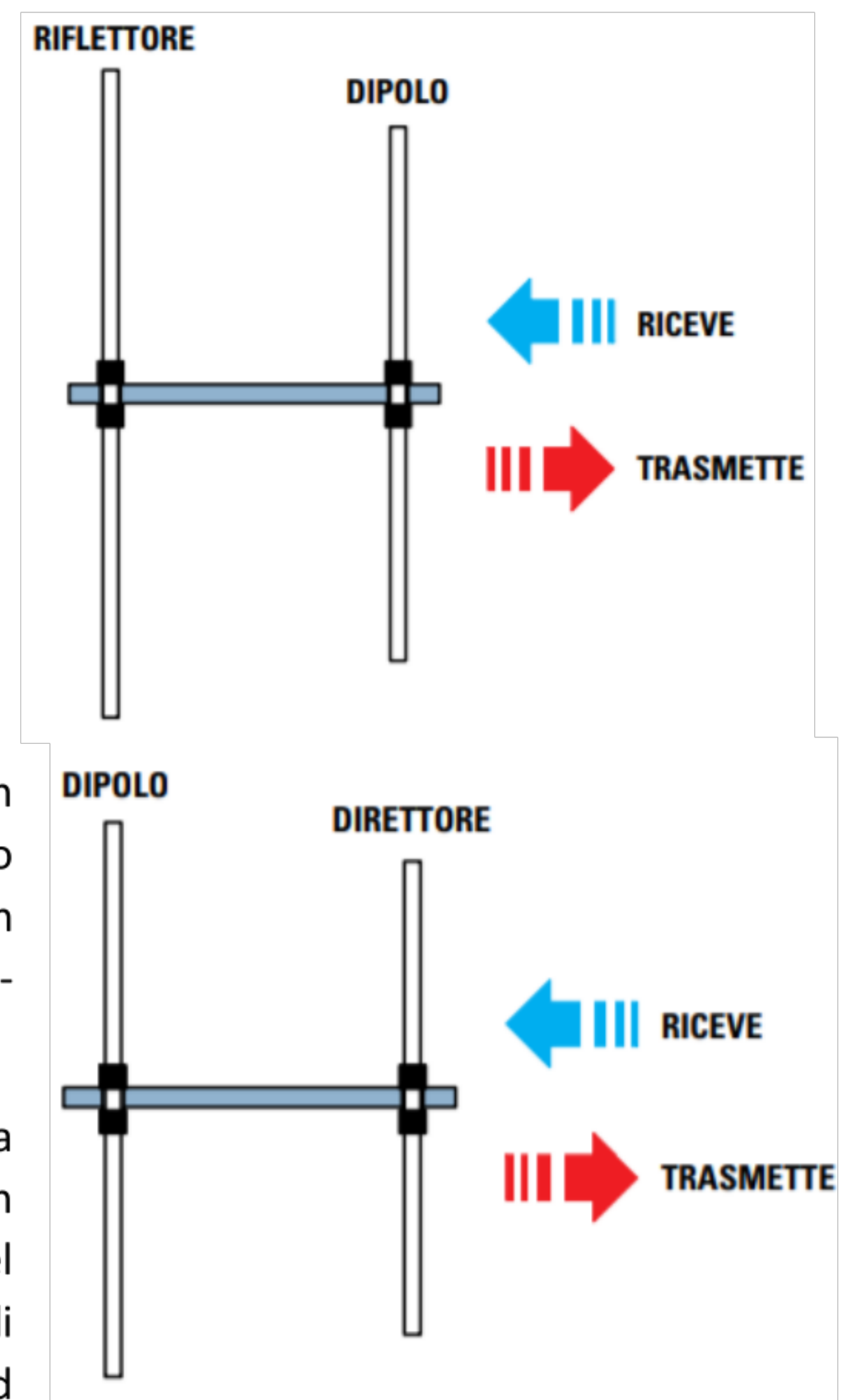
spaziatura in cm = $(30.000 : \text{MHz}) \times 0,18$

lunghezza 2° Direttore in cm = $13.300 : \text{MHz}$

spaziatura in cm = $(30.000 : \text{MHz}) \times 0,20$

lunghezza 3° Direttore in cm = $12.900 : \text{MHz}$

e così via...



Esiste anche una particolare variante delle antenne direttive che si presenta in una formula molto simile alle YAGI e prende il nome di LOG-Periodica, questo tipo di antenna ha un guadagno normalmente inferiore alla YAGI ma viene preferita dove serve operare su un vasto range di frequenze dato che si tratta di un array di dipoli di lunghezze differenti opportunamente spazati, in modo simile al "dipolo a farfalla" visto in precedenza ogni elemento dell'antenna irraderà e riceverà una specifica frequenza senza essere influenzato da quelli adiacenti pur mantenendo una discreta direttività.