

MANUALE SULLE ANTENNE

GENERALITÀ ANTENNE

Le antenne sono dispositivi in grado di convertire un segnale elettrico in segnale di tipo elettromagnetico ed irradiarlo nello spazio circostante o viceversa.

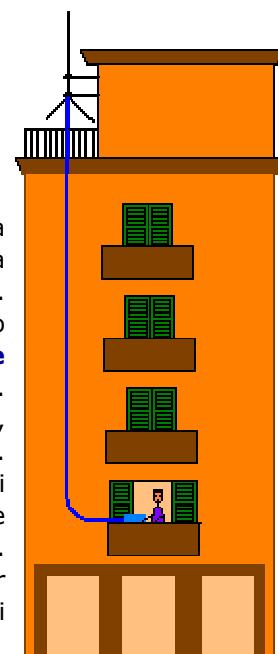
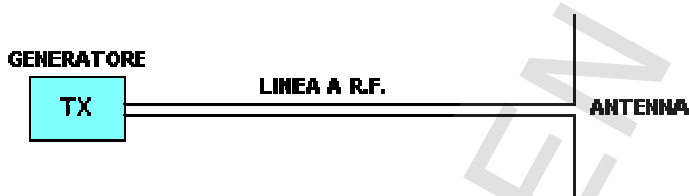
Le antenne possono essere **trasmettenti o riceventi** a seconda dell'uso cui sono destinate, oppure possono anche svolgere **tutte e due le funzioni contemporaneamente**.

Le antenne sono impiegate nei **trasmettitori e nei ricevitori CB, radioamatoriali, televisivi, radiofonici, wireless, nei cellulari, nei ponti radio, nei satelliti artificiali, nei radiocomandi, nei sistemi di allarme**

Antenne

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

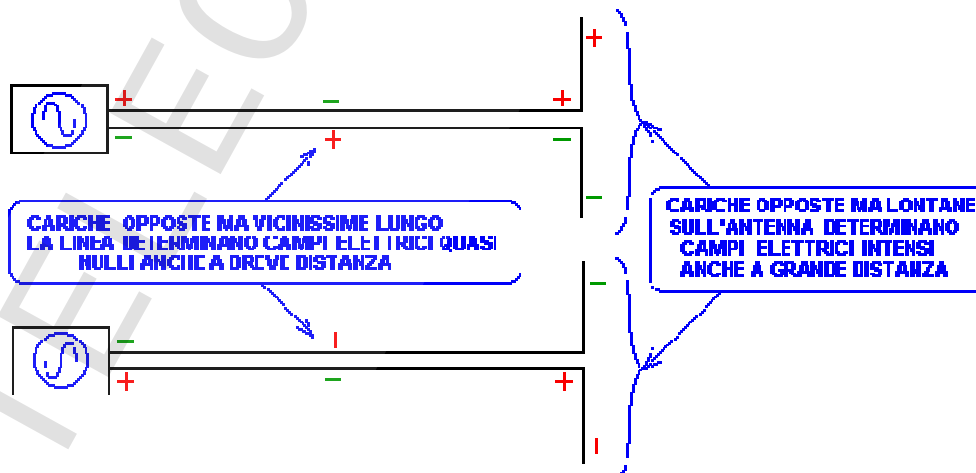
Un **trasmettitore** è costituito, essenzialmente, da un **generatore** del segnale elettrico, da una **linea a radiofrequenza** e da un'**antenna** trasmittente secondo lo schema indicato in figura.



Il **generatore** produce un **segnale elettrico** contenente l'**informazione** da trasmettere, che può essere costituita, ad esempio, da un suono, nel caso di una stazione radioamatoriale o un baracchino. La **linea elettrica a R.F.** trasporta il **segnale** dal luogo dove questo è prodotto **all'antenna trasmittente** per essere inviato sotto forma di **onde elettromagnetiche** al destinatario dell'informazione.

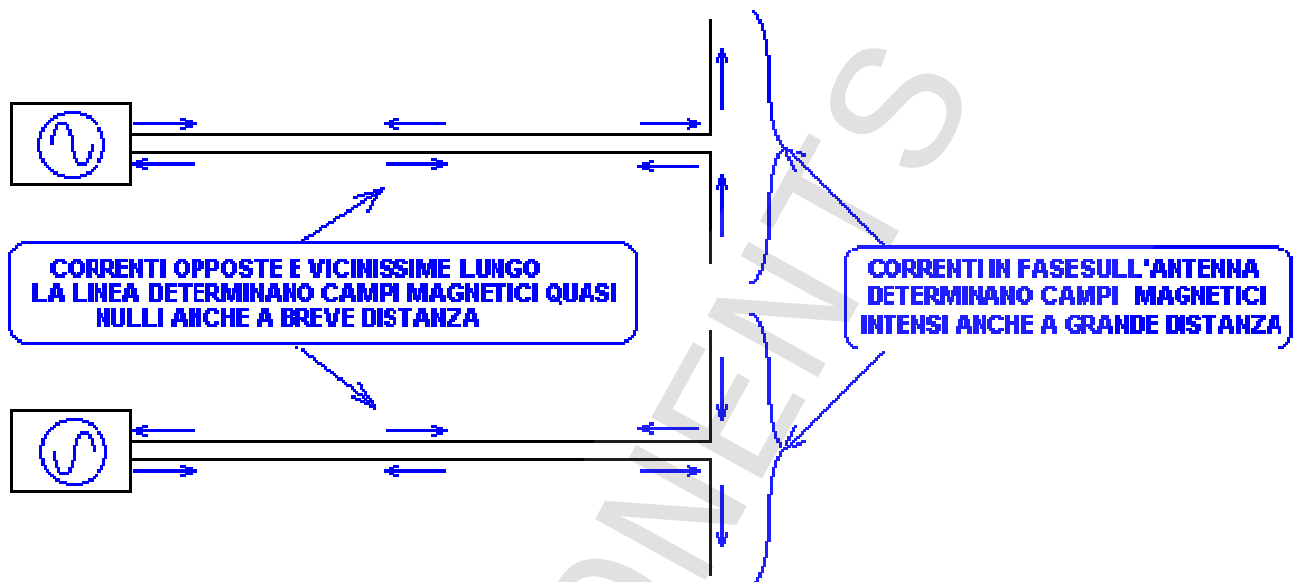
La **linea di collegamento** è di norma indispensabile perché l'informazione è prodotta, spesso, in un punto diverso da quello dove si trova l'antenna. Il **radioamatore**, ad esempio, può abitare a primo piano, mentre l'antenna va posta di preferenza, per funzionare meglio, sul tetto dell'ultimo piano, come è schematicamente indicato nella figura a destra.

I **campi elettrici e magnetici** lungo il cavo si annullano quasi completamente per compensazione essendo i conduttori attraversati da cariche elettriche vicinissime e di segno opposto.

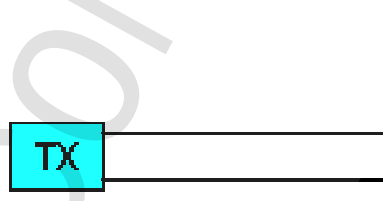


Lungo l'**antenna** invece, le cose cambiano completamente in quanto qui le cariche di segno positivo si trovano su uno stilo lontano da quelle di segno negativo che si trovano sullo stilo opposto, mentre le correnti elettriche non risultano opposte, come avviene lungo il cavo, bensì allineate in modo da intensificare l'effetto del campo che esse producano. Il **campo elettrico** circostante il cavo è di intensità trascurabile perché dovuto alla differenza fra le due cariche di segno opposto vicinissime e, soprattutto, perché i conduttori, schermati, ne rendono impossibile l'irradiazione.

Analogamente il **campo magnetico** circostante il cavo è di intensità trascurabile perché dovuto alla differenza fra le due correnti, di segno opposto, circolanti nei due conduttori costituenti il cavo.

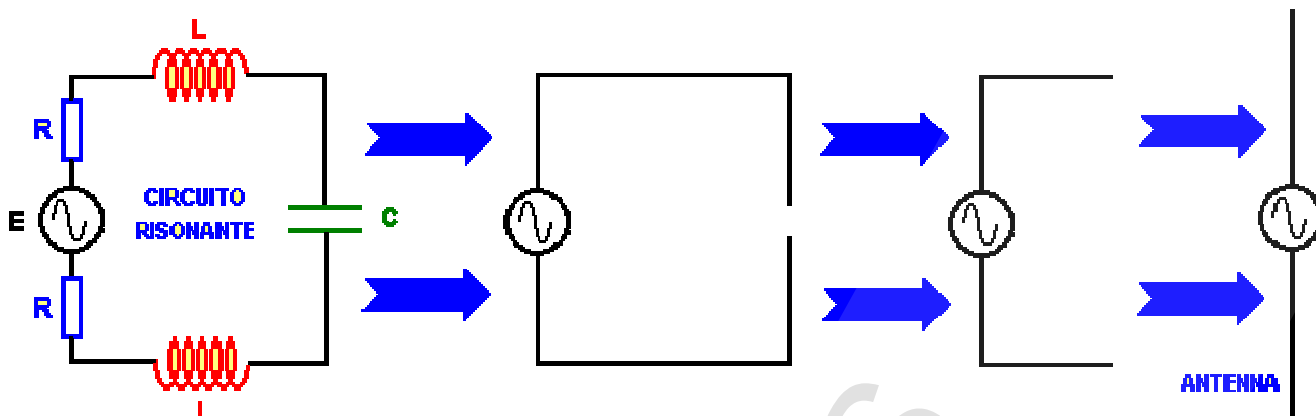


Quando il segnale perviene sull'antenna, si trasforma in **energia elettromagnetica** perché, in base alle **equazioni di Maxwell**, una perturbazione del campo elettrico dovuta alla continua variabilità data dalla frequenza, determina una continua variazione del campo magnetico e viceversa, dando così luogo a un'onda detta appunto elettromagnetica costituita da anelli di campo magnetico che si alternano con anelli di campo elettrico ad essi perpendicolari e viceversa.



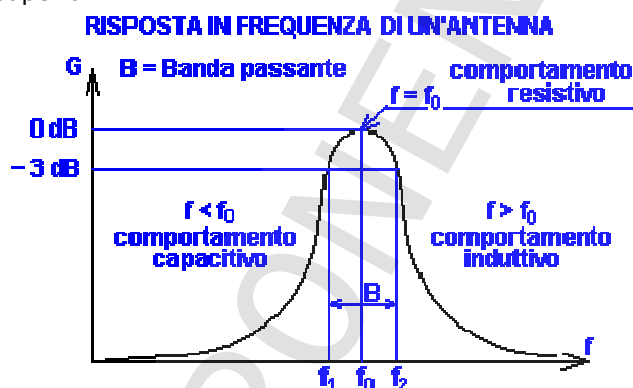
L'ANTENNA COME COMPONENTE ELETTRONICO

L'**antenna**, da un punto di vista elettrico, si comporta come un **circuito risonante serie**, come può intuirsi dalle modifiche indicate nella sequenza seguente ove, partendo da un circuito **RLC serie** a componenti discreti, si va sempre riducendo il valore dell'induttanza, della capacità e della resistenza del circuito fino ad ottenere un circuito a componenti concentrate che corrisponde ad un'antenna.



Da un punto di vista elettrico, dunque, l'antenna è un'impedenza di tipo **RLC** e come tale è vista dal generatore.

La sua **risposta in frequenza** corrisponde a quella di **ogni circuito risonante** ed ha comportamento di tipo resistivo in corrispondenza del centro della curva, ohmico - capacitivo per frequenze inferiori, ohmico - induttivo per frequenze superiori.

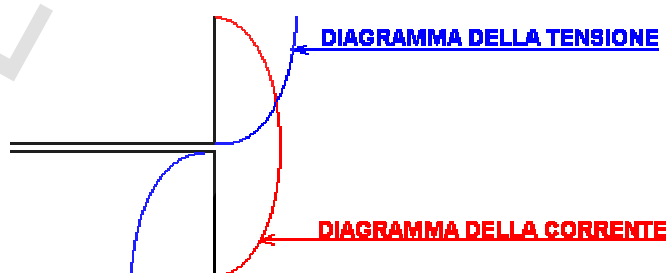


All'interno della **banda passante**, il comportamento dell'antenna può essere assimilato con buona approssimazione, a quello di una **resistenza** e il suo valore è detto resistenza di antenna. E' bene che la **linea a R.F.** sia **adattata** per una sua ottimizzazione d'uso all'antenna, ed essendo l'impedenza caratteristica della linea praticamente una resistenza pura, allora è bene che l'antenna sia usata all'interno della sua **banda passante**.

La resistenza di antenna, però aumenta all'aumentare del rapporto fra la lunghezza e il diametro, per cui, come spesso si fa per i baracchini, si usa porre in cima all'antenna, una vite di regolazione con lo scopo di effettuare piccoli adattamenti della resistenza dell'antenna alla linea. La **banda passante** aumenta invece al crescere del rapporto **diametro/lunghezza**.

Mantenendo costante allora la **lunghezza dell'antenna**, che è determinata dalla frequenza **centrale di sintonia**, maggiore è il diametro dell'antenna, maggiore è la sua **larghezza di banda**.

L'antenna costituisce la terminazione di una linea a radiofrequenza. Lungo la linea viaggiano un'onda di tensione e di corrente che giunte all'antenna determinano su di questa **un'onda stazionaria di tensione e di corrente** i cui diagrammi sono rappresentati sotto nel caso di un'antenna hertziana.

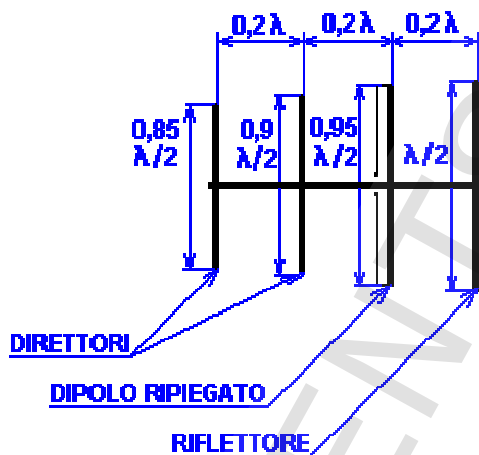


ALTRI TIPI DI ANTENNE

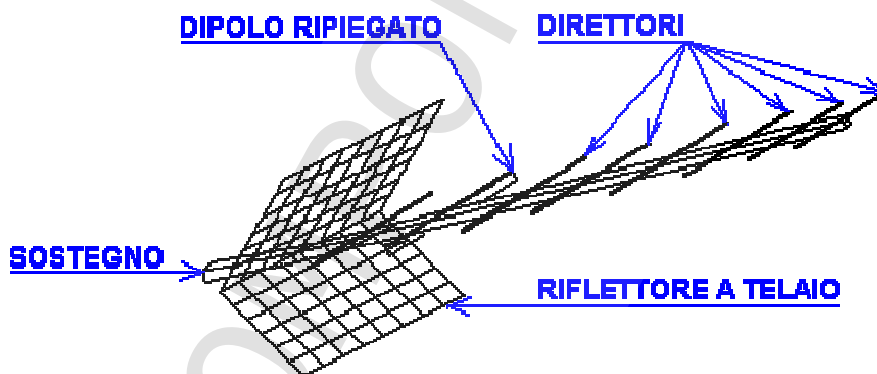
ANTENNA YAGI - UDA

L'antenna **Yagi - Uda**, indicata nella figura sotto, è costituita da un **dipolo metallico ripiegato** che funge da **ricevitore**, da uno stilo che funge da **riflettore**, da alcuni stili che fungono da **direttori**.

ANTENNA YAGI - UDA



ANTENNA YAGI A SEI DIRETTORI CON RIFLETTORE A TELAIO



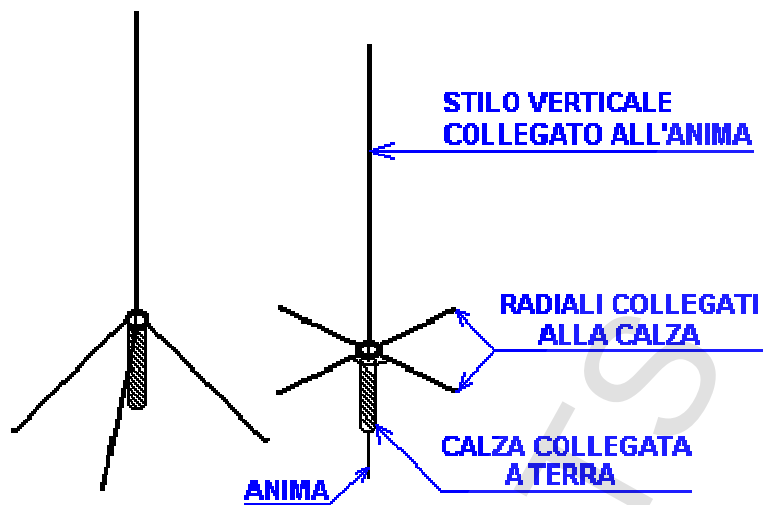
La sua **direttività ed il suo guadagno** sono esaltati dal numero di direttori aggiunti, fino però al limite di una quindicina, perché oltre, un ulteriore aumento riduce il guadagno a causa del loro assorbimento di energia elettromagnetica.

E' usata come antenna ricevente per la banda televisiva **VHF**.

ANTENNA GROUND PLANE

Le antenne **ground plane** sostituiscono la superficie riflettente del terreno utilizzata dall'antenna **Marconi**, con una schiera di radiali e vengono usate dai **CB** e dai **radioamatori**.

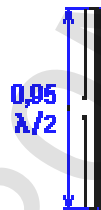
ANTENNE GROUND PLANE



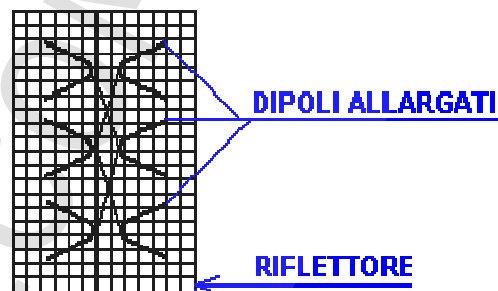
DIPOLO RIPIEGATO

Il **dipolo ripiegato**, indicato in figura sotto, ha resistenza di radiazione di **300Ω**; guadagno di **1,65**; maggiore larghezza di banda dell'antenna hertziana, ed è usato nei trasmettitori per radio, televisione, cellulari, spesso organizzato in cortine.

DIPOLO RIPIEGATO



ANTENNA NON DIRETTIVA A LARGA BANDA



ANTENNE CARICATE

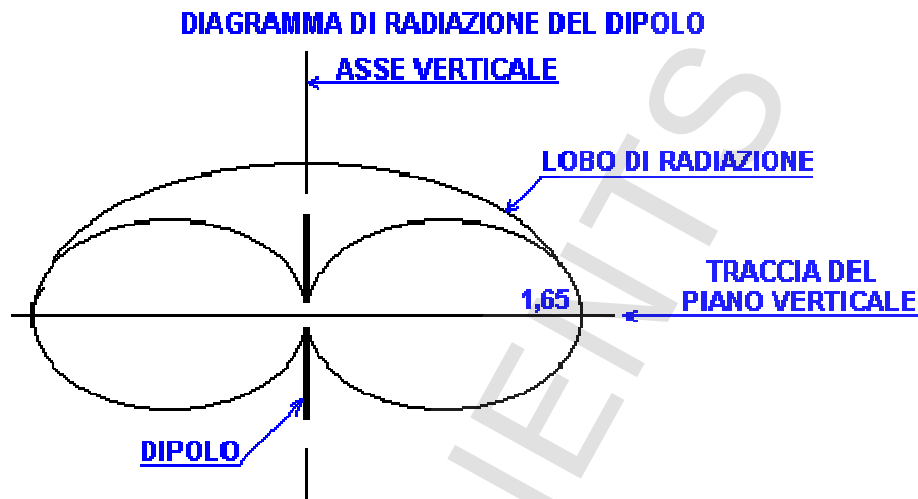
Talora la lunghezza di un'antenna calcolata secondo $\lambda/4$ ovvero $\lambda/2$, risulta eccessiva in quanto scomoda da montare ad esempio su di un autoveicolo, in questo caso è possibile accorciarla, ma bisogna riadattarla, infatti l'antenna ha comportamento resistivo puro soltanto se lunga $\lambda/2$, ovvero $\lambda/4$, raccorciata invece, mostra impedenza di tipo ohmico capacitivo. L'**adattamento** si realizza con l'inserzione, alla base della stessa, e quindi in serie, di un'**induttanza** di valore eguale ed opposto a quello della capacità introdotta con l'accorciamento in modo da neutralizzarne gli effetti.

Adesso però, seppure risulta **adattata**, l'antenna non viene utilizzata con il massimo delle prestazioni né in trasmissione né in ricezione, perciò questa modifica va effettuata solo in caso di effettiva necessità.

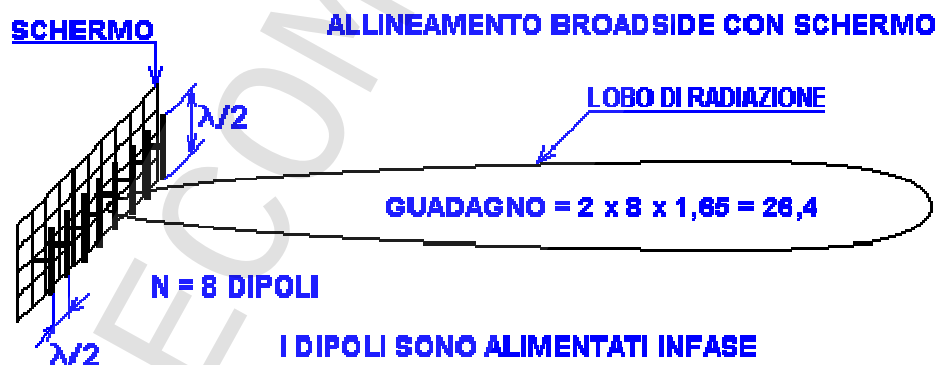
Lo stesso effetto può essere ottenuto ponendo una **capacità**, ottenuta praticamente con un **dischetto** o un semplice allargamento dell'antenna all'estremità superiore. L'effetto opposto, cioè quello di aumentare la lunghezza dell'antenna rispetto ai valori teorici di $\lambda/4$ ovvero $\lambda/2$, si può ottenere ponendo una capacità alla base dell'antenna

CORTINE DI ANTENNE

Un' **antenna verticale a stilo** ha un **diagramma di radiazione** che nel piano orizzontale è una circonferenza e pertanto irradia in tutte le direzioni del piano orizzontale. Nel piano verticale invece ha la forma indicata in figura.

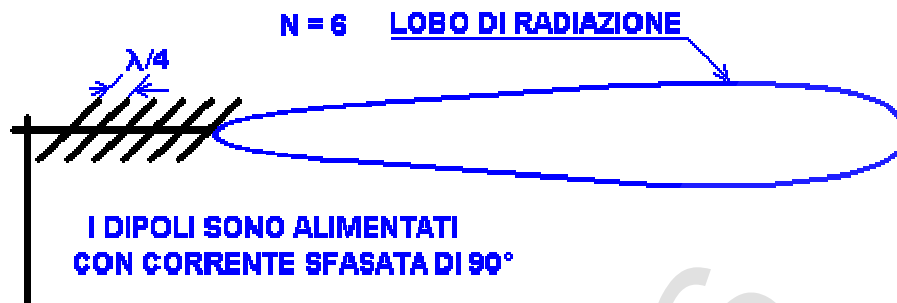


Non è così per le **antenne direttive** le quali manifestano una direzione preferenziale di trasmissione, come ad esempio l'antenna **Yagi** costituita da più dipoli allineati. E' possibile costituire quindi sistemi di antenne a stilo organizzate in allineamenti paralleli e complanari allo scopo di **aumentarne la direttività**, concentrando la maggior parte della loro energia elettromagnetica emessa, in una direzione, o in alcune direzioni preferenziali. Sono detti **broadside gli allineamenti di N dipoli a mezz'onda**, eccitati in fase, nei quali l'emissione ha luogo perpendicolarmente al piano delle antenne, distanti $\lambda/2$ fra loro ed in numero pari. In questi allineamenti, il campo totale è **N** volte più intenso di quello di un solo dipolo.



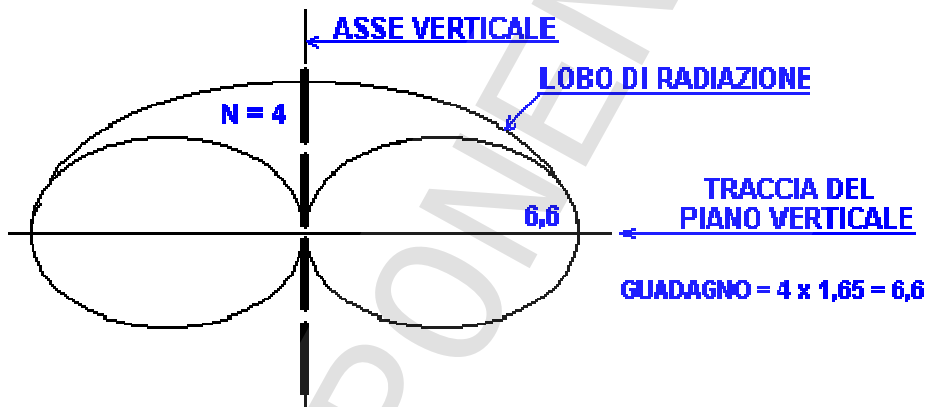
Sono detti **endfire**, gli allineamenti nei quali l'emissione ha luogo lungo l'asse dei dipoli. Appartengono a questa categoria le antenne **Yagi**, anche se vengono usate in ricezione.

ALLINEAMENTO ENDFIRE



Sono detti **collineari** gli allineamenti nei quali **N** dipoli a mezz'onda sono posti tutti su una stessa retta ed in questo caso il diagramma d'irradiazione è di forma circolare, cioè lo stesso di quello di una sola antenna, però **N** volte più intenso. Sono usate nei ripetitori radiotelevisivi.

DIAGRAMMA DI RADIAZIONE DI UN ALLINEAMENTO COLLINEARE



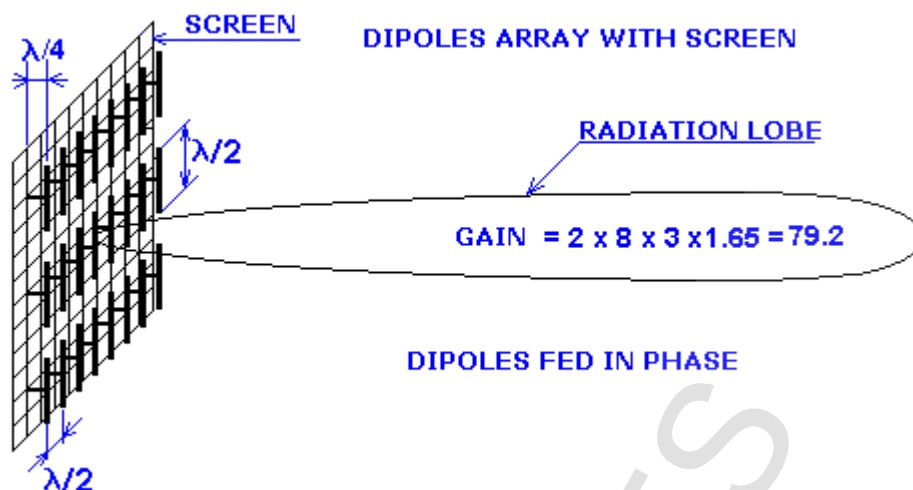
CORTINE DI ANTENNE

Le **cortine di antenne** sono poi costituite da **allineamenti broadside e collineari insieme**, quindi da **n righe e N colonne di antenne** ed il **guadagno** è uguale a:

$$G = 1,65 n N.$$

Se si vuole raddoppiare ulteriormente l'intensità del campo, impedendo la trasmissione posteriore, si può mettere uno schermo costituito da una rete metallica dietro la cortina di dipoli e parallelamente ad essa, a distanza $\lambda/4$.

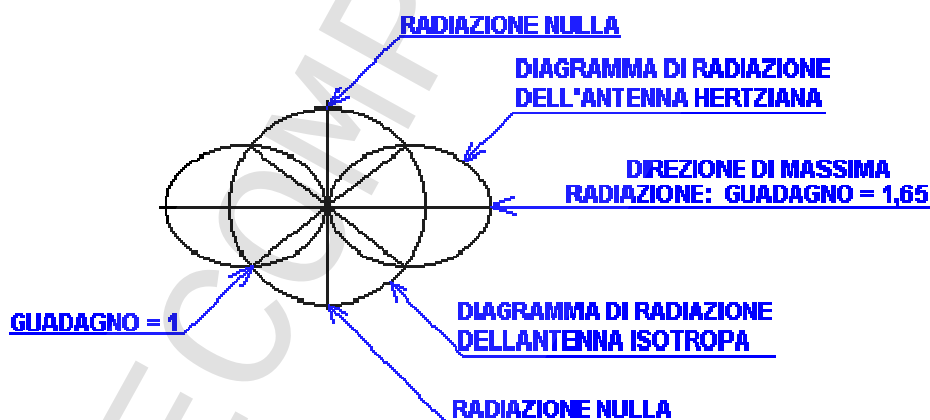
Le **cortine di antenne con schermo** sono state usate come antenne trasmettenti per i primi radar perché molto direttive.



GUADAGNO

Le **antenne** irradiano **energia elettromagnetica** con intensità differente nelle varie direzioni circostanti. Il **diagramma di radiazione** indica l'intensità di potenza elettromagnetica che viene irradiata nelle varie direzioni dall'antenna in esame. Per meglio realizzare questo studio si è definita un'antenna, detta **isotropa o isotropica**, inesistente nella realtà, ma che viene comodo usare come confronto per i diagrammi di radiazione di tutte le altre antenne.

L'antenna isotropa ha la **caratteristica di irradiare in ogni direzione con la stessa intensità** ed ha quindi come diagramma di radiazione una sfera che, in una sezione piana, diventa un **cerchio**. Il guadagno di un'antenna è definito come il rapporto fra la potenza irradiata dall'antenna in esame nelle varie direzioni e la potenza che irradierebbe un'antenna isotropa nella stessa direzione se fosse alimentata con la stessa potenza. Sotto è rappresentato il **diagramma di radiazione dell'antenna hertziana**, confrontato con quello dell'antenna isotropa.



Il **guadagno dell'antenna hertziana** nella direzione di massima radiazione è **1,65**, mentre il **guadagno dell'antenna marconiana** nella direzione di massima radiazione è il doppio cioè 3.3.

RENDIMENTO

Nelle **antenne**, sia trasmettenti che riceventi, circola corrente elettrica a radiofrequenza che determina perdite per **effetto Joule**. Si definisce allora **rendimento o efficienza**, nelle antenne trasmettenti, il rapporto fra la **potenza irradiata e la potenza ricevuta**, come indicato sotto.

$$\eta = \frac{P_r}{P_r + P_j} = \frac{R_r}{R_r + R_j}$$

P_r = potenza irradiata

P_j = potenza perduta per effetto Joule

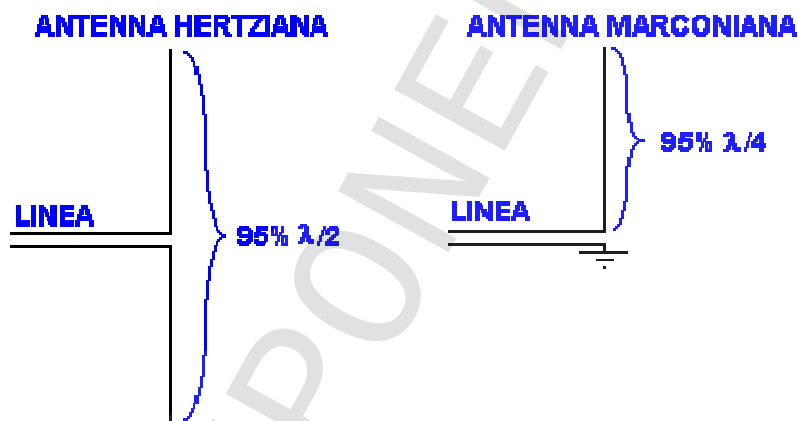
R_r = resistenza di radiazione

R_j = resistenza di dissipazione

Naturalmente nelle antenne riceventi la definizione è inversa, cioè si definisce **rendimento il rapporto fra la potenza elettrica prodotta e la potenza elettromagnetica ricevuta**, però il rendimento ha importanza pratica solo nelle antenne trasmettenti, dove la potenza in gioco è alta, e non in quelle riceventi dove la potenza in gioco è infinitesima. Le perdite termiche in un'antenna hanno valori che vanno dal **3% al 5%**, corrispondenti ad un rendimento del **97% - 95%**.

TIPI FONDAMENTALI DI ANTENNE

La prima antenna fu inventata da **Hertz** ed aveva la forma indicata sotto a sinistra.



Oggi l'antenna che porta il suo nome è molto usata, ad esempio nei **trasmettitori e ripetitori per cellulari e per sistemi radiotelevisivi**, spesso non da sola, ma in cortine. La lunghezza di ognuno dei due stili è, in prima approssimazione, **$\lambda/4$** , o meglio, tenendo conto di un fattore correttivo del 5% in meno, è il 95% di **$\lambda/4$** . L'antenna **marconiana**, rappresentata in alto a destra, che prende il nome da **Guglielmo Marconi**, ha invece uno stilo a massa ed un altro lungo **$\lambda/4$** , o, se si vuole essere più esatti, il 95% di **$\lambda/4$** . L'antenna **hertziana** ha resistenza di radiazione uguale a **73Ω** , mentre quella **marconiana** ha resistenza di radiazione uguale a **$36,5\Omega$** .